

Helena van Vorst (Hg.)

Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GD^{CP})

Lernen, Lehren und Forschen in einer digital geprägten Welt

Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik

Jahrestagung in Aachen 2022

Inhaltsverzeichnis

Vorwort und Einführung

HELENA VAN VORST 1

Vorwort

STEFAN RUMANN 2

Einführung

Plenarvorträge

MARTINA RAU 4

Visual Representations in MINT Education: Pitfalls, Benefits, and
How to Help Students Make the Most Out of Visualizations

PETER WULFF 19

Machine Learning in Science Education - Realized potentials, expected
developments, and fundamental challenges

SASCHA BERNHOLT 35

Ein Bild, ein Blick und tausend Worte - Über das nicht ganz so
einfache Verhältnis von Blickbewegungen und Lernprozessen

Workshophs

OLAF KREY, DIETMAR HÖTTECKE, LUTZ KASPER, THORID RABE, RITA
WODZINSKI, THOMAS ZÜGGE 46

Interesse revisited

SEBASTIAN HÜMBERT-SCHNURR, RAINER WACKERMANN, PAUL
UNGER 50

Bildung für nachhaltige Entwicklung lernzielgerecht einbinden

AMINA ZEROUALI, DORIS LEWALTER, JANA-KIRSTIN VON WACHTER,
ANNIKA SCHNEEWEISS, BERNHARD WERNER, JÜRGEN RICHTER-
GEBERT, MARIA BANNERT, JENNA KOENEN 56

Praxisorientierte und disziplinverbindende Lehrerbildung mit
gescripteten Unterrichtsvideos - Die Lernplattform "Toolbox
Lehrerbildung"

Vorträge**Vortragsblock A**

| | |
|--|----|
| ANJA LEMBENS, TIM BILLION-KRAMER, AXEL EGHTESSAD, SEBASTIAN GORETH, LUTZ KASPER, MORITZ MEIER, HANNES HELMUT NEPPER, MARKUS REHM, DAVID WEILER | 61 |
| Videovignetten zur Förderung professioneller Unterrichtswahrnehmung | |
| HAGEN SCHWANKE, THOMAS TREFZGER | 67 |
| Der Einfluss von AR auf das Lernen: Lernförderlich und wenig belastend? | |
| DOMINIQUE HOLLAND, KARSTEN RINCKE | 71 |
| Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) kooperativ gestalten | |
| KATHARINA FORSTER, JENNA KOENEN | 75 |
| BNE-Kompetenzen in der Lehrkräftebildung – ein systematisches Review | |
| MAGDALENA MICOLOI, LANA IVANJEK | 79 |
| Kritisches Denken in Bezug zum Klimawandel | |
| TOM KONRAD ANTON, CHRISTIANE S. REINERS | 83 |
| Didaktische Transformation von SSI am Beispiel von Mikroplastik | |
| MAREIKE FREESE, ALBERT TEICHREW, JAN WINKELMANN, ROGER ERB, MARK ULLRICH, MICHAEL TREMMEL | 87 |
| Fortbildung zu Augmented Reality-Experimenten im Physikunterricht | |
| FLORIAN FRANK, CHRISTOPH STOLZENBERGER, THOMAS TREFZGER | 91 |
| PUMA : Spannungslabor – Pilotuntersuchung zur Lernwirksamkeit von AR | |
| SABRINA SYSKOWSKI, JOHANNES HUWER | 95 |
| Blickverhalten beim Experimentieren mit Augmented Reality | |
| DANIEL LAUMANN, MALTE UBBEN, SUSANNE HEINICKE, STEFAN HEUSLER | 99 |
| Quantitative Analysen zur Nutzung von Smartphones im Physikunterricht | |

III

| | |
|---|-----|
| FABIENNE KREMER, ANNETTE MAROHN | 103 |
| BYOD oder Pool? Smartphone-Distraktion in unterschiedlichen Bereitstellungsbedingungen | |
| RIKE GROßE-HEILMANN, JAN-PHILIPP BURDE, JOSEF RIESE, THOMAS SCHUBATZKY, DAVID WEILER | 107 |
| Erwerb und Messung fachdidaktischen Wissens zum Einsatz digitaler Medien | |
| MARC BASTIAN RIEGER, ALEXANDER ENGL, BJÖRN RISCH | 111 |
| Formulierung von Gestaltungsprinzipien für VR-Lernumgebungen | |
| TOBIAS KOZLOWSKI | 115 |
| Delta@School - Interaktiver Online-Experimentierkurs als hybrides Unterrichtsformat | |
| SASCHA NEFF, ALEXANDER ENGL, BJÖRN RISCH | 119 |
| Nutzung virtueller Labore – Lernpfadanalysen mit Logfiles | |
| Vortragsblock B | |
| DENNIS KIRSTEIN, MAIK WALPUSKI | 123 |
| Lernvoraussetzungen als Bedingungsfaktoren für Schwierigkeiten beim Experimentieren | |
| LIVIA MURER, SUSANNE METZGER, ANDREAS VORHOLZER, ANGELA BONETTI, CHRISTOPH GUT | 127 |
| Kognitive Validierung von Aufgaben zum naturwissenschaftlichen Messen | |
| MARCO REITH, ANDREAS NEHRING | 131 |
| Modellierung und Förderung experimenteller Kompetenzen als Trias aus Dispositionen, Prozessen und Produkten | |
| MARVIN ROSKI, ANETT HOPPE, ANDREAS NEHRING | 135 |
| Individuelles Lernen durch Bayesian Knowledge Tracing in der webbasierten Lernplattform "I3Lern" analysieren und unterstützen | |
| JOS OLDAG, SASCHA SCHANZE | 139 |

| | |
|--|-----|
| Vorbereitung einer automatisierten Analyse von Zeichnungen - Entwicklung eines Kategoriensystems | |
| TOM BLECKMANN, GUNNAR FRIEGE | 142 |
| Automatische Auswertung von Concept Maps: Wie kann Machine Learning helfen? | |
| LILITH RÜSCHENPÖHLER, SILVIJA MARKIC | 146 |
| Der Einfluss von Chemistry Capital auf das Chemie-Selbstkonzept | |
| SIMONE RÜCKERT, HELENA VAN VORST | 150 |
| Herausforderungen mit Gemeinsamem Lernen an beruflichen Schulen | |
| FRANZISKA KLAUTKE, HEIKE THEYßEN | 154 |
| Lernverhalten von Schüler:innen in der UDL-basierten Lernumgebung | |
| MATTHIAS FISCHER, MANUELA WELZEL-BREUER | 158 |
| Straßenjugendliche und naturwissenschaftlicher Unterricht | |
| JOHANNES SCHULZ, BURKHARD PRIEMER | 162 |
| Entwicklung eines Messinstruments zur Erfassung von Kompetenzen im Umgang mit Messunsicherheiten | |
| KAREL KOK, BURKHARD PRIEMER | 166 |
| Einführung von Messunsicherheiten im Sekundarschulbereich | |
| SARAH HOHRATH, HEIKO KRABBE, SANDRA ABMANN | 170 |
| Konzeptentwicklung durch Experimentieren im Schülerlabor | |
| MAREIKE MACHLEID, ARNIM LÜHKEN | 174 |
| Chemistry HomeLab: Schüler*innenlabor im häuslichen Umfeld | |
| KEVIN SCHMITT, VERENA SPATZ | 178 |
| Skalierung eines physikalischen Vorwissenstests für Physik- Nebenfachstudierende mittels Item-Response-Theory | |
| SIMON KAULHAUSEN, CAROLIN EITEMÜLLER, MAIK WALPUSKI | 182 |
| Constructive Alignment in der Allgemeinen Chemie an der Universität | |

Vortragsblock C

| | |
|---|-----|
| CORNELIA BORCHERT, ANNIKA OBERBREMER, KERSTIN HÖNER | 186 |
| Forschen(d) lernen mit Antrag und Peer Review im Chemielehrstudium | |
| ANDRÉ GROBE, FRIEDERIKE KORNECK | 190 |
| Tiefenstrukturmerkmale kollegialer Reflexionen über Physikunterricht | |
| BÜŞRA TONYALI, MATHIAS ROPOHL, JULIA SCHWANNEWEDEL | 194 |
| Einfluss von Feedback auf das Wissen von Lehramtsanwärter:innen | |
| CHRISTINA PRIERT, JÜRGEN MENTHE | 198 |
| Klimawandel und COVID-19: Implizites Wissen bei der Beurteilung globaler Krisen | |
| FREDERIK BUB, THORID RABE | 202 |
| Klima, Energiewende und Kernwaffen – Zur Rolle von SSI im Physikunterricht | |
| CARINA WÖHLKE, RAINER WACKERMANN, THOMAS SCHUBATZKY, CLAUDIA HAAGEN-SCHÜTZENHÖFER, MARKO JEDAMSKI, KAI CARDINAL, HANNES KASIMIR LINDEMANN | 206 |
| Wissen Jugendlicher zum Klimawandel: Ergebnisse vom CCCI-422 | |
| ROBERT GIESKE, SABINE STRELLER, CLAUS BOLTE | 210 |
| Das Tote Meer stirbt – Effekte einer sprachsensiblen Unterrichtsreihe | |
| SASCHA SCHANZE, TOM BLECKMANN, LUKAS DIECKHOFF, GUNNAR FRIEGE, ANDREAS NEHRING, JOS OLDAG, MARVIN ROSKI | 214 |
| Digitalgestütztes Lernen und Datennutzung: Daten in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung | |
| BENJAMIN PÖLLOTH, STEFAN SCHWARZER | 218 |
| Wie verknüpfen Schüler:innen Reaktion, Energie und Struktur? | |
| DENNIS DIETZ, CLAUS BOLTE | 222 |
| Vernetztes Lernen - aufgezeigt am Beispiel des Energiekonzepts | |
| FRAUKE DÜWEL, MANUELA NIETHAMMER | 226 |

| | |
|---|-----|
| Güte von Argumentationslinien in Unterrichtskonzepten im Fach Chemie | |
| MARISA ALENA HOLZAPFEL | 230 |
| Kreativität im naturwissenschaftlich-technischen Sachunterricht | |
| DANIEL RÖMER, JAN WINKELMANN | 234 |
| Explizite Auseinandersetzung mit Idealisierungen beim Physiklernen | |
| Vortragsblock D | |
| MELINA DOIL, VERENA PIETZNER | 238 |
| Lehramtsstudium in den Naturwissenschaften | |
| JULIA HELLWIG, IVONNE MÖLLER, HEIKO KRABBE | 242 |
| Ziele und Herausforderungen Studierender zu Beginn des Physikstudiums | |
| RENAN VAIRO NUNES, FRIEDERIKE KORNECK, JOSEPHINE BERGER, BIRGIT ZIEGLER | 246 |
| Arbeitssituation von MINT-Lehrkräften vor und während der Coronakrise | |
| BENJAMIN HEINITZ, ANDREAS NEHRING | 250 |
| Wie beurteilen Referendar*innen kognitive Aktivierung in Videovignetten? Eine explorative Beobachtungsstudie | |
| LION CORNELIUS GLATZ, ROGER ERB, ALBERT TEICHREW | 254 |
| Experimente, die das Teilchenmodell überzeugend vermitteln | |
| FABIEN GÜTH, HELENA VAN VORST | 258 |
| Einsatz variiert Kontexte zur interessenbasierten Differenzierung im Fach Chemie | |
| BENEDIKT GOTTSCHLICH, JAN-PHILIPP BURDE, THOMAS WILHELM, LIZA DOPATKA, VERENA SPATZ, THOMAS SCHUBATZKY, CLAUDIA HAAGEN-SCHÜTZENHÖFER, LANA IVANJEK, MARTIN HOPF | 262 |
| Elektrizitätslehre mit Kontexten: Ergebnisse aus dem 1. Erhebungsjahr | |
| SABINE STRELLER, KATHARINA GÖRZEN, CLAUDIUS BOLTE | 266 |

| | |
|---|-----|
| Ansichtssache? Guter Chemieunterricht aus der Perspektive Studierender | |
| KAI BLIESMER, CLAUDIA GORR | 270 |
| Masterstudierende beraten ein Science Center aus physikdidaktischer Perspektive | |
| THOMAS SEAN WEATHERBY, THOMAS WILHELM, JAN-PHILIPP BURDE | 274 |
| Eine Interventionsstudie auf Basis des Elektronengasmodells in England | |
| FABIAN BERNSTEIN, THOMAS WILHELM, SASCHA SCHMELING | 278 |
| Usability Tests zur Evaluation von Experimentiermaterial | |
| CEM AYDIN SALIM, MARTINA GRAICHEN, MAJA BRÜCKMANN | 282 |
| Der Einfluss von Visualisierungen in einer comicbasierten Lernumgebung | |
| TOM JUNGBLUTH, SILKE MIKELSKIS-SEIFERT, JOSEF KÜNSTING | 286 |
| Schwimmen und Sinken verstehen durch eine digitale Comic-Lernumgebung | |
| MARTINA GRAICHEN, TOM JUNGBLUTH, SILKE MIKELSKIS-SEIFERT | 290 |
| Pädagogische Agenten für digital-unterstütztes Experimentieren | |
| Vortragsblock E | |
| MARISA PFLÄGING, DIRK RICHTER, ANDREAS BOROWSKI | 294 |
| Vergleich verschiedener Gestaltungsansätze für Lehrkräftefortbildungen | |
| MARKUS OBCZOVSKY, THOMAS SCHUBATZKY, CLAUDIA HAAGEN-SCHÜTZENHÖFER | 298 |
| Unterrichtskonzeptionen als Lerngelegenheiten im Lehramtsstudium | |
| LUKAS MIENTUS, ANDREAS BOROWSKI, ANNA NOWAK, PETER WULFF | 302 |
| Pädagogische Argumentation in Fremd- und Selbstreflexionen | |
| JONAS TISCHER, CHRISTIN SAJONS, MICHAEL KOMOREK | 306 |
| Komplementär vernetzte formale und non-formale MINT-Bildung | |

VIII

| | |
|--|-----|
| TIM BILLION-KRAMER, MARCO LONGHITANO, JUDITH ARNOLD, MARKUS REHM | 310 |
| Vignetten zu naturwissenschaftlichen Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen im NMG- und Sachunterricht | |
| MANUEL BECKER, MARTIN HOPF | 314 |
| Der Energie-Feld-Ansatz. Merkmale und erste Ergebnisse | |
| DAVID MEYER, VERENA PIETZNER | 318 |
| Selbstwirksamkeit Chemiestudierender im Unterrichten der Chemischen Fachsprache | |
| NOVID GHASSEMI, VOLKHARD NORDMEIER | 322 |
| Alternative Wege in das Lehramt – Befunde zum Quereinstieg während des Studiums | |
| MARKUS SEBASTIAN FESER, INKA HAAK, THORID RABE | 326 |
| Sense of Belonging in der Studieneingangsphase Physik (VeSP-Be Studie) | |
| SASCHA WITTCHEN, CLAUS BOLTE, NILS MACHTS, JENS MÖLLER | 330 |
| Analyse chemiedidaktisch relevanter Faktoren der Leistungsdiagnostik | |
| JOHANNA H. RATZEK, DIETMAR HÖTTECKE | 334 |
| Förderung reflektierter Entscheidungen – Studienergebnisse | |
| STEFFEN BROCKMÜLLER, MATHIAS ROPOHL | 338 |
| Ist Vorwissen ein Prädiktor für Schwierigkeiten beim Umgang mit Daten? | |
| KATJA WEIRAUCH, CHRISTIANE REUTER | 342 |
| Wann ist eine Experimentierstation ‚inklusive‘? Ergebnisse einer Pilotstudie | |
| LAURA SÜHRIG, KATJA HARTIG, ALBERT TEICHREW, MARK ULLRICH, JAN WINKELMANN, HOLGER HORZ, ROGER ERB | 346 |
| Auswirkung von Wahlfreiheit beim inklusiven Experimentieren | |
| SARAH KIEFERLE, SILVIJA MARKIC | 350 |
| Aktive Teilhabe und forschendes Lernen im sprachsensiblen DiSSI- Labor | |

| | |
|--|-----|
| STEFANIE LENZER, ANDREAS NEHRING | 354 |
| Teilhabe an Laborpraktika für alle: eine Fallstudie einer blinden Studentin | |
| JASPER CIRKEL, SIMON Z. LAHME, LARISSA HAHN, SUSANNE SCHNEIDER, PASCAL KLEIN | 358 |
| Die Belastungstrajektorie des 1. und 2. Studiensemesters Physik | |
| JANA REHBERG, THOMAS WILHELM, MALTE DIEDERICH, VERENA SPATZ | 362 |
| Längsschnittstudie und Online-Workshop zum physikspezifischen Mindset | |
| KATHARINA FLIESER, KARSTEN RINCKE | 366 |
| Textwahrnehmung im Fach Physik - Planung und Entwicklung geeigneter Messinstrumente | |
| YIKE YING, RÜDIGER TIEMANN | 370 |
| Development of a Collaborative Problem-Solving Skills Instrument in Chemistry | |
| SEBASTIAN STUPPAN, MARKUS WILHELM, KATRIN BÖLSTERLI BARDY, MARKUS REHM | 374 |
| Mit Clusteranalysen MINT-Aufgaben dem Lernprozessmodell zuordnen | |
| Vortragsblock F | |
| FABIAN STERZING, CHRISTOPH KULGEMEYER, PETER REINHOLD | 378 |
| Wenn hohe Instruktionsqualität das Lernen behindert: Interaktionen von Lernenden mit Erklärvideos hoher und niedriger Instruktionsqualität | |
| BESIM ENES BICAK, CORNELIA BORCHERT, KERSTIN HÖNER | 382 |
| Erklärvideos zur Erkenntnisgewinnung als Scaffolding im Laborpraktikum | |
| CHRISTOPH KULGEMEYER, FABIAN STERZING, MADELEINE HÖRNLEIN | 386 |

| | |
|---|-----|
| Von der "Shallowing Hypothese" zur "Illusion of Understanding" - wie wirken Erklärvideos und Lehrbuchtexte auf Wissen und Verstehensillusion? | |
| DEBORAH MILWA, KATHRIN ZIEPPRECHT, RITA WODZINSKI | 390 |
| Beurteilung der Qualität von Erklärvideos im Sachunterrichtsstudium | |
| MARTIN STEINBACH, CAROLIN EITEMÜLLER, MARC RODEMER, MAIK WALPUSKI | 394 |
| Kompetenzmodellierung in der organischen Chemie | |
| MARVIN ROST, INES SONNENSCHNEIDER, STEPHANIE MÖLLER, ANJA LEMBENS | 398 |
| Übersetzung und Pilotierung des SUMS-Inventory für Chemiestudierende. Eine Replikationsstudie | |
| FELIX PAWLAK, JÜRGEN MENTHE, ELIZABETH WATTS, LISA STINKEN-RÖSNER | 402 |
| Herausforderungen in der Beforschung von inklusivem Nawi-Unterricht | |
| CLEMENS MILKER | 406 |
| Das didaktische Pendel im inklusiven Nawi-Unterricht: Betrachtungen | |
| SIMONE ABELS, SYBILLE HÜFNER | 410 |
| Kontexte zur Professionalisierung für inklusiven Nawi-Unterricht | |
| CORINNA MÖNCH, SILVIJA MARKIC | 414 |
| Das Pedagogical Scientific Language Knowledge von Chemielehrkräften | |
| MARIANNE KORNER | 418 |
| Motivation messen: Entwicklung eines Messinstruments auf Basis der SDT | |
| KEVIN KÄRCHER, HANS-DIETER KÖRNER | 422 |
| Vergleich motivationaler Aspekte in Chemie und Mathematik | |
| JULIUS WECKLER, JONAS GABI, ANDREAS VORHOLZER, CLAUDIA VON AUFSCHNAITER | 426 |
| Selbstreguliertes Lernen in einer aufgabenbasierten Lernumgebung | |

| | |
|---|-----|
| ALEXANDER ENGL, BJÖRN RISCH | 430 |
| Die Einstellung zu Chemie und Natur: Validierung eines Messinstruments | |
| KATJA PLICHT, HENDRIK HÄRTIG, ALEXANDRA DORSCHU | 434 |
| Problemlösestrategien statt Rechnen? Evaluation eines Übungskonzepts | |
| RITA KREBS, ANJA LEMBENS | 438 |
| Säure-Base-Reaktionen in der SEK II – Evaluierung einer Lernumgebung | |
| SEBASTIAN NELL, HEIDRUN HEINKE | 442 |
| Interessensförderung zur Quantenphysik im Nebenfach-Praktikum Physik | |
| JULIA WELBERG, DANIEL LAUMANN, SUSANNE HEINICKE | 446 |
| Empathisierendes und systematisierendes Denken in der Sekundarstufe I | |
| SARAH ZOECHLING, MARTIN HOPF, JULIA WOITHE, SASCHA SCHMELING | 450 |
| Interessentypen von Schüler*innen an Inhalten der klassischen und der modernen Physik | |
| Vortragsblock G | |
| SABINE SEIDL, MARTIN GRÖGER, BERNHARD SCHMÖLZER | 454 |
| „Das mein‘ ich ja! - Oder nicht?“ Qualitative Analyse von Redebeiträgen im chemieunterrichtlichen Diskurs | |
| ANDREAS HELZEL, THORID RABE | 458 |
| Wie reflektieren Lehramtsstudierende ‚Sprache im Physikunterricht‘? | |
| VANESSA LANG, CHRISTINE ECKERT, CHRISTOPHER W. M. KAY, JOHANN-NIKOLAUS SEIBERT | 462 |
| Förderung der Modellbildungskompetenz im Chemieunterricht | |
| TOBIAS PRZYWARRA, BJÖRN RISCH | 466 |

| | |
|---|-----|
| Einfluss des Modelltyps auf Fachwissen, Modellkompetenz und Interesse | |
| TINA GROTTKE, RÜDIGER TIEMANN | 470 |
| Repräsentationswechsel molekularer Darstellungen: Facetten und Prädiktoren | |
| FLORIAN TRAUTEN, MAIK WALPUSKI, CAROLIN EITEMÜLLER | 474 |
| Feedbackgestützte Lernaufgaben im Online-Tutorium zur Allgemeinen Chemie im ersten Semester | |
| DAVID JOHANNES HAUCK, INSA MELLE, ANDREAS STEFFEN | 478 |
| MO-Theorie im ersten Semester – eine digital-kollaborative Lerneinheit | |
| DOMINIK DIERMANN, DENNIS HUBER, STEFFEN GLASER, JENNA KOENEN | 482 |
| Entwicklung einer digitalen Lernumgebung zur NMR-Spektroskopie | |
| IRINA BRAUN, AXEL LANGNER, NICOLE GRAULICH | 486 |
| Von Struktur zu Struktur: Untersuchung von Zeichenprozessen in der OC | |
| LARISSA HAHN, PASCAL KLEIN | 490 |
| Clusterbildung mit Blickbewegungen zur Analyse von Personen- und Aufgabenmerkmalen | |
| THOMAS SCHUBATZKY, JAN-PHILIPP BURDE, RIKE GROßE-HEILMANN, JOSEF RIESE, DAVID WEILER | 494 |
| Entwicklungsprädiktoren fachdidaktischen Wissens zu digitalen Medien | |
| JENS-PETER KNEMEYER, NICOLE MARMÉ | 498 |
| Online-Kurs zur Implementierung des Themas "Künstliche Intelligenz" in die Lehramtsausbildung der MINT-Fächer | |
| DANIEL WALPERT, RITA WODZINSKI | 502 |
| Die Vermittlung digitaler Kompetenzen im Lehr-Lern-Labor-Setting | |
| CHRISTIAN DICTUS-CHRISTOPH, RÜDIGER TIEMANN | 506 |
| Förderung von Critical Thinking mit der Lernumgebung MINT-Town | |

Postersymposien

| | |
|--|-----|
| ERIK KREMSER, CHRISTOPH THYSSEN, JOHANNES HUWER, SEBASTIAN BECKER, TILL BRUCKERMANN, ALEXANDER FINGER, MONIQUE MEIER, LARS-JOCHEN THOMS, LENA VON KOTZEBUE | 510 |
| Ko2-DiLAN-P1: Förderung digitaler Kompetenzen im Physiklehramtsstudium | |
| MARKUS PESCHEL, TIM BILLION-KRAMER, LUISA LAUER, PATRICK PEIFER, MARIE FISCHER, EVA BÜHLER, BETTINA GRAB, ET AL. | 514 |
| "Mittler" zwischen Lernenden und MINT | |
| MARKUS PESCHEL, TIM BILLION-KRAMER, LUISA LAUER, PATRICK PEIFER, MARIE FISCHER, EVA BÜHLER, BETTINA GRAB, JUSTIN GANTENBEIN, VANESSA LANG, CHRISTOPHER W. M. KAY | 518 |
| Phänomen und/oder Lehrperson als Mittler zwischen Kind und Sache | |
| PATRICK PEIFER, MARIE FISCHER, LUISA LAUER, MARKUS PESCHEL | 522 |
| Sprach-Fach-Wechselwirkungen bei der Erschließung von Phänomenen | |
| LUISA LAUER, MARKUS PESCHEL, MARIE FISCHER, PATRICK PEIFER | 525 |
| AR als Mittler im naturwissenschaftlich-orientierten Sachunterricht | |
| EVA BÜHLER, BETTINA GRAB, MARKUS REHM, HENDRIK LOHSE-BOSENZ, KIM LANGE-SCHUBERT, TIM BILLION-KRAMER | 528 |
| Frühe naturwissenschaftliche Bildung: Vignettenbasierte Testformate | |
| JUSTIN GANTENBEIN, VANESSA LANG, CHRISTOPHER W. M. KAY | 532 |
| Modelle als Mittler - Digitale Elemente beim Umgang mit Modellen zu chemischen Phänomenen | |
| EVA BÜHLER, BETTINA GRAB, MARKUS REHM, HENDRIK LOHSE-BOSENZ, KIM LANGE-SCHUBERT, TIM BILLION-KRAMER | 536 |
| Naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen in der frühen Bildung | |
| MARIE FISCHER, PATRICK PEIFER, MARKUS PESCHEL, LUISA LAUER | 540 |
| Phänomenbegegnungen als Mittler beim Experimentieren von Grundschulkindern | |
| ANNA B. BAUER, PETER REINHOLD | 543 |

| | |
|--|-----|
| PSΦ: Entwicklung einer abgestimmten Studieneingangsphase (Physik) | |
| INKA HAAK, MARKUSS. FESER, THORID RABE | 547 |
| Lerngruppenaktivität Physikstudierender in der Studieneingangsphase | |
| NILAB ABBAS, ANNA B. BAUER, PETER REINHOLD | 551 |
| PSΦ: Entwicklung von Unterstützungsmaßnahmen für Theoretische Physik | |
| MALTE DIEDERICH, VERENA SPATZ, JANA REHBERG, THOMAS WILHELM | 555 |
| Weiterentwicklung eines Mindset Kurses für die MINT-Studieneingangsphase | |
| KATRIN SCHÜBLER, MICHAEL GIESE, MAIK WALPUSKI | 559 |
| Digitales Lehren und Prüfen in der Organischen Chemie | |
| HEIKE THEYßEN, ANDREAS BOROWSKI, KAI CARDINAL, JULIA-MARIE FRANKEN, PHILIPP SCHMIEMANN | 563 |
| Wissensarten und Studienerfolg. Vorstellung einer Interventionsstudie in den Fächern Biologie und Physik | |
| DENNYS GAHRMANN, ANDREAS BOROWSKI, IRENE NEUMANN | 567 |
| Höhere mathematische Komplexität in der Studieneingangsphase? | |
| ANJA TSCHIERSCHE, JENNY MEBINGER-KOPPELT | 571 |
| Von KI bis Inklusion - Lehren und Lernen mit digitalen Medien | |
| ANJA TSCHIERSCHE, AMITABH BANERJI | 573 |
| leARn Chemistry – AR Lehr-Lernmaterialien durch Lehrkräfte entwickeln. | |
| BENJAMIN STÖGER, CLAUDIA NERDEL | 576 |
| Mathematisches Modellieren in der Chemie - empirische Validierung eines Modellierungskreislaufes mithilfe eines Kompetenztests | |
| ARNE BEWERSDORFF, CLAUDIA NERDEL | 580 |
| Lehrprojekt ‚Einführung in die KI‘ für Biologie-Lehramtsstudierende | |
| CHRISTOPH STOLZENBERGER, FLORIAN FRANK, HAGEN SCHWANKE, ANNIKA KREIKENBOHM, THOMAS TREFZGER | 584 |

| | |
|--|-----|
| Augmented Reality in der Physikausbildung | |
| INGRID KRUMPHALS, THOMAS PLOTZ, BIANCA WATZKA | 588 |
| Ein deutsch-österreichisches Entwicklungsprojekt zum Thema Wetter | |
| STEFAN ROPAC, INGRID KRUMPHALS, | 592 |
| Interviewstudie zu Lernendenvorstellungen zum Thema Föhn | |
| NATASHA-GABRIELA GSTETTNER, INGRID KRUMPHALS | 596 |
| Schulbuchanalyse zum Thema Wetter im Sachunterricht | |
| CHRISTINA EDER, THOMAS PLOTZ | 600 |
| Lernendenvorstellungen zu Wetterphänomenen in der Primarstufe | |
| BIANCA WATZKA | 604 |
| Physik im Kontext Wetter: Lehrplaninhalte in Deutschland u. Österreich | |
| Postersessions | |
| ANTONIO RUEDA, NIKLAS KUHLMHEY, ANDREAS BOROWSKI | 608 |
| Unumkehrbarkeit und Bildung nachhaltiger Entwicklung im Physikunterricht | |
| JONATHAN GROTHAUS, MARKUS ELSHOLZ, THOMAS TREFZGER | 612 |
| Eine Brücke vom Wissen zum Handeln: Das Schülerlabor Labs4Future | |
| BJÖRN RISCH, ISABEL ZACHERT, ALEXANDER ENGL, TOBIAS PRZYWARRA, DORINA STRIETH | 616 |
| Circular Economy Begreifen – Algen im Schülerlabor Erforschen | |
| PHILIPP SPITZER | 620 |
| Carbonfootbricks – nachhaltige Konsumententscheidungen mit Hilfe von Bausteinen treffen | |
| SOPHIA SIEGMANN, GUNNAR FRIEGE | 624 |
| Einstellungen, Beliefs und Vorstellungen von Lernenden zum Klimawandel | |
| NOVID GHASSEMI, VOLKHARD NORDMEIER | 627 |

| | |
|---|-----|
| Ein Lehr-Lern-Labor-Konzept zum Themenschwerpunkt „Klimawandel“ | |
| YANNICK LEGSCHA, MARKUS PRECHTL | 631 |
| Nachhaltiger Umgang mit anorganischen Rohstoffen. Vorstellung von Iron, upgraded! | |
| KARINA OLIVEIRA, MARTIN GRÖGER, HANS CHRISTIAN KLEIN, BJÖRN NIEHAVES | 636 |
| Design Thinking und Service Learning im Projekt „Next Generation Design for Climate“ | |
| CATHARINA PFEIFFER, STEFANIE LENZER, ANDREAS NEHRING | 639 |
| Klimawandeldiskurse in sozialen Medien: Licht im literacies- Dschungel | |
| MARCUS SCHIOLKO, MATHIAS ROPOHL | 643 |
| Wissenslandkarten zur Förderung der inhaltlichen Kohärenz von Chemieunterricht | |
| MARVIN KALDEWEY, STEFANIE SCHWEDLER | 647 |
| Analyse des Selbststudiums in Physikalischer Chemie | |
| TILMANN STEINMETZ | 651 |
| Wie nutzen Physik-LA-Studierende Online-Brückenkurse zur Mathematik? | |
| MELANIE GREENDA, RENAN VAIRO NUNES, FRIEDERIKE KORNECK | 655 |
| Arbeitssituation und -zufriedenheit von Physiklehrkräften | |
| MELANIE HERZIG, ALEXANDRA DORSCHU | 659 |
| Modellierung von Authentizitätsempfinden im projektbasierten Lernen | |
| SVENJA SCHADE, INSA MELLE | 663 |
| Entwicklung eines digitalen Laborjournals | |
| SIMON Z. LAHME, ANDREAS MÜLLER, PASCAL KLEIN | 667 |
| Lehrveranstaltungsverbindende Experimentieraufgaben im Physikstudium | |
| MICHAEL KOMOREK, KAI BLIESMER | 671 |

| | |
|---|-----|
| Forschendes Lernen am Gegenstand der Vermittlung Moderner Physik | |
| ANNIKA LANKERS, FRANZISKA KLAUTKE, HEIKE THEYßEN, PHILIPP SCHMIEMANN, STEFAN RUMANN | 675 |
| Umgang mit Heterogenität beim Experimentieren im nw Unterricht | |
| FREYA MÜLLER, HILDE KÖSTER | 679 |
| Naturwissenschaftsbezogene Potenziale im Übergang Kita - Grundschule | |
| LEONIE JUNG, HEIKE THEYßEN, MARTIN DICKMANN | 683 |
| Argumentbasierte Validierung für die Erfassung von Lernstilpräferenzen | |
| MARTIN DICKMANN, ANITA STENDER, HEIKE THEYßEN | 687 |
| Studienanfänger:innen mit individualisierten Lernmaterialien fördern | |
| MICHELLE MÖHLENKAMP, HELENA VAN VORST, SEBASTIAN HABIG, MATHIAS ROPOHL | 691 |
| Niveauadaptive Hilfen in einer digitalen Lernleiter zum Thema Atombau | |
| NIKOLA SCHILD, VOLKHARD NORDMEIER | 695 |
| Mit Lernaufgaben begabungsdifferenziert unterrichten: Entwicklung und Evaluation von komplexen Lernaufgaben | |
| SASKIA TUTT, INSA MELLE | 699 |
| Webbasiertes Lernen in der Sek. I | |
| STEFFEN RÖWEKAMP, LISA ROTT, ANNETTE MAROHN | 702 |
| Digital gestütztes, diversitätssensibles Experimentieren: Das Lehr-Lern-Labor C(LE)VER:digital | |
| THERESA REUSCHLING, ANNETTE MAROHN | 706 |
| Das Planungskonzept Ping - Problemorientiertes Lernen im inklusiven Chemieunterricht gestalten | |
| ANDRÉ MEYER, GUNNAR FRIEGE | 710 |
| Embodied Cognition - Konzept und Bedeutung für das Lehren und Lernen von Physik | |

XVIII

| | |
|--|-----|
| BENJAMIN GROß, JAN-PHILIPP BURDE, AUGUSTIN KELAVA, JUDITH GLAESSER, LANA IVANJEK, SALOME WÖRNER | 714 |
| Entwicklung eines dreistufigen Testinstruments zu Gleichstromkreisen | |
| PAUL UNGER, KARTEN RINCKE | 718 |
| Vergleich hinführender und rückführender Strukturierungen im Physikunterricht | |
| MERTEN DAHLKEMPER, PASCAL KLEIN, ANDREAS MÜLLER, SASCHA SCHMELING, JEFF WIENER | 722 |
| Forschungsbasierte Entwicklung von Lernmaterialien zu Feynman- Diagrammen | |
| JULIA HINIBORCH, GUNNAR FRIEGE | 726 |
| Wie scheitern Schüler*innen am verständnisvollsten? | |
| LEONIE JASPER, INSA MELLE | 730 |
| Förderung von Selbstregulationskompetenzen im Chemieunterricht | |
| MALTE SCHWEIZER, SASCHA SCHANZE | 734 |
| Nutzung digitaler Lernangebote zur Strukturierung des Chemieunterrichts | |
| SVENJA BOEGEL, MATHIAS ROPOHL | 738 |
| Die Rolle affektiver Schüler*innenmerkmale im Prozess des formativen Assessments | |
| SEBASTIAN NICKEL, SEBASTIAN HABIG | 742 |
| Einfluss des Kontextes auf Erfolgserwartung, Aufgabenwerte & Leistung | |
| THOMAS WILHELM, LEA LUDWIG, VALENTINA KOCH, HARTMUT WIESNER | 746 |
| Empirische Überprüfung des SUPRA-Konzeptes zum Auftrieb | |
| LINDA ZWICK, YVONNE WEBERSEN, RITA WODZINSKI | 750 |
| Entwicklung von Schülervorstellungen zu NOS & NOSI im Physikunterricht | |
| YVONNE WEBERSEN | 754 |

| | |
|--|-----|
| Entwicklung und Evaluation einer NdN-Unterrichtsreihe zur Unterstützung von Lernpfaden | |
| SARAH RAU-PATSCHKE, MARISA ALENA HOLZAPFEL | 758 |
| Mischen-Rätseln-Trennen: Kreativität durch Bewegung? | |
| TOBIAS WINKENS, HEIDRUN HEINKE | 762 |
| Fortentwicklung eines Testinstruments zur Variablenkontrollstrategie | |
| CHRISTIAN GEORG STRIPPEL, LENA FINGER, JOACHIM WIRTH, KATRIN SOMMER | 766 |
| Wahrgenommene Authentizität von chemischen Schülerlaborprojekten | |
| XENIA SCHÄFER, SEBASTIAN HABIG | 770 |
| Aktivitätsgebundene Erfassung motivationaler Faktoren im Schüler:innenlabor | |
| DARIUS MERTLIK, PAUL BÖNING | 774 |
| Bewerten am außerschulischen Lernort - Entwicklung eines Analyseinstruments | |
| LARS EHLERT, OLIVER TEPNER | 778 |
| Erfassung der Selbstwirksamkeitserwartung beim selbstgesteuerten Experimentieren | |
| MORITZ KRIEGEL, VERENA SPATZ | 782 |
| Schülerexperimente zu Themen der Kern- und Astrophysik im SFB-1245 | |
| AYLEEN SPRYSCH, SIMONE KRÖGER | 786 |
| Faszination Fluoreszenzmikroskopie – Experimente für ein Schülerlabor | |
| LISA ZIEGLER, VANESSA LANG, ANNIKA EICHINGER, CHRISTOPHER W. M. KAY | 790 |
| Außerschulische Förderung des Forschenden Lernens als Methode | |
| JANNIS ZELLER, JOSEF RIESE | 794 |
| Datenbasierte Fähigkeitsprofile im Physikdidaktischen Wissen | |
| KENDRA ZILZ, DIETMAR HÖTTECKE | 798 |

| | |
|---|-----|
| Förderung von Science Media Literacy bei angehenden Physiklehrkräften | |
| MELANIE JORDANS, JOSEF RIESE | 802 |
| Unterrichtsplanung mit sinnvoller Einbettung digitaler Medien im PU | |
| ROBERT VON DER HEIDE, SASCHA SCHANZE | 806 |
| Einstellungen Studierender zu digitalen Medien im Fachpraktikum Chemie | |
| MURIEL SCHABER | 810 |
| Digitalisierungsbezogene Kompetenzen angehender Physiklehrkräfte | |
| ANGELIKA BERNSTEINER, PHILIPP SPITZER, THOMAS SCHUBATZKY, CLAUDIA HAAGEN-SCHÜTZENHÖFER | 813 |
| „Fakten, Fakes & Algorithmen“ – Professionalisierung angehender Lehrkräfte | |
| JAN GRADEL, JENS-PETER KNEMEYER, NICOLE MARMÉ | 817 |
| ZOrA - Zukunfts-Orientierungs-Akademie für Schülerinnen der Sekundarstufe II | |
| STEFAN MÜLLER | 821 |
| Studium, Schule oder Breaking Bad – Was prägt Vorstellungen über NOS? | |
| TANJA MUTSCHLER, DAVID BUSCHHÜTER, CHRISTOPH KULGEMEYER, ANDREAS BOROWSKI | 825 |
| Newton online lernen: Erste Ergebnisse zum Einsatz einer Online- Lerneinheit | |
| PATRICIA BREUNIG, KARSTEN RINCKE | 829 |
| Erklärvideos im Flipped Classroom: Multimediales Lernen im Physikunterricht | |
| LOTTE HAHN, THORID RABE | 833 |
| Physik-Erklärvideos - Einstellungen (angehender) Physiklehrkräfte | |
| MADELEINE HÖRNLEIN, CHRISTOPH KULGEMEYER | 837 |
| "Aus Erklärvideos lernt man nur oberflächlich" - oder erwirbt man auch Konzeptwissen? | |

| | |
|--|-----|
| SEBASTIAN ROHR, OLIVER TEPNER | 841 |
| Entwicklung eines Flipped Classroom-Konzepts mit Erklärvideos in Chemie | |
| SEVAN KHAGY, OLIVER TEPNER | 845 |
| Entwicklung von Erklärvideos & video-modeling-examples im Fach Chemie | |
| TOBIAS BERGOLD, ANNETTE MAROHN | 849 |
| „NAWI-Konzepte“ – Digitale Implementation neuer Unterrichtskonzepte | |
| ALEXANDRA SVEDKIJS, JENS-PETER KNEMEYER, NICOLE MARMÉ | 853 |
| Programmiersprache Snap! Im Physikunterricht "Simulation des Bremswegs" | |
| VALENTIN ENGSTLER, ANNETTE MAROHN | 857 |
| chemical [esc]ape - mit Spannung entkommen. Ein digitaler Escape Room für den Chemieunterricht | |
| AMINA ZEROUALI, JENNA KOENEN, DORIS LEWALTER | 861 |
| Erkenntnis GEWINNEN! Konzeption eines digitalen Lernspiels | |
| STEFAN KRAUS, THOMAS TREFZGER | 865 |
| Web-AR-Techniken unterstützen die Optik-Lehre | |
| DAVID BUSCHHÜTER, JANNIS ZELLER, STEFAN OLTMANN, ANDREAS BOROWSKI, CHRISTOPH KULGEMEYER, JOSEF RIESE, CHRISTOPH VOGELSANG | 869 |
| Forschungsdatenmanagement erleichtern durch relationale Datenbanken: Ein Datenmodell für naturwissenschaftsdidaktische Forschung | |
| DAVID WEILER, JAN-PHILIPP BURDE, RIKE GROBE-HEILMANN, ANDREAS LACHNER, JOSEF RIESE, THOMAS SCHUBATZKY | 873 |
| Erste Ergebnisse eines Seminars zur Förderung digitaler Kompetenzen | |
| DIRK BROCKMANN-BEHNSEN | 877 |
| Unterrichten im virtuellen Klassenraum. Entwicklung der App "Teacher VR" | |

| | |
|--|-----|
| MARKUS ELSHOLZ, THOMAS TREFZGER | 881 |
| Das akademische Selbstkonzept von Lehramtsstudierenden im Fächervergleich | |
| NATALIA SPITHA, RÜDIGER TIEMANN | 885 |
| Simulationsbasierte Lernaktivitäten für Chemiestudierende | |
| ANTONIA KIRCHHOFF, JOSIA HOPPMANN, STEFANIE SCHWEDLER | 889 |
| Lehren mit Simulationen für Chemie-Lehramtsstudierende | |
| JENNA KOENEN, DOMINIK DIERMANN | 893 |
| Visualisierung von Vernetzungen im Chemie-Lehramtsstudium | |
| NIKLAS PREWITZ, KATHARINA GROß | 897 |
| Chemie vernetzt und fachdidaktisch aufbereitet – Ein Lernmodul für Studierende | |
| VERENA SPATZ, THOMAS WILHELM, STEPHANIE PIESCHL | 901 |
| Fachspezifische Denkweisen zu Studienerfolg - eine vergleichende Interviewstudie | |
| JAN SPEISER, FALK RIEß, KAI BLIESMER | 905 |
| Volkshochschulkurs "Nature of Science" physikdidaktisch entwickeln und erproben | |
| JULIA WIEDMANN, MARC RODEMER, STEFAN RUMANN, INGA GRYL | 909 |
| Zuwachs sachunterrichtsdidaktischen Wissens durch das Praxissemester? | |
| MATHIAS LUTZ, HENDRIK LOHSE-BOSSENZ, MARKUS REHM | 913 |
| Ein Einfluss des Professionswissens angehender Chemielehrkräfte auf deren diagnostische Urteile beim Umgang mit Lernendenvorstellungen | |
| ADRIAN SCHMIDT, RÜDIGER TIEMANN, GUNNAR FRIEGE | 917 |
| Reviewstudie: Gelingensindikatoren effektiven Problemlösens | |
| ANNIKA SOPHIE KRÜGER, STEFAN RUMANN, MARC RODEMER | 921 |
| Förderung von Modellkompetenz im Sachunterricht mit verschiedenen Lernformen | |
| JULIA ELSNER, CLAUDIA TENBERGE, SABINE FECHNER | 925 |

| | |
|---|-----|
| Videoanalyse des Modellierprozesses von Grundschüler*innen | |
| PASCAL MEYER, ANNETTE MAROHN | 929 |
| „maGic“ - Mathematische Grundvorstellungen im Chemieunterricht | |
| LISA BERING, RÜDIGER TIEMANN | 933 |
| „Model-Eliciting Activities“ (MEA's) im Chemieunterricht | |
| STEFANIE PETER, OLAF KREY | 937 |
| Visuelle Repräsentationen elektrischer Stromkreise - eine Schulbuchanalyse | |
| VALERIE HOLLWEDEL, ANNETTE MAROHN | 941 |
| basic - Basisvorstellungen im Chemieunterricht | |
| ANIKA HENSGEN, VANESSA LANG, ANNIKA EICHINGER, CHRISTOPHER W. M. KAY | 945 |
| Chemielernen mit Concept Cartoons zur Steigerung der Kommunikationskompetenz | |
| ANJA LEMBENS, RITA KREBS | 949 |
| Entwicklung sprachfördernder und sprachsensibler Materialien für den Chemieunterricht im Erasmus+ Projekt sensiMINT | |
| JAN-BERND HAAS, ANNETTE MAROHN | 953 |
| chem.level - Fachsprachlich sensibler Chemieunterricht auf Basis des Johnstone-Dreiecks | |
| KERSTIN GRESENS, HENDRIK HÄRTIG | 957 |
| (Sprachliche) Hürden beim Lernen mit Repräsentationsformen | |
| REBECCA MÖLLER, DIETMAR HÖTTECKE | 961 |
| Sprachexpliziter Physikunterricht – Vignetten für die Lehrerbildung | |
| REGINA SCHAUER, REBECCA MÖLLER, JULE BÖHMER, HANNE BRANDT, DIETMAR HÖTTECKE | 965 |
| „Energie“ - Entwicklung von sprachexplizitem Physikunterricht | |
| HENDRIK MAAS, STINA SCHEER, GUNNAR FRIEGE | 969 |
| Quantenmetrologie mit Schüler*innen? | |
| RONJA SOWINSKI, SIMONE ABELS | 973 |

| | |
|---|------|
| Einfluss der Erstsprache von Lernenden auf ihre Vorstellungen im Fach Biologie | |
| MARC RODEMER, STEFAN RUMANN | 977 |
| Einfluss von Fehlvorstellungen auf Diagnosekompetenz von angehenden Lehrkräften | |
| JAN-MARTIN ÖSTERLEIN, MATHIAS ROPOHL, SEBASTIAN HABIG, MIRIAM MOREK | 981 |
| Förderung protokollbezogener Schreibfertigkeiten im Chemieunterricht | |
| LUKAS MIENTUS, ANDREAS BOROWSKI, ANNA NOWAK, PETER WULFF | 985 |
| Verknüpfung von Struktur und Qualität schriftlicher Reflexionen | |
| STEFANIE REIMER, OLIVER TEPNER | 989 |
| Aufbau adaptiver Erklärkompetenz durch Reflexion von Unterrichtsvideos | |
| ANNA WEIBBACH, CHRISTOPH KULGEMEYER | 993 |
| Reflexion von Physikunterricht: Ein Online-Assessment mit Feedback | |
| ANNA NOWAK, LUKAS MIENTUS, PETER WULFF, ANDREAS BOROWSKI | 997 |
| Zielklarheit als Qualitätsmerkmal in schriftlichen Reflexionstexten | |
| JENS DAMKÖHLER, MARKUS ELSHOLZ, THOMAS TREFZGER | 1001 |
| Selbst- und Fremdrelexionsprozesse im Lehr-Lern-Labor-Seminar | |
| JOANA KONRAD, ANNETTE MAROHN | 1005 |
| fast2slow - Kognitive Verzerrung (er)kennen und vermeiden. Entwicklung eines Unterrichtskonzepts zum schnellen und langsamen Denken | |

Helena van Vorst

Geschäftsführerin der GDCP

Vorwort

Nachdem die Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDCP e. V.) zwei Jahre in Folge pandemiebedingt digital abgehalten werden musste, konnte die 49. Jahrestagung der GDCP vom 12. bis 15. September 2022 wieder in Präsenz an der RWTH Aachen durchgeführt werden. Endlich! Denn die Ausrichtung der GDCP Jahrestagung in Aachen war bereits für das Jahr 2020 geplant und musste aufgrund der geltenden Beschränkungen zur Eindämmung der Corona-Pandemie immer wiederverschoben werden.

Nun konnten aber unter dem Tagungsthema

Lernen, Lehren und Forschen in einer digital geprägten Welt

450 Tagungsgäste aktuelle Entwicklungen und den Stand der Forschung aus dem Bereich der Chemie- und Physikdidaktik sowie dem naturwissenschaftsbezogenen Sachunterricht in vier Plenarvorträgen, vier thematischen Workshops, 16 Poster- und Vortragssymposien sowie etwa 260 Einzelposter und -vorträgen diskutieren. Die Geschäftsführung sowie der Vereinsvorstand freuen sich sehr, dass die Jahrestagung 2022 damit dem Umfang der Teilnehmerinnen und Teilnehmer sowie der Beiträge der letzten Jahrestagung in Präsenz 2019 in Wien sogar noch ein wenig übertreffen konnte.

An dieser Stelle möchte ich mich bei der Plenarreferentin Martina Rau (University of Wisconsin, Madison) und den drei Plenarreferenten Stefan Aufenanger (Johannes Gutenberg-Universität Mainz), Peter Wulff (PH Heidelberg) und Sascha Bernholt (IPN Kiel) bedanken, die durch ihre Beiträge wichtige Impulse für die weitere Diskussion rund um die fortschreitende Digitalisierung in Schule, Universität und Forschung gesetzt haben.

Insbesondere gilt mein Dank der örtlichen Tagungsleitung in Aachen, namentlich Christian Salinga, Heidrun Heinke und Josef Riese für die Flexibilität, Geduld, Beharrlichkeit und schlussendlich tolle Organisation der Jahrestagung 2022 sowie den zahlreichen Helferinnen und Helfern vor Ort für die großartige Unterstützung bei der Ausrichtung der Tagung in Aachen.

Essen, im April 2023

HvV

Einführung

Liebe Mitglieder der GDCP, liebe Tagungsteilnehmer*innen,

Aachen im dritten Anlauf! Nach nunmehr zwei pandemiebedingt digital-distanten Jahrestagungen treffen wir uns in diesem Jahr in Aachen erstmalig wieder in Präsenz. Wie sehnlich haben wir alle auf diesen Moment gewartet und wie sehr sind wir schon jetzt alle der örtlichen Tagungsleitung, rund um Heidrun Heinke, Josef Riese und Christian Salinga, zu Dank verpflichtet, galt es doch mehr als einen motivationalen Tiefpunkt in der Tagungsvorbereitung zu durchschreiten, in der Wortkonstruktionen wie „Buchungsrücktritt“ und „Stornierungsoption“ an der Tagesordnung standen. Und jetzt, endlich, Aachen im dritten Anlauf. Mit 450 gemeldeten Tagungsteilnehmer*innen, 158 Vorträgen und 177 Posterbeiträgen schließen wir damit auf einem vergleichbaren Niveau an die vorpandemischen Kennzahlen der Jahrestagung in Wien (2019) an. Das macht Mut.

Was bei aller Freude nicht verschwiegen werden darf: Auch in diesem Jahr stand die Tagungsvorbereitung unter besorgniserregenden und arg verstörenden Vorzeichen. Der offene Angriffskrieg Russlands auf die Ukraine hat uns nicht nur in unserem privaten Umfeld erschüttert. Viele universitäre Institute, speziell in den Naturwissenschaften, weisen gut entwickelte Kooperationen mit ukrainischen Partneruniversitäten auf und stehen – standen – in einem regen internationalen Austausch mit diesen. Seit dem 24. Februar 2022 ist die universitäre Arbeit in großen Teilen der Ukraine, und damit auch der internationale Austausch, weitgehend zum Erliegen gekommen. Studierende und Wissenschaftler*innen kämpfen täglich um ihr Leben, sei es als Opfer der kriegerischen Auseinandersetzung konkret, oder, in unmittelbarer Folge, in Form der Sicherstellung ihrer existentiellen Grundversorgung. Vorstand und örtliche Tagungsleitung haben im Vorfeld der Tagung daher auch darüber diskutiert, inwieweit oder in welcher Form dieses weltpolitische Ereignis Einfluss auf eine wissenschaftliche Jahrestagung nehmen soll. Die Position des Vorstands hierzu habe ich im ersten Rundbrief des Jahres aufzuarbeiten versucht, im Ergebnis, das ist bekannt, haben wir uns einvernehmlich dafür entschieden, die Tagung durchzuführen, auch wenn der Krieg mitten in Europa niemanden von uns unbeschwert die Tagung begehen lässt. Viele Universitäten haben in den vergangenen Monaten ihre Solidarität mit den Menschen in der Ukraine in verschiedenster Form zum Ausdruck gebracht; sei es durch Bekundung ihrer Anteilnahme in den sozialen Medien, durch Spendenaktionen, beispielsweise in Form von Sommerfesten oder auch durch bilaterale Hilfsprogramme, mit denen zumindest einige Menschen außer Landes und damit in Sicherheit gebracht werden konnten. Ich habe im ersten Rundbrief die Gesamtsituation als einen Rückfall in die Barbarei bezeichnet. An dieser Einschätzung hat sich nichts verändert.

Bereits im letzten Jahr haben wir mit dem Thema der Jahrestagung „Unsicherheit als Element von naturwissenschaftsbezogenen Bildungsprozessen“ und vor dem Hintergrund von Klimaveränderung und CoVid 19 eine Krisenverdichtung konstatiert und die Faktizität als Grundlage des wissenschaftlichen Diskurses selbst in der Krise gesehen. Ganz offenkundig hat sich angesichts des Krieges in der Ukraine nun auch noch eine Krise des Rechtsstaats auf die Agenda der Moderne gestellt. Angesichts dieser Ereignisse erscheint es nur schwer möglich, zum akademischen, fachdidaktischen Tagesgeschäft zurückzukehren. Bei der Eröffnung der Jahrestagung bemühe ich mich deutlich zu machen, dass es mir auch für uns, als Mitglieder einer wissenschaftlichen Gesellschaft, wichtig erscheint, das Alltägliche nicht alltäglich zu nehmen und wir uns unsere zivilgesellschaftliche Empörung bewahren müssen.

Gleichwohl, und auch das zeigt eindrücklich die gegenwärtige Krisenverdichtung, bedarf es aktuell wirksamer Erziehungs- und Bildungsprozesse dringender denn je. In unserem Bereich, für unsere Fächer, wollen wir dazu unseren Beitrag leisten. Angesichts der alle Lebensbereiche tangierenden Digitalisierung, als *die* große gesellschaftliche Transformationsaufgabe, haben wir die diesjährige Jahrestagung unter das Thema „Lernen, lehren und forschen in einer digital geprägten Welt“ gestellt. Dabei ist ‘Digitalisierung’ weit mehr als ein Gegenstand des Informatikunterrichts zu sehen. Digitalisierung ist zum einen ein mediendidaktisches Thema für alle Fachdisziplinen, adressiert aber auch, als Kulturtechnik verstanden, die Mündigkeit eines jeden einzelnen Menschen des 21. Jahrhunderts. Der Wissenschaftsrat erwartet von der Digitalisierung gar eine Transformation der Sozialformen und spricht von einer „Förderung des selbstbestimmten, individuellen, kollaborativen Lernens“, was einem „Qualitätssprung in der Lehre“ gleichkäme. Die in diesem Jahr vom Bundesministerium für Bildung und Forschung initiierten Ausschreibungen zur Einrichtung digitaler Kompetenzzentren sowie der Einrichtung einer bundesweiten Transferstelle sind in genau diesem Kontext zu verstehen.

Mit Blick auf die diesjährigen Plenarvorträge haben wir, wie auch in den Vorjahren, uns bemüht, der Vielschichtigkeit des Themas gerecht zu werden und die Keynotes als Impulse für das Weiterdenken aus möglichst unterschiedlichen Perspektiven zu verstehen. Es freut mich sehr an dieser Stelle und in aller Kürze einen Ausblick auf die Keynotes geben zu können:

Den Eröffnungsvortrag wird am Montagmittag Stefan Aufenanger von der Johannes Gutenberg-Universität Mainz zum Thema „Lehren und Lernen mit digitalen Medien – Konstruktive und kritische Aspekte einer Medienbildung in Schule und Unterricht“ halten. Im Rahmen des Vortrags werden von einer übergeordneten Warte Potenziale digitaler Medien, aber auch die damit verbundenen Erwartungshaltungen auf Basis der Effekte empirischer Studien kritisch hinterfragt. Am folgenden Tag geht Martina Rau von der University of Wisconsin, Madison, in ihrer Keynote der Frage nach, welche Rolle visuelle Repräsentationen beim Lernen im MINT-Bereich zukommen. Dabei stellt sie in ihrem Vortrag “Visual Representations in MINT Education: Pitfalls, Benefits and how to help Students make the most out of Visualizations” sowohl lernerseitige Kompetenzen für ein effektives Lernen mit Repräsentationen als auch solche Lernprozesse vor, die zum Erwerb dieser Kompetenzen befähigen.

Peter Wulff von der PH Heidelberg wird am folgenden Tag in seinem Vortrag „Maschinelles Lernen in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung – Kritische Diskussion eines trendigen Themas“ die Möglichkeiten und Limitationen Maschinellen Lernens für die fachdidaktische Lehr-Lernforschung aufzeigen. Im Fokus stehen hierbei die systematische Erschließung großer Datensätze, die veränderte Rolle Forschender beim Einsatz vom Maschinellen Lehren sowie mögliche Einsatzszenarien für Maschinelles Lernen im naturwissenschaftlichen Unterricht. Sascha Bernholt vom IPN wird dann am letzten Konferenztag den Kreis der Plenarvorträge beschließen. “Ein Bild, ein Blick und tausend Worte – über das nicht ganz so einfache Verhältnis von Blickbewegungen und Lernprozessen“ lautet der provokative Titel seines Vortrags, in dem er die Qualitätsfrage von Blickbewegungsuntersuchungen vor dem Hintergrund der rapiden technischen Entwicklungsgeschwindigkeit erörtert.

Wir warten freudig gespannt auf diese Keynotes, wie auch auf alle weiteren Tagungsbeiträge unserer Mitglieder. Ich wünsche uns allen eine ertragreiche Jahrestagung in Aachen!

Stefan Rumann

Martina Rau¹¹University of Wisconsin - Madison

Visual Representations in MINT Education: Pitfalls, Benefits, and How to Help Students Make the Most Out of Visualizations

Visual representations are ubiquitous in education in mathematics, informatics, natural sciences, and technical (MINT) domains (Ainsworth, 2008; Gilbert, 2008; NRC, 2006). Formally, representations are objects that stand for something else. Visual representations are objects that have similarity-based mappings to their referent (in contrast to symbolic representations that have arbitrary mappings to their referent) (Rau, 2017a; Schnotz, 2014). We use visual representations to teach students about chemical molecules, to instruct students about the laws of physics, and as scientists more broadly to illustrate our findings to colleagues. Visual representations serve as communication tools, problem-solving tools, and as teaching tools in educational, professional, and scientific communities.

On the one hand, we tend to assume that visual representations make content easily accessible to students (Rau, 2017a). On the other hand, using visual representations requires students to navigate multiple complex learning processes at the same time, because students need to use visual representations they do not know to learn concepts they do not know (Rau, 2017a). This conundrum is known as the representation dilemma (Dreher & Kuntze, 2015). Thus, to use visual representations to learn content knowledge, students also need to acquire representational competencies: the knowledge and skills that allow students to use representations to reason and solve tasks (Rau, 2017a).

Importance of Representational Competencies

Scientific visual representations developed historically to support communication among scientists (Donald, 1991; Latour, 1986). Yet, when we use these visual representations as teaching tools, they can lead to student confusion (Schönborn & Anderson, 2006). An illustrative example regards the use of arrows in visual representations that are commonly used in chemistry. As illustrated in Fig. 1, different types of visual representations use different types of arrows, which carry different meanings. What stands out in this example is that, with the exception of Fig. 1D, the arrows are not labelled.

As pointed out by Dorris and Rau (2022), the meaning of arrows is often left implicit in instructional materials. An interview study found that undergraduate students working with atomic energy diagrams (e.g., Fig. 1C) exhibited severe misconceptions about the meaning of arrows (Dorris & Rau, 2022). For instance, they falsely interpreted the direction of the arrows as indicating whether an electron moves towards or away from the nucleus.

This example illustrates that a lack of representational competencies (e.g., a lack of understanding arrows in a visual representation) can result in misconceptions about domain-relevant concepts (e.g., about electron behavior). To address and prevent such issues, instruction should support students' learning of representational competencies, which they likely acquire in an iterative process (Rau, 2017a): As students use visual representations to understand domain-relevant concepts, they also learn about how the visual representations depict these concepts, which in turn allows them to refine their understanding of the concepts, which then allows them to refine their interpretation of the visual representations, etc.

The goal of this paper is to present emerging research on how to support students' representational competencies alongside their learning of content knowledge.

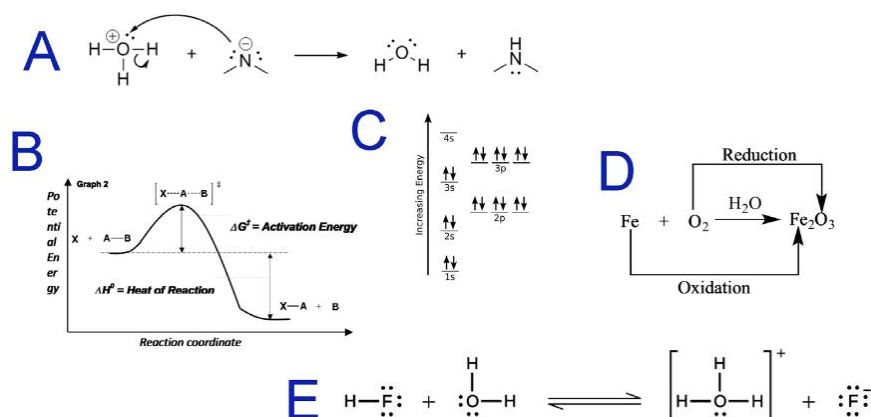


Fig. 1. Chemistry visualizations that use various types of arrows. A: Curved arrows illustrate movement of electrons. B: Double-headed arrows indicate a difference in potential energy. C: Small arrows denote electron spin states. D: Bracketed arrows stand for reduction and oxidation processes. E: Double arrow implies a chemical equilibrium.

Understanding Discipline-Specific Representational Use

Designing instructional supports for representational competencies necessitates an understanding of how visual representations are used in a given discipline (Rau, 2017b). While prior frameworks focused on aligning instructional interventions with broader instructional goals (e.g., Molenda et al., 1996; van Merriënboër et al., 2002), a framework by Rau (2017b) focuses on aligning instruction with discipline-specific uses of visual representations. First, text-book reviews, instructor interviews, and classroom observations can serve to identify how instructors use visual representations in their teaching. Second, interviews with students and instructors as well as observations of student problems solving can help identify difficulties students have in working with visual representations. Third, cognitive tasks analyses and user-centered studies can be used to determine which representational competencies students need to overcome these difficulties.

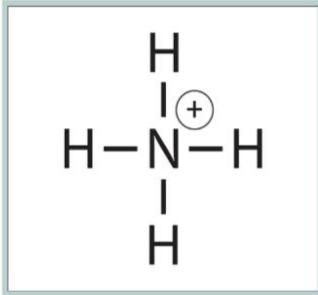
Building on research that followed the framework by Rau (2017b), Rau (2017a) provides a taxonomy of representational competencies that emerged from empirical research across several disciplines that followed the steps just described. While representational competencies are always specific to the representations used and the concepts taught in the given discipline, Rau (2017a) distinguishes two qualitatively different types of representational competencies that appear to play an important role across disciplines.

First, *sense-making competencies* describe students' ability to explain relationships between visual representations and discipline-specific concepts. For example, chemistry students typically work with not just one but multiple visual representations. In this context, a proficient student should be able to explain which visual features of the visual representations correspond to one another because they depict similar or complementary aspects of the underlying chem-

istry concept. Students acquire sense-making competencies through analytical learning processes that involve explicit reasoning about conceptual relationships. These processes are verbally mediated and require significant cognitive effort. Much prior research has investigated how to support sense-making competencies effectively through prompts that encourage reflection and student explanations while providing conceptual feedback on those explanations (Ainsworth, 2006; Berthold & Renkl, 2009; Bodemer et al., 2005; van der Meij & de Jong, 2011). For example, chemistry students working with the two visual representations in Fig. 2 may receive prompts to explain why the Lewis structure of the ammonium ion shows a formal positive charge by the nitrogen atom, whereas the electrostatic potential map shows a partial negative charge by the nitrogen atom.

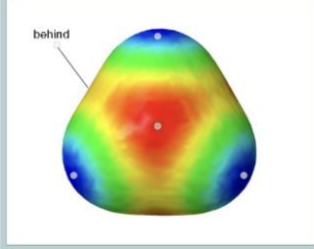
Covalent Bonding

A Let's revisit the Lewis structure for the ammonium ion!



B Let's revisit the EPM for the ammonium ion!

Click on the image to show which region in the EPM corresponds to nitrogen.



C Let's compare what the diagrams tell us about the ion's polarity!

1 The plus in the Lewis structure shows nitrogen formally has fewer electrons. The red area in the EPM shows nitrogen has a real negative charge.

2 The formal positive charge in the Lewis structure does not correspond to the actual charge because nitrogen has higher electronegativity than hydrogen.

3 The fact that the ammonium ion is an acid is more accurately shown by the EPM because hydrogen has a partial positive charge.

Hint

Periodic Table

Done

Fig. 2. Example problem-solving activity that supports sense-making competencies.

Second, *perceptual fluency* describes students' ability to efficiently extract information from visual representations. Often overlooked in educational contexts (Kellman et al., 2008), perceptual fluency allows students to immediately see meaning in visual representations and to translate between different types of visual representations so quickly that it seems automatic. Such efficient processing has been linked to expert performance in high-level tasks (Goldstone et al., 2010). On the flipside, lack of perceptual fluency has been associated with poor performance, for instance in chemistry courses (Anderson & Bodner, 2008). The learning processes through which students acquire perceptual fluency fundamentally differ from those processes that lead to sense-making competencies because they are inductive, implicit, nonverbal, automatic, and therefore not under the direct control of the students. Prior research has investigated how to support perceptual fluency (Kellman & Massey, 2013; Wise et al., 2000). This research suggests that students should receive short classification tasks where they have to quickly sort visual representations. The visual representations should repeat information-carrying features while varying irrelevant features. Students should receive immediate feedback on their responses, but this feedback should be nonverbal because

verbalization can disrupt perceptual processing (Schooler & Engstler-Schooler, 1990). For example, a chemistry student might be asked to quickly decide which of four ball-and-stick models depicts the same molecule as a given wedge-dash Lewis structure, as illustrated in Fig. 3.

Fig. 3. Example problem-solving activity that supports perceptual fluency.

Effects of Representational-Competency Supports on Learning of Content Knowledge

Much research has documented that supporting students in making sense of how visual representations depict domain-relevant concepts enhances students' learning of content knowledge in domains such as physics (Berthold et al., 2008; van der Meij & de Jong, 2011), biology (Seufert, 2003), and mathematics (Berthold & Renkl, 2009; Cobb & McClain, 2006). In contrast, less research has focused on the role of perceptual fluency in learning. A few studies document a benefit of interventions that engage students in intuitive, inductive processing of visual information (Kellman et al., 2008; Wise et al., 2000), sometimes through game-based interventions (Moreira, 2013; Welsh, 2003).

However, this research left open the question of whether combining instructional support for sense-making competencies and perceptual fluency enhances students' learning of content knowledge. Rau and Wu (2018) addressed this question in an experiment with undergraduate students learning about atomic structure. Students participated in the experiment in a research laboratory but were recruited from an introductory chemistry course for non-science majors. All students first received a pretest assessing their content knowledge. Then, they worked on instructional problem-solving activities that were presented on a computer. At the end, all students received a posttest assessing their content knowledge. The tests included items with and without visual representations as well as multiple-choice and open-ended response items. During a first instructional phase, all students first received regular problem-solving activities where students used visual representations to learn about chemistry concepts without representational-competency supports. Then, during a second instructional phase, students

were randomly assigned to either (1) a *control condition* that provided students with more regular problem-solving activities, (2) a *sense-only condition* that provided sense-making activities (see Fig. 2), (3) a *perceptual-only condition* that provided perceptual-fluency activities (see Fig. 3), or (4) a *combined condition* that provided sense-making activities followed by perceptual-fluency activities. All conditions received instruction on the same chemistry concepts, were exposed to the same visual representations, and solved the same number of problemsolving steps to ensure that average instructional time was equivalent across conditions. Results of $N = 117$ students showed that neither the sense-only condition nor the perceptualonly condition significantly outperformed the control condition. Only students in the combined condition showed significantly higher learning outcomes on the content knowledge posttest compared to the control condition. Eye-tracking data and verbal reports provided additional insights into this finding. Students in the perceptual-only condition showed reduced conceptual engagement with the visual representation, which might explain the low learning outcomes of this condition. Sense-making activities helped students notice meaningful features of the visual representations, and (when combined with sense-making activities) perceptual-fluency activities helped students efficiently extract this meaning, which made it usable on the posttests.

In sum, this study shows that students' learning of content knowledge through visual representations can be enhanced by combining instructional support for sense-making competencies and perceptual fluency.

Effects of Representational-Competency Supports on Future Learning Experiences

While the results from the previously described study are encouraging, students may not always have access to representational-competency supports. Little research has investigated long-term effects of representational-competency supports, and the few existing studies were carried out from the perspective of a traditional transfer paradigm. The traditional transfer paradigm tests whether instructional interventions increase students' performance on novel problem-solving activities (Nokes-Malach & Mestre, 2013; Schwartz et al., 2005). Following this paradigm, Cromley and colleagues (2013) found that supporting students' representational competencies improved their ability to solve novel tasks on a transfer posttest.

In contrast to the traditional transfer paradigm, research on preparation for future learning examines whether instructional interventions help students make better use of resources they receive in subsequent instruction (Nokes-Malach & Mestre, 2013; Schwartz et al., 2005). Research on preparation for future learning documents that this paradigm is more sensitive to educationally meaningful differences between students than the traditional transfer paradigm (Schwartz et al., 2005; Schwartz et al., 2007): Students who perform similarly on a traditional transfer test may perform differently after having received additional instruction on a new topic. However, this line of research has not investigated whether representational-competency supports enhance students' ability to learn from future instruction.

To address this question, Rho and colleagues (2022) tested whether the effects of representational-competency supports enhance students' benefit from future learning experiences. The experiment was carried out as part of an undergraduate engineering course on signal processing. In a first instructional phase, which lasted four consecutive course meetings, students learned about sinusoids using the visual representations shown in Fig. 4. During this phase, students were randomly assigned to one of four experimental conditions

that were similar to the conditions described above. (1) A *control condition* received regular problem-solving activities without representational-competency supports. (2) A *sense-only condition* received sense-making activities that prompted students to explain relationships between visual representations based on concepts related to sinusoids. (3) A *perceptual-only condition* received perceptual-fluency activities where students had to quickly find matching visual representations. (4) A *combined condition* received sense-making activities followed by perceptual-fluency activities.

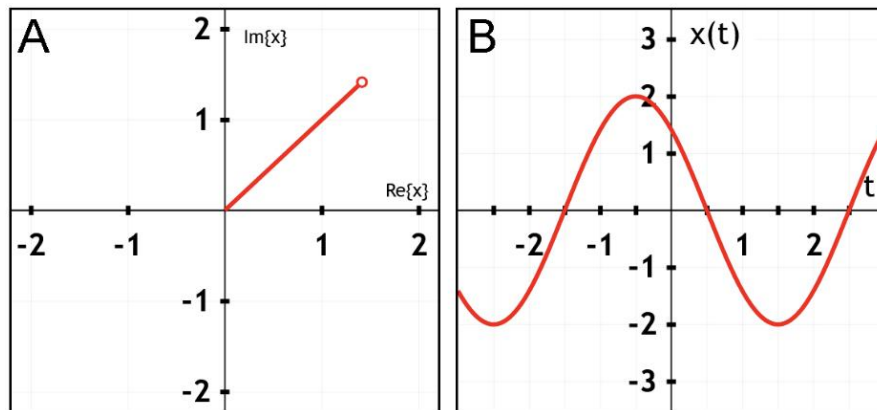


Fig. 4. Visual representations used to introduce students to concepts related to sinusoids. A: Phasor graph. B: Time-domain graph.

A second instructional phase, which was identical for all students, provided instruction on a new topic related to phasor addition, using a new visual representation that students had not encountered before. Students' learning from the second instructional phase was assessed with a pretest that students completed prior to instruction and a posttest that they completed following the instruction. The tests assessed students content knowledge and included test items with and without visual representations.

Results of $N = 120$ students showed that neither the sense-only condition nor the perceptualonly condition outperformed the control condition. Only students who had received the combination of both sense-making and perceptual-fluency activities outperformed students in the control condition. This finding suggests that students' learning from future lessons can be enhanced by combining support for sense-making competencies and perceptual fluency.

Sequencing Support for Sense-Making Competencies and Perceptual Fluency

While the previous findings suggest that support for sense-making competencies and perceptual fluency should be combined, open questions remained about how best to combine support for these representational competencies. While prior research had investigated sequences between sense-making activities and other types of activities (e.g., activities that focus on procedural learning; Rittle-Johnson et al., 2001), prior research had not examined how best to sequence sense-making activities and perceptual-fluency activities.

To address this question, a series of experimental studies compared the effects of providing sense-making activities followed by perceptual-fluency activities or vice versa (Rau, 2018).

Three experiments were carried out in the context of undergraduate chemistry learning. In these experiments, students first received a pretest, then worked on instructional activities that either (1) presented sense-making activities followed by perceptual-fluency activities or (2) presented perceptual-fluency activities followed by sense-making activities. Experiments with different samples yielded conflicting results. A lab experiment with $N = 48$ undergraduate students who were recruited from a chemistry course for non-science majors found that students with low prior knowledge benefited from receiving perceptual-fluency activities first, whereas students with high prior knowledge benefited from either sequence. Similarly, a class experiment with $N = 607$ undergraduate students enrolled in an introductory chemistry course for science majors found a benefit for providing perceptual-fluency activities first for students with low prior knowledge, whereas students with high prior knowledge benefited from receiving sense-making activities first. In contrast, a class experiment with $N = 74$ undergraduate science majors found that students with low prior knowledge benefited from receiving sense-making activities first, whereas students with high prior knowledge benefited from receiving perceptual-fluency activities first. To gain deeper insights into these divergent effects, Rau (2018) conducted causal path analyses of errors students made while working on sense-making activities and perceptual-fluency activities.

The patterns of student mistakes suggested that students with low prior knowledge struggled when switching from one type of activity to another. For example, when switching from sense-making activities to perceptual-fluency activities, low-prior-knowledge students made more errors when working on the perceptual-fluency activities, compared to low-prior-knowledge students who had not previously received sense-making activities. These difficulties were associated with lower learning outcomes at the posttests and were apparent regardless of the sequence in which students received the two types of activities. By contrast, for students with high prior knowledge, the previous type of activity seemed to prepare them to learn from the second type of activity.

For example, when switching from sense-making activities to perceptual-fluency activities, high-prior-knowledge students made fewer errors when working on the perceptual-fluency activities, compared to high-prior-knowledge students who had not previously received sense-making activities. This pattern was associated with higher learning outcomes at the posttests and was apparent regardless of the sequence in which students received the two types of activities.

In sum, this research suggests that students with different levels of prior knowledge may need different sequences of sense-making and perceptual-fluency activities at different times during their learning trajectory. Adaptive educational technologies lend themselves to addressing such interdependencies between instructional needs and prior knowledge levels.

Adaptive Support for Representational Competencies

Abundant research has investigated whether adaptive support for problem-solving skills enhances learning outcomes (Koedinger & Corbett, 2006; VanLehn, 2011). However, this research typically focused on adapting instruction to students' current level of content knowledge. The question of whether adapting instruction to students' current level of representational competencies remained open. To address this question, Rau and colleagues (2021) investigated whether adaptively assigning sense-making competencies or perceptual-

fluency activities based on students' learning progress would enhance students' learning of content knowledge.

Designing adaptive representational-competency support.

The first step was to create an algorithm that carries out the adaptive selection procedure. To this end, the authors conducted a pre-study with $N = 129$ undergraduate students who were enrolled in an introductory chemistry course for science majors. The study was carried out over ten weeks where students worked through ten units of instructional materials on atomic structure and chemical bonding. Each week, students received a pretest, then worked on instructional activities, and then took a posttest. One week later, students took a delayed posttest. The tests assessed students' content knowledge.

Instruction for each week involved two phases. During the first instructional phase, all students received regular problem-solving activities without representational-competency supports. In the second instructional phase, students were randomly assigned to one of five conditions: (1) A *control condition* received more regular problem-solving activities. (2) A *sense-only condition* received sense-making activities that prompted students to explain relationships between visual representations based on concepts related to sinusoids. (3) A *perceptual-only condition* received perceptual-fluency activities where students had to quickly find matching visual representations. (4) A *sense-perceptual condition* received sense-making activities followed by perceptual-fluency activities. (5) A *perceptual-sense condition* received perceptual-fluency activities followed by sense-making activities.

To create the adaptive algorithm, the authors used learning analytics methods. Specifically, the log data obtained during the first instructional phase was used to predict which condition the given student would most benefit from during the second instructional phase. This analysis identified mistakes students might make during the regular problem-solving activities during the first instructional phase of each unit that were indicative for whether the student might benefit from receiving more regular activities, sense-making activities, or perceptual-fluency activities during the second instructional phase of the unit. These insights were then implemented as if-then rules in the adaptive algorithm: IF the student makes mistake x, THEN the algorithm will assign activity.

Evaluating the adaptive representational-competency supports.

To investigate whether adaptive representational-competency supports enhance students' learning outcomes, the authors conducted an experiment as part of an undergraduate chemistry course for science majors enrolling $N = 45$ students. The experiment was carried out over ten weeks where students worked on ten units of instructional materials about atomic structure and chemical bonding. Each week, students received a pretest, instructional activities, and a posttest. One week later, students took a delayed posttest. The tests assessed students' content knowledge.

Like the pre-study, instruction for each week was delivered in two phases. During the first phase, all students received regular problem-solving activities without representational-competency supports. During the second phase, students were randomly assigned to one of two experimental conditions. (1) Students in a *static condition* received sense-making activities followed by perceptual-fluency activities in the second phase, which corresponded to the most effective sequence for the given population of students, as determined by the

previous experiments described above (Rau, 2018). (2) For students in an *adaptive condition*, the adaptive algorithm described above used students' log data from the first instructional phase of the given unit to determine whether students should receive regular activities, sense-making activities, or perceptual-fluency activities during the second instructional phase of the unit. As illustrated in Fig. 5, results showed that students in the adaptive condition showed significantly higher learning outcomes at the posttests while also making significantly fewer errors on the instructional problem-solving activities. Furthermore, an analysis of reflection papers that students enrolled in the course had to submit every week revealed that students in the adaptive condition voiced less confusion about the visual representations covered in the course.

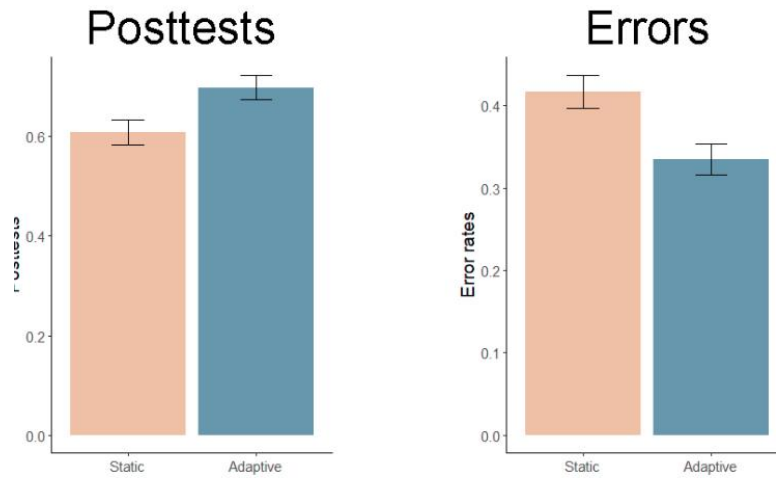


Fig. 5. Estimated marginal means of condition effects. Error bars show standard errors of the mean. Left: Condition effect on posttest scores, averaged across the ten units for posttest and delayed posttest. Right: Condition effect on error rates during problem solving, averaged across the ten units.

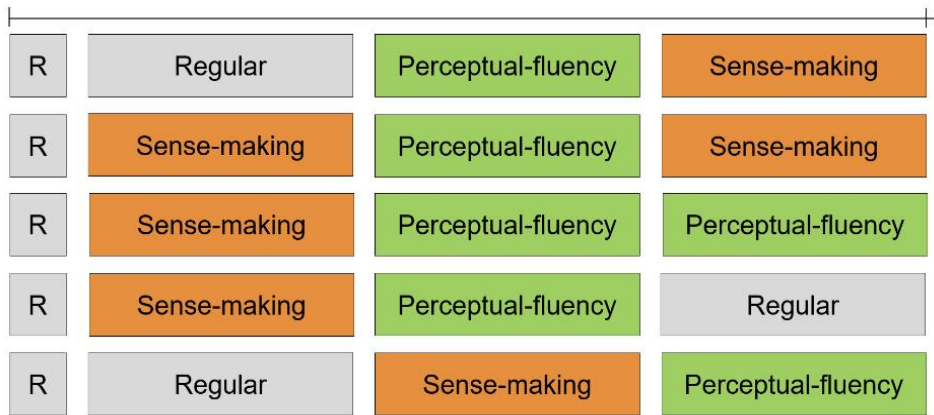


Fig. 6. Schematic depiction of the sequence of instructional activities in the adaptive condition over the course of ten weeks.

Additionally, the authors analyzed how the adaptive algorithm assigned regular, sense-making, and perceptual-fluency activities over the course of the ten weeks. As illustrated in Fig. 6, all students in the adaptive condition received regular instructional activities or sense-making activities before they received perceptual-fluency activities. Further, all students received a combination of sense-making and perceptual-fluency activities. In sum, these findings indicate that adaptive support for representational competencies can significantly enhance students' learning outcomes in a chemistry course. Further, the analysis of the adaptive assignment of instructional activities provides further evidence that combining support for both sense-making competencies and perceptual fluency is important. Finally, the pattern of adaptive assignments suggests that students require some experience with the visual representations before they can benefit from activities that support perceptual fluency.

Alternative Supports for Representational Competencies

The studies presented thus far supported representational competencies through sophisticated educational technologies. However, such technology-based representational-competency supports are not available for all topics of instruction, and even if they were, not all students would have access to them. Therefore, it is important that research also investigates how to support representational competencies in a light-weight fashion, without the use of technologies.

Supporting Sense-Making Competencies through Collaboration.

When students collaborate, they naturally engage in explanation-based processes that can support sense-making competencies. When students collaborate on activities that involve visual representations, they may realize that they interpret visual representations differently, which can prompt students to jointly make sense of how the visual representations depict information (Strickland et al., 2010).

Yet, prior research suggests that students tend not to spontaneously engage in productive collaborative behaviors (Lou et al., 2001). Therefore, much research has investigated how to support productive collaboration. This research suggests that students should actively construct meaning by discussing their different viewpoints (Miyake & Kirschner, 2014). Collaboration scripts that prompt students to engage in productive collaborative behaviors have been shown to enhance collaboration quality (Walker et al., 2009; Weinberger et al., 2005). However, this research had not focused on supporting students to collaboratively engage in sense making of visual representations and the resulting effects on students' learning outcomes. To close this gap, Rau and colleagues (2017) investigated whether a collaboration script that prompts students to jointly make sense of visual representations would enhance their learning of content knowledge. A quasi-experiment with $N = 61$ undergraduate students enrolled in an accelerated introductory chemistry course compared (1) a *control condition* in which students collaborated without the support of a collaboration script to (2) an *intervention condition* in which students received a collaboration script that prompted them to discuss visual representations with their partner. Results demonstrated a significant advantage of the intervention condition on a posttest assessing their content knowledge immediately after the intervention as well as on complex knowledge questions on a midterm exam that was delivered three weeks after the intervention. This finding suggests that supporting students' collaborative sense making via collaboration scripts can enhance students' learning outcomes.

Supporting Sense-Making Competencies Through Drawing.

The sense-making activities discussed thus far have focused on verbally mediated sense-making processes. However, the visuo-spatial concepts depicted in visual representations can be difficult to explain verbally (Bobek & Tversky, 2014; Vosniadou, 1994). To address this issue, research has investigated whether drawing can serve as a nonverbal means to support sense-making processes. Indeed, empirical research suggests that prompting students to draw their own visual representations can enhance their learning outcomes (Prain & Tytler, 2012; Van Meter & Garner, 2005). However, this research had not investigated whether drawing prompts might enhance students' benefit from instruction that focuses on verbal sense making of visual representations. A further open question remained about how often students should be prompted to draw. While some prior studies had investigated the effects of providing drawing prompts only before and after instruction (Gadgil et al., 2012; Mason et al., 2013), other studies had examined the effects of providing drawing prompts throughout instruction (Leopold & Leutner, 2012; Schmeck et al., 2014). However, this research had not contrasted effects of providing drawing prompts only before and after versus throughout instruction.

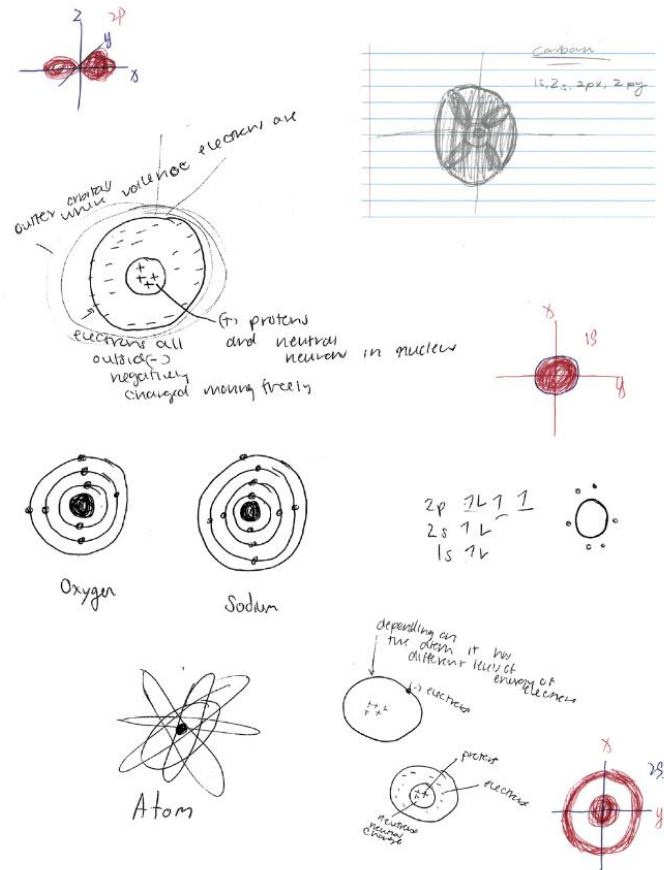


Fig. 6. Example drawings from Wu and Rau (2018).

To address these open questions, Wu and Rau (2018) conducted a laboratory experiment with $N = 72$ undergraduate students. Students received a pretest, instructional activities about atomic structure, a posttest, and a delayed posttest that was delivered one week later. The tests assessed students' content knowledge. During the instructional phase, students were randomly assigned to either (1) a *control condition* that did not receive drawing prompts, (2) a *before-after condition* that was prompted to draw before the instructional intervention and after the instructional intervention, or (3) a *throughout condition* that received drawing prompts before, during, and after the intervention. The intervention consisted of sense-making activities that asked students to explain relationships between visual representations based on chemistry concepts. To accommodate the extra time needed for drawings in the before-after and the throughout conditions, the number of instructional activities in these conditions was reduced compared to the control conditions. This reduction of instructional activities ensured that the average instructional time was equivalent across conditions. Results showed an advantage of providing drawing prompts compared to the control condition. Further, the study revealed an advantage of providing drawing prompts throughout the instructional intervention over providing drawing prompts only before and after instruction. Finally, a qualitative analysis of students' drawings (e.g., see Fig. 6) suggested that students who were prompted to draw throughout instruction produced higher-quality drawings. In sum, this study suggests that prompting students to draw their own visual representations can serve as a nonverbal means to support sense making that enhances their learning outcomes.

Game-Based Support for Perceptual Fluency.

As mentioned above, existing perceptual fluency interventions often engage students with visual representations in a game-like fashion, for example through card games (Moreira, 2013; Welsh, 2003). With the increased use of educational video games for instructional purposes, the question arises whether these rich, highly visual environments lend themselves to supporting representational competencies. Indeed, educational video games are typically highly visual (Virk et al., 2015) and seek to engage students in authentic scientific practices that involve visual representations (Clark et al., 2009; Clark & Sengupta, 2020). However, prior research on representational-competency supports have focused on structured learning environments rather than educational video games. Hence, the question of whether these types of games are a useful platform for supporting sense-making competencies and perceptual fluency remained open. Herder and Rau (2022) sought to close this gap by investigating whether providing support for students' sense-making competencies and perceptual fluency would enhance their learning from an educational video game for astronomy (Fig. 7). In the game, students serve as a contractor who flies to various planets to obtain data, which they then analyze using visual representations that are commonly used as tools for data analysis by astronomers. In a laboratory experiment, $N = 115$ undergraduate students took a pretest, played the astronomy game, and then took a posttest. The tests assessed students' understanding of the astronomy concepts covered in the game as well as sense-making competencies and perceptual fluency. During game play, students were randomly assigned to one of four experimental conditions. (1) In a *control condition*, students played the game without receiving support for representational competencies. (2) In a *sense-only condition*, students received support for sense-making competencies in the form of an instructional video that

modeled sense making in the game as well as prompts that were delivered prior to game play as well as reminders throughout the game. (3) In a *perceptual-only condition*, students received support for perceptual fluency in the form of an instructional video that modeled intuitive processing of the visuals in the game as well as through prompts that were delivered prior to and during game play. (4) In a *combined condition*, students received support for sense-making competencies in the first half of the game and support for perceptual fluency in the second half of the game.

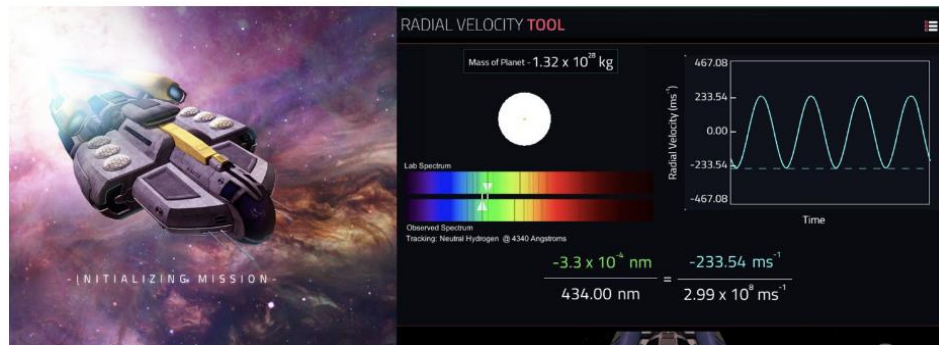


Fig. 7. Educational astronomy video game. Left: Students fly to various planets. Right: Students use disciplinary visual representations to analyze data obtained from the planets.

Results showed no evidence that sense-making support failed to enhance students' sense-making competencies and did not result in gains in terms of content knowledge. By contrast, support for perceptual fluency significantly enhanced students' perceptual fluency as well as their learning of content knowledge. However, students with high prior knowledge showed higher benefits from perceptual-fluency supports. In sum, this finding suggests that the game supported students' perceptual fluency, whereas it did not support sense-making competencies. Importantly, Herder and Rau (2022) were careful to point out that their findings do not imply that games cannot be used to support sense-making competencies, but that future research is needed to examine other types of educational video games that may have different implications for representational competencies. The finding that students with high prior knowledge showed higher benefits from this game aligns with the previously mentioned findings (Rau et al., 2021) that support for perceptual fluency is most suitable for students who already have a certain level of experience with the content and the visual representations.

Conclusion

The research presented in this paper demonstrates that instructional supports for representational competencies can enhance students' learning of content knowledge. Future research should further examine opportunities for designing representational-competency supports in ways that can easily be integrated with existing instructional materials that use visual representations to depict domain-specific concepts. Recent research suggests that collaborative activities, drawing, as well as educational games might be promising platforms to engage students with visual representations in a meaningful and productive way.

Literature

- Ainsworth, S. (2006). DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning and Instruction*, 16(3), 183-198.
- Ainsworth, S. (2008). The educational value of multiple-representations when learning complex scientific concepts. In J. Gilbert, M. Reiner, & A. Nakama (Eds.), *Visualization: Theory and practice* (pp. 191-208).
- Anderson, T. L., & Bodner, G. M. (2008). What can we do about 'Parker'? A case study of a good student who didn't 'get' organic chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 9(2), 93-101.
- Berthold, K., Eysink, T. H. S., & Renkl, A. (2008). Assisting self-explanation prompts are more effective than open prompts when learning with multiple representations. *Instructional Science*, 27(4), 345-363.
- Berthold, K., & Renkl, A. (2009). Instructional aids to support a conceptual understanding of multiple representations. *Journal of Educational Research*, 101(1), 70-87.
- Bobek, E., & Tversky, B. (2014). Creating visual explanations improves learning. In P. Bello, M. McShane, J. Guarini, & B. Scassellati (Eds.), *Proceedings of the 36th annual conference of the cognitive science society* (pp. 206-211). Cognitive Science Society.
- Bodemer, D., Ploetzner, R., Bruchmüller, K., & Häcker, S. (2005). Supporting learning with interactive multimedia through active integration of representations. *Instructional Science*, 33(1), 73-95.
- Clark, D., Nelson, B., Sengupta, P., & Angelo, C. (2009). Rethinking science learning through digital games and simulations: Genres, examples, and evidence. In *Learning science: Computer games, simulations, and education*. National Academy of Sciences.
- Clark, D. B., & Sengupta, P. (2020). Reconceptualizing games for integrating computational thinking and science as practice. *Interactive Learning Environments*, 3(1-19).
- Cobb, P., & McClain, K. (2006). Guiding Inquiry-Based Math Learning. In R. K. Sawyer (Ed.), *The Cambridge handbook of the Learning Sciences* (1 ed., pp. 171-186). Cambridge University Press.
- Cromley, J., Perez, T., Fitzhugh, S., Newcombe, N., Wills, T., & Tanaka, J. C. (2013). Improving students' diagram comprehension with classroom instruction. *The Journal of Experimental Education*, 81, 511-537.
- Donald, M. (1991). *Origins of the modern mind*. Harvard University Press.
- Dorris, M. R., & Rau, M. A. (2022). Conceptual challenges exhibited by naïve undergraduate students in the context of atomic orbital energy diagrams. *Journal of Chemical Education*, 99(8), 2777-2786.
- Dreher, A., & Kuntze, S. (2015). Teachers facing the dilemma of multiple representations being aid and obstacle for learning. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 36(1), 23-44.
- Gadgil, S., Nokes-Malach, T. J., & Chi, M. T. (2012). Effectiveness of holistic mental model confrontation in driving conceptual change. *Learning and Instruction*, 22(1), 47-61.
- Gilbert, J. (2008). Visualization: An emergent field of practice and inquiry in science education. In J. Gilbert, M. Reiner, & M. Nakhleh (Eds.), *Visualization: Theory and practice* (Vol 3, pp. 3-24). Springer.
- Goldstone, R., Landy, D., & Son, J. (2010). Education of perception. *Topics in Cognitive Science*, 2, 265-284.
- Kellman, P. J., & Massey, C. M. (2013). Perceptual learning, cognition, and expertise. In B. H. Ross (Ed.), *The psychology of learning and motivation* (Vol. 558, pp. 117-165). Elsevier Academic Press.
- Kellman, P., Massey, C., Roth, Z., Burke, T., Zucker, J., Saw, A., . . . Wise, J. (2008). Perceptual learning and the technology of expertise: Studies in fraction learning and algebra. *Pragmatics & Cognition*, 16, 356-405.
- Koedinger, K. R., & Corbett, A. (2006). Cognitive tutors. In R. K. Sawyer (Ed.), *The Cambridge handbook of the Learning Sciences* (1 ed., pp. 61-77). Cambridge University Press.
- Latour, B. (1986). Visualization and cognition: Thinking with eyes and hands. In H. Kuklick (Ed.), *Knowledge and society: Studies in the Sociology of Culture Past and Present* (Vol. 6, pp. 1-40). Jai Press.
- Leopold, C., & Leutner, D. (2012). Science text comprehension: Drawing, main idea selection, and summarizing as learning strategies. *Learning and Instruction*, 22(1), 16-26.
- Lou, Y., Abrami, P. C., & d'Apollonia, S. (2001). Small group and individual learning with technology: A metaanalysis. *Review of educational research*, 71(3), 449-521.
- Mason, L., Lowe, R., & Tornatora, M. C. (2013). Self-generated drawings for supporting comprehension of a complex animation. *Contemporary Educational Psychology & Neuroscience*, 38(3), 211e224.
- Miyake, N., & Kirschner, P. (2014). Social and interactive dimensions of collaborative learning. In R. Sawyer (Ed.), *The Cambridge handbook of the Learning Sciences* (pp. 418-438). Cambridge University Press.
- Molenda, M., Pershing, J. R., & Reigeluth, C. M. (1996). Designing instructional systems. In R. L. Craig (Ed.), *The ASTD training and development handbook* (4 ed., pp. 266-293). McGraw-Hill.
- Moreira, R. F. (2013). A Game for the early and rapid assimilation of organic nomenclature. *Journal of Chemical Education*, 90(8), 1035-1037.
- Nokes-Malach, T. J., & Mestre, J. P. (2013). Toward a model of transfer as sense-making. *Educational Psychologist*, 48(3), 184-207.
- NRC. (2006). *Learning to Think Spatially*. National Academies Press.
- Prain, V., & Tytler, R. (2012). Learning through constructing representations in science: A framework of representational construction affordances. *International Journal of Science Education*, 34(17), 2751-2773.

- Rau, M. A. (2017a). Conditions for the effectiveness of multiple visual representations in enhancing STEM learning. *Educational Psychology Review*, 29(4), 717–761.
- Rau, M. A. (2017b). A framework for discipline-specific grounding of educational technologies with multiple visual representations. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 10(3), 290-305.
- Rau, M. A. (2018). Sequencing support for sense making and perceptual induction of connections among multiple visual representations. *Journal of Educational Psychology*, 110(6), 811-833.
- Rau, M. A., Bowman, H. E., & Moore, J. (2017). Intelligent technology-support for collaborative connectionmaking among multiple visual representations in chemistry. *Computers & Education*, 109(C), 38-55.
- Rau, M. A., & Wu, S. P. W. (2018). Support for sense-making processes and inductive processes in connectionmaking among multiple visual representations. *Cognition and Instruction*, 36(4), 361-395.
- Rau, M. A., Zahn, M., Misback, E., Herder, T., & Burstyn, J. (2021). Adaptive support for representational competencies during technology-based problem solving. *Journal of the Learning Sciences*, 30(2), 163-203.
- Rho, J., Rau, M. A., & VanVeen, B. (2022). Preparing future learning with novel visuals by support-ing representational competencies. In V. Dimitrova, N. Matsuda, & M. M. D. T. Rodrigo (Eds.), *Artificial Intelligence in Education. AIED 2022. Lecture Notes in Computer Science* (pp. 66-77). Springer.
- Rittle-Johnson, B., Siegler, R. S., & Alibali, M. W. (2001). Developing Conceptual Understanding and Procedural Skill in Mathematics: An Iterative Process. *Journal of Educational Psychology*, 93(2), 346-362.
- Schmeck, A., Mayer, R. E., Opfermann, M., Pfeiffer, V., & Leutner, D. (2014). Drawing pictures during learning from scientific text: testing the generative drawing effect and the prognostic drawing effect. *Contemporary educational psychology*, 39(4), 275-286.
- Schnotz, W. (2014). An integrated model of text and picture comprehension. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (2 ed., pp. 72-103). Cambridge University Press.
- Schönborn, K. J., & Anderson, T. R. (2006). The importance of visual literacy in the education of biochemists. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 34(2), 94-102.
- Schooler, J. W., & Engstler-Schooler, T. Y. (1990). Verbal overshadowing of visual memories: Some things are better left unsaid. *Cognitive psychology*, 22(1), 36-71.
- Schwartz, D. L., Bransford, J. D., & Sears, D. (2005). Efficiency and innovation in transfer. In J. Mestre (Ed.), *Transfer of learning: Research and perspectives* (pp. 1-51). Information Age Publishing.
- Schwartz, D. L., Sears, D., & Chang, J. (2007). Reconsidering prior knowledge. In M. C. Lovett & P. Shah (Eds.), *Thinking with data* (pp. 319-344). Lawrence Erlbaum Associates.
- Seufert, T. (2003). Supporting coherence formation in learning from multiple representations. *Learning and Instruction*, 13(2), 227-237.
- Strickland, A. M., Kraft, A., & Bhattacharyya, G. (2010). What happens when representations fail to represent? *Chemistry Education Research and Practice*, 11(4), 293-301.
- van der Meij, J., & de Jong, T. (2011). The effects of directive self-explanation prompts to support active processing of multiple representations in a simulation-based learning environment. *Journal of Computer Assisted Learning*, 27(5), 411-423.
- van Merriënboër, J. J. G., Clark, R. E., & de Croock, M. B. M. (2002). Blueprints for complex learning: The 4C/ID-model. *Educational Technology Research and Development*, 50(2), 39-64.
- Van Meter, P., & Garner, J. (2005). The promise and practice of learner-generated drawing: Literature review and synthesis. *Educational Psychology Review*, 17(4), 285-325.
- VanLehn, K. (2011). The relative effectiveness of human tutoring, intelligent tutoring systems and other tutoring systems. *Educational Psychologist*, 46(4), 197-221.
- Virk, S., Clark, D., & Sengupta, P. (2015). Digital games as multirepresentational environments for science learning: Implications for theory, research, and design. *Educational Psychologist*, 50(4), 284–312.
- Vosniadou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4, 45–69.
- Walker, E., Rummel, N., & Koedinger, K. R. (2009). Beyond Explicit Feedback: New Directions in Adaptive Collaborative Learning Support. In C. O'Malley, S. D. P. Reimann, & A. Dimitracopoulou (Eds.), *Proceedings of the 9th International Conference on Computer-Supported Collaborative Learning-Volume 1* (pp. 552-556). *International Society of the Learning Sciences*. (Vol. 1, pp. 552-556). International Society of the Learning Sciences.
- Weinberger, A., Fischer, F., & Stegmann, K. (2005). Computer-supported collaborative learning in higher education. In T. Koschmann, D. D. Suthers, & T. W. Chan (Eds.), *Computer Supported Collaborative Learning 2005: The Next 10 Years!* Lawrence Erlbaum Associates.
- Welsh, M. J. (2003). Organic functional group playing card deck. *Journal of Chemical Education*, 80, 426-427.
- Wise, J., Kubose, T., Chang, N., Russell, A., & Kellman, P. (2000). Perceptual learning modules in mathematics and science. In P. Hoffman & D. Lemke (Eds.), *Teaching and learning in a network world* (pp. 169-176).
- Wu, S. P. & Rau, M. A. (2018). The effectiveness and efficiency of adding drawing prompts to an interactive educational technology. *Learning and Instruction*, 55, 93-104.

Peter Wulff¹¹Pädagogische Hochschule Heidelberg

Machine Learning in Science Education – Realized potentials, expected developments, and fundamental challenges

An important goal for science education researchers and scholars is it to understand and improve processes of science learning and teaching in an evidence-based way (Abell & Lederman, 2007). However, processes of learning and teaching are complex: intra- and interpersonal phenomena interact with each other on multiple levels (vgl.: Hilpert & Marchand, 2018). Moreover, cognitive and non-cognitive constructs of interest in science education are typically complex, e.g., non-linear and dynamic (Stamovlasis, 2016; Zhai, Yin, Pellegrino, Haudek, & Shi, 2020). Hence, science education researchers need sophisticated analysis tools to model relationships and make sense of them. Stochastic data models such as linear models are oftentimes inappropriate, even incapable, to capture these complex relationships (Breiman, 2001). Singer (2019) argues that educational scholars can benefit from adopting data science methods such as machine learning (ML) to explore potentials to understand these complex processes and phenomena. Here we seek to eclectically review realized potentials, expected developments, and fundamental challenges with regards to applying ML in science education research.

What is ML?

ML refers to data-driven, i.e., inductive, problem solving with computers (Marsland, 2015). A widely recognized operational definition for ML states: „A computer program is said to learn from experience E with respect to some classes of task T and performance measure P if its performance can improve with E on T measured by P” (T. Mitchell, 1997). Hence, ML is a form of inductive learning, i.e., learning from examples/experience/data (Nisbet, Elder, & Miner, 2009). Inductive learning moves from the specific to the general (the underlying rules/laws), thus it is sometimes called the inverse of deduction (Domingos, 2015). Inductive learning is consequently associated with an (empirical) risk when extracting rules from examples and generalizing to unseen examples (Vapnik, 1996). Through ML, a machine attains capabilities without being explicitly programmed, but rather through providing of input-output pairs (Géron, 2018). This represents a marked shift from traditional programming, where explicit instruction was necessary to transform an input into an output. Therein lies also the potential of ML, given the unprecedented availability of large datasets in the modern world, especially in the education sector (Baig, Shuib, & Yadegaridehkordi, 2020; Halevy, Norvig, & Pereira, 2009).

As a form of inductive learning, ML has some resemblance with experiential human learning (Kolb, 1984; Marsland, 2015). Experiential learning represents an important form of learning for humans and animals, because it enables them to act in uncertain, novel situations by recalling relevant knowledge from similar experiences. Central categories for experiential learning are memory, adaptation, and generalization (Marsland, 2015). Memory enables recognizing of similar situations. Adaptation enables the flexibility to react differently, depending on outcomes. Finally, similarities and differences are used to form generalizations

across situations. In one form or another, these categories also play an important role for ML. Especially with the advent of deep artificial neural network architectures, activity patterns are stored in the networks that form a sort of associative memory (Engel & van Broeck, 2001). Adaptation is achieved through providing the network in the learning phase a loss signal, which directs it to modify its weights and eventually achieve better generalization capabilities.

Inductive learning, more generally, is considered an important approach also in science for problem solving and scientific inquiry (Rothchild, 2006). From a formal logical point of view, deductive reasoning is limited because it can only work out consequences of what is already known (King et al., 2009). Also from a logical point of view, inductive reasoning is limited, because inferring general rules that “describe every member of a set, one must have information about every member of that set” (Goodfellow, Bengio, & Courville, 2016, p. 113). Hence, forms of reasoning such as induction or abduction are necessary for progress in science. Valiant (1984), from a computer science perspective, outlined important theoretical underpinnings for the possibility of inductive learning and inference. Valiant (1984) introduced the concept of “probably approximately correct” (PAC). It was shown that with a certain success probability an arbitrary function could be learnt from examples. However, as sometimes associated with the “no-free-lunch” theorem (Domingos, 2015), researchers have to provide structure (e.g., constrain hypotheses spaces and inductive biases in algorithms) in order to learn something, i.e., extract knowledge from raw data. Not least the practical success of ML applications, especially the advent of deep learning (i.e., nested artificial neural networks, ANNs), eventually undergirded the acceptance of inductive learning and ML, and informed ML researchers on what ML algorithms capability to solve certain problems.

Potentials of ML

ML is particularly adept to extract information from large and complex datasets (Domingos, 2015; Halevy et al., 2009). Phenomena in nature and society are typically complex and oftentimes highly non-linear, because multiple influencing factors are present which impact the system’s behavior on multiple levels in multiple ways (Domingos, 2015; Koopmans & Stamovlasis, 2016). Equally complex are processes of communication and language (Lieberman, Michel, Jackson, Tang, & Nowak, 2007) – and, consequently, processes of learning and teaching (Koopmans & Stamovlasis, 2016), because they intricately rely on natural language as a means of representation and conveying information (Brookes & Etkina, 2007). For example, language is characterized to be compositional (build from elementary units), recursive, and hierarchical (Beule, 2008). Meaning in language emerges from the interplay of words in a sequential order. However, simple stochastic data models, especially linear models, are not well suited to model language: „Complex problems in the real world may require much more expressive hypothesis spaces than can be provided by linear functions“ (Nisbet et al., 2009, p. 12). ML-based methods can facilitate better modelling and assessment of language-related processes such as learning and teaching (Goldberg, 2017; Zhai, Haudek, Shi, Nehm, & Urban-Lurain, 2020). With ML, relationships in complex datasets can be inferred and used for problem solving (Rauf, 2021). Especially the learning from examples puts ML at an advantage over stochastic data models, because minimal constraints are posed onto the algorithm (Breiman, 2001; Nisbet et al., 2009).

To model and learn relationships in complex datasets, various learning approaches within the domain of ML are commonly differentiated which offer different potentials and challenges for researchers. Widely employed learning approaches in science education research are supervised and unsupervised ML.¹ Both learning approaches differ not least in the following dimensions: goals, data requirements, algorithms, and learning procedures.

In supervised ML, goals are to classify samples according to categories or score them according to a range of real values (Bishop, 2006). Data samples are required to be annotated (mostly by human raters). Oftentimes, input-output mappings have to be collected and created. Then, a particular learning algorithm is selected. A common distinction is between shallow and deep ML algorithms. Shallow ML algorithms take a set of inputs and essentially produce a combination of these inputs (Marsland, 2015). Examples of shallow ML algorithms are (multinomial) Naïve Bayes, support vector machines (SVM), or (multinomial) logistic regression. Naïve Bayes estimates the probability of a category based on Bayes' rule (prior probabilities and given evidence). Support vector machines classifier/regressor seeks to maximize the decision margin across categories in a higher dimensional space. Logistic regression is essentially a linear model with an activation function (non-linear) (find a more detailed discussion with science education focus here: Wulff et al., 2020; Zhai, Yin, et al., 2020, or for general discussion here: Bishop, 2006; Marsland, 2015).

However, while these shallow algorithms have proven effective in many problems, ML research has seen a surge of interest into deep ML algorithms where initial features are progressively transformed into derived features (Marsland, 2015). Deep ANN architectures have been found to excel in vision and language processing (Goldberg, 2017; M. Mitchell, 2020), and increasingly replace shallow ML architectures. Even simple ANN such as the multilayer perceptron (a kind of hydrogen atom for artificial intelligence research, Engel & van Broeck, 2001) are capable to model arbitrary (smooth) functional relationships ("universal approximation theorem") even with only one layer and non-linear activation (Engel & van Broeck, 2001; Marsland, 2015). It is, then, important to know how to setup the ANN (number of nodes and number of layers). Also, it is desirable to know the amount of training data necessary to train the network. Unfortunately, neither the setup nor the amount of training data can be specified a priori with much certainty (Marsland, 2015). Both depend largely on the problem at hand. Moreover, some problems require different architectures. For example, language processing is inherently sequential and characterized by long-range dependencies (Alvarez-Lacalle, Dorow, Eckmann, & Moses, 2006). Specific ANN architectures such as recurrent neural networks, long short-term memory networks, or transformer architectures have been devised to cope with these requirements (Goldberg, 2017; Vaswani et al., 2017). Pictorial data was found to be processed effectively with convolutions, hence convolutional neural networks were designed. Essentially, these different architectures specify the information flow in the networks with reference to the input and output data. The more complex these network architectures become, the more difficult it is to retrieve

¹ Reinforcement learning and semi-supervised learning are not further considered here, but will likely become increasingly important in educational fields, see: M. Mitchell (2020).

information on the ML model decisions, which raises the “black-box” problem that is addressed in research on explainable AI.

Supervised training shallow and deep ML algorithms requires a loss function (performance indicator) that attributes how far off the actual ML algorithms output is in reference to the gold standard label provided by the annotated training dataset. Given this loss information, an optimization procedure assures that this information is passed through the architecture to update parameters or weights in the ML model to reach a final model. In ANNs oftentimes a gradient-based optimization procedure is utilized. The learning procedure is controlled by hyperparameters (e.g., amount of update for the weights, given a certain loss). These have to be set in advance of the learning. The more hyperparameters there are, the more combinations of hyperparameters have to be tested in order to find an optimal hyperparameter configuration. In supervised learning, cross-validation seeks to illuminate generalizability of the trained ML model. As such, researchers hold back a test dataset from the beginning. This test dataset is then used to estimate to what extent the trained ML model can predict the unseen cases, hence indicate how well the ML model generalizes beyond the training data. Moreover, a validation (sometimes called development) dataset need to be extracted from the training dataset as well, if different hyperparameter configurations are tested. A common challenge with cross-validation is data leakage, where information from the test data leaks into the training regime, causing replicability failures in ML (Kapoor & Narayanan, 2022). Researchers need to make sure this does not happen for otherwise inflated fit statistics might result. Finally, in supervised learning, human-machine agreement is oftentimes used as an evaluation criterion for model performance (assuming the humans agreed in the first place). Depending on the goal (classification, regression) different agreement metrics are available such as precision, recall for classification, and mean squared distance for regression.

Unsupervised ML, on the other hand, seeks to approximate the probability density of data, group or cluster similar samples, or reduce the dimensionality of a dataset (Bishop, 2006). Conveniently, no human annotation of the data samples is required to apply unsupervised ML algorithms. This spares resources and allows the processing of datasets of unwieldy sizes. Unsupervised ML algorithms comprise procedures for probability density estimation (latent Dirichlet allocation, LDA), clustering (e.g., k nearest neighbors, kNN) and dimensionality reduction (latent semantic analysis, LSA). LDA is a generative probabilistic model to extract topics in text documents (Blei, Ng, & Jordan, 2003). KNN is an algorithm that assigns a decision boundary based on the spatially closest neighbors in input space (Marsland, 2015). LSA is a method in natural language processing (NLP). In LSA, the input space is reduced in dimensionality by singular value decomposition of the document-term-matrix, and this lower-dimensional representation is used as a new feature vector where informative similarities can be calculated by algebraic means (Deerwester, Dumais, Furnas, Landauer, & Harshman, 1990). Though data requirements (i.e., annotation efforts) in unsupervised ML are advantageous compared to supervised ML, model validation is oftentimes more difficult. For example, the number of clusters, topics or dimensions have to be chosen by the researcher without much theoretical guidance. This poses the requirements to make ablation studies, e.g., systematically vary the number of clusters and monitor differences and similarities in outputs.

Besides supervised and unsupervised ML, meta learning or transfer learning are other promising learning approaches in ML. Brazdil, van Rijn, Soares, and Vanschoren (2022) differentiate between algorithm selection, hyperparameter optimization, pipeline optimization, and few-shot learning. Few-shot learning became particularly relevant in the context of deep ANNs (Ruder, 2019). ML researchers noticed a phenomenon called “catastrophic forgetting” with ANNs (McCloskey & Cohen, 1989). After training an ANN on, say, a simple calculation problem, it would be possible for the ANN to “forget” (i.e., decrease performance) its capabilities after having been trained on another, slightly different, problem. In transfer learning and few-shot learning, ML models are sought to be trained in a way to generalize across problems, i.e., transfer their knowledge to the new problem. To do so, in a phase called generative pre-training, a backbone ML model is trained to appropriately capture the structure (e.g., correlations) in language or images (Radford, Narasimhan, Salimans, & Sutskever, 2018). It is then the goal to further train (fine tune) the ML model with examples from the new problem (Wang, Yao, Kwok, & Ni, 2020). For language and vision ML models it was shown that prior training on large databases could boost performance on novel tasks and even reduce the data requirements to reach a certain performance (Ruder, 2019).

Applications of ML in science and science education

In the natural sciences, the system AlphaFold can count as a milestone in the application of ML and an exemplary case of how to apply ML (deep learning in particular). AlphaFold is an ML-based system that generates the spatial structure of a protein based on the sequence of amino acids, a problem known as protein folding (Jumper et al., 2021). Some experts judged this problem to be unsolvable without use of ML methods. AlphaFold now reaches accuracies on par with experimental methods, however, without the excess of resource requirements that are necessary to determine the structure via experiments. Training data comprised a structured database in which given amino acid sequences were paired with the respective 3D protein structures. Test data were newly determined (unseen) protein structures; these had to be predicted given the amino acid sequence. Other important applications of ML in science (see Table 1) are in cosmology, quantum physics, materials properties prediction, and elementary particle physics, where new insights could be gained, or calculations and simulations became possible (Carleo et al., 2019; Cranmer et al., 2020; Joss & Müller, 2019; Udrescu & Tegmark, 2020). For example, a supervised ML approach was used to efficiently determine the red shift of distant galaxies based on photometric data (Kind & Brunner, 2013). Spectroscopic analyses, which yield exact red shift values, are resource intense, hence the determination of red shift values based on photometric data is considered a valuable resource for researchers (Carleo et al., 2019). Generalizability in these red shift analyses is considered a challenge, because it is unclear to what extent the training data is representative for later applications in the field. Potentials of transfer learning are considered promising advancements to address these challenges (Carleo et al., 2019; Leistedt, Hogg, Wechsler, & DeRose, 2019). In quantum physics, ML is applied to address the “Quantum Many-Body Problem”. In this problem the positional probability density for multiple quantum particles such as electrons should be estimated (Carleo et al., 2019). It could be shown, among others, that ANNs retrieve and store information for quantum entanglement of electrons rather. Also simulations of quantum systems could be improved, e.g., by efficient sampling through ML models (Carleo et al., 2019). ML, and ANNs in particular, have also used to predict boiling points of fluids more

accurately compared to mere linear models such as multiple regression (Joss & Müller, 2019). Finally, ML is of crucial importance in elementary particle physics. Unsupervised and supervised ML approaches are used in conjunction to reduce large datasets of particle collisions (trigger) (Carleo et al., 2019).

In science education, a wealth of studies used ML approaches to answer novel research questions and extend research capabilities (Zhai, Yin, et al., 2020). Applications cover assessment of diverse contents and scientific practices. We examine areas where ML offers potentials and pose challenges along the following recurring themes in the ML-based science education literature:

- (1) Extending the inquiry and discovery capabilities with ML
 - (1a) Information extraction in complex datasets
 - (1b) Model validation
 - (1c) Automating assessment and feedback
- (2) Extending the research process and capabilities in science education with ML

Table 1: Application of ML in science and science education, grouped by ML approaches used and specific goals.

| Approach Goal, Task / Domain | Supervised ML | | Unsupervised ML | | |
|---------------------------------------|---|--|--|--|---|
| | Regression | Classification | Discovery | Clustering | Approximation |
| Natural science | Predict red shift on cosmic images (Carleo et al., 2019); Predict boiling points of fluids (Joss & Müller, 2019) | Classify relevant events in particle collisions (zit. in: Carleo et al., 2019) | Extract laws/symmetries/regularities in synthetic or real data (AlFeynman, AI Poincaré; (Y. Liu et al., 2022; Udrescu & Tegmark, 2020) | Clustering of stars; Genetic structures in DNA micro arrays (Hastie, Tibshirani, & Friedman, 2008) | Fast approximation/sampling for simulations (Many-Body quantum systems, elementary particle collisions); Representations of molecule structure (Gómez-Bombarelli, 2017) |
| Science education | Scoring of argumentation quality in learner responses; scoring of utility value in essays (Zhu et al., 2017; Beigman Klebanov et al., 2017) | Classification of verbs to assess conceptual change in physics (Yan, 2014) | Identify neural activation patterns in learner brain for physics concepts (Mason & Just, 2016) | Grouping of learner responses with reference to their estimation of generality (Rosenberg & Krist, 2021) | Representation of test and terms in word vectors (Sherin, 2013; Wulff et al., 2022) |

(1) Extending the inquiry and discovery capabilities with ML

The inquiry process and capabilities lie at the core of scientific disciplines. In empirically oriented disciplines, the data-processing capabilities and the validity of the data models are central concerns around the inquiry and discovery capabilities:

(1a) Information extraction in complex datasets

A widely recognized potential of ML for science education is the capacity to extend assessment by means of analyzing complex data formats such as language-based responses (Zhai, Yin, et al., 2020). Given that competencies are conceptualized as complex, context-dependent dispositions and science education researchers long argued to extend assessment

formats to include knowledge-in-use aspects, ML can potentially enhance effective and efficient analysis of such assessments (Maestrales et al., 2021). In particular, assessment formats such as closed-form questions (e.g., multiple choice items) were criticized to lack capabilities to adequately measure complex, procedural cognitive abilities (Haudek, Prevost, Moscarella, Merrill, & Urban-Lurain, 2012; Martinez, 1999). Moreover, human coding of constructed responses requires resources and is error prone due to expertise differences for the raters, fatigue, and other implicit biases (Zehner, Sälzer, & Goldhammer, 2016). A promise of ML methods is to compensate for some of these drawbacks, because it is a principled, computer-based approach. Early assessments and analysis of constructed responses used rule-based procedures that do not contain ML aspects. Haudek et al. (2012) used lexical analyses to successfully group learners explanations for acid-base behavior in biological systems. Nehm and Härtig (2012) defined rules to extract key concepts in learners responses for evolution, and found that these rules were sufficient for automatically scoring the responses with reference to key concepts. Later studies employed ML-based tools to score and classify responses. O. L. Liu et al. (2014) used a concept-based coding with the help of the program c-rater (similar approach in: Donnelly, Vitale, & Linn, 2015). Maestrales et al. (2021) trained ML algorithms to score students' constructed responses to assess chemistry and physics learning. Mostly, these studies find that human-machine agreement is substantial and thus automated coding of constructed responses is possible with some caveats. For example, Maestrales et al. (2021) reported that classification performance (human-machine agreement) for responses decreased when specific vocabulary in chemistry and physics was present. They hypothesize that the learner responses in the training data had less formal vocabulary. This potentially points to a problem of generalizability, similar to the remarks on representativeness of red-shift data in the physics example above.

While typical constructed responses are rather short (on average 1 to 3 sentences), ML can also be used to analyze entire documents such as papers or essays. Odden, Marin, and Rudolph (2021) analyzed 100 years of research papers in the journal *Science Education*, overall some 5577 papers, with an unsupervised ML approach. This dataset surpasses typical review studies due to resource limitations. They used LDA to find topics in the papers. The authors identify the overarching themes: "science content topics, teaching-focused topics, and student-focused topics," and track the occurrence of these themes over the 100 years in the journal's existence. Using this ML algorithms would also allow the researchers to examine relationships of topic trends with covariates such as societal discourses or journal editors at the time. Beigman Klebanov, Burstein, Harackiewicz, Priniski, and Mulholland (2017) used ML in conjunction with NLP to assess utility-value essays of students in biology. They report that NLP could be used to extract features and ML could be used to accurately score the essays.

To evaluate accuracy of supervised ML models, Cohen's kappa is often used as a measure for chance-corrected agreement between human raters or between human and machine. Typical agreements range from .55 to 1.00 (O. L. Liu, Rios, Heilman, Gerard, & Linn, 2016). However, Cohen's kappa – as a single score – is rather opaque on specific classification problems that might occur with single categories and other performance metrics are also important to consider. For example, precision, recall, F1 (as the average of precision and recall), or area under curve (AUC) yield diagnostic information on the success to single out

specific categories. Also, the confusion matrix yields valuable information where systematic disagreements might occur between human and machine. Further intricate challenges await when more than two raters are present or the categories can overlap with each other. At present, coding in science education research focuses on sentence-level coding units without overlapping or hierarchically nested categories. While this makes coding easier for researchers, this does not necessarily recognize the complex structure of language (compositionality, hierarchy, and recursion) and cognitive processes more generally. Another challenge relates to the robust finding in essay scoring that essay length and essay score are significantly positively correlated (Chodorow & Burstein, 2004). Carpenter, Geden, Rowe, Azevedo, and Lester (2020) and Krüger and Krell (2020) also found this effect in their studies in science education. Researchers who assess constructs with constructed responses need to monitor such correlations. Given that text length is a surface feature of constructed responses, researchers then need to find a way to control for text length and find more informative features that explain quality.

Besides language, other types of complex data such as images, log-data, or eye movement are increasingly analyzed with ML algorithms by science education researchers. Zhai, He, and Krajcik (2022) used graphical representations and constructed responses to assess modelling competencies of students. They found that an ANN could imitate the human coding with substantial agreement. Küchemann, Klein, Becker, Kumari, and Kuhn (2020) showed that eye-tracking data could be used as a feature in ML models to predict success in a kinematics assessment. Interestingly, the ANN performed worse compared to more shallow ML models, which points to the necessity for science education researchers to considerately chose their ML models in reference to the problem at hand. In sum, ML can be used to process a variety of information and even integrate different kinds of information in science education research.

(1b) Model validation

While the capacity of ML models to extract information from complex data is of great value for science education, it is equally important to assure that the models allow for valid inferences (Zhai, Yin, et al., 2020). This is all the more relevant, since ML models such as ANNs can approximate arbitrary smooth function and researchers need to assure that the model picks up on relevant features, where human raters oftentimes lack the capacity to systematically analyse the datasets such as in the case for boiling point prediction of fluids where up to hundreds or thousands of molecule descriptors might be integrated to reach accurate predictions (Joss & Müller, 2019). Validation of ML models is oftentimes more encompassing compared to the procedure known for stochastic data models where (among others) fit indices are calculated and compared (Breiman, 2001).

To validate ML models, science education researchers used several criteria such as (a) human-machine agreement as an indicator for model validity, (b) correlations with covariates, (c) important features for model decisions, and (d) cross-validation to assess generalizability of the ML model. (a) To determine human-machine agreement, ML researchers ground their work in established theoretical frameworks in science education. For example, Krüger and Krell (2020) examined modelling competence according to an established modelling framework that distinguishes five competencies related to modelling. Human-machine

agreement of the ML models ranged from acceptable to substantial. Similarly, studies on argumentation ground their study in respective frameworks on argumentation structure (Zhu et al., 2017). These frameworks are used to guide human annotation/coding to classify the data into distinct categories. (b) Besides human-machine agreement Krüger and Krell (2020) also used covariates to evaluate validity of model decisions. For example, they found that some ML algorithms' decisions correlated with external criterion text lengths which, to some extent, raised validity concerns. (c) Analysis of important decision features can enhance transparency of ML model decisions and thus establish validity. Wulff, Mientus, Nowak, and Borowski (2022) determined attribution scores of their ML model to find relevant features that the model used for classifying physics teachers' sentences into categories that were posited by the reflection-supporting model. They found that certain words were predictive for elements in the reflection-supporting model (see also: Krüger & Krell, 2020). (d) To evaluate generalizability through cross-validation, mostly the dataset is split into training, validation, and test data, and performance of the ML model on unseen test data is assessed (Wulff, Mientus, et al., 2022; Zhai et al., 2022). Researchers conclude that the ML model generalizes well, once performance on the unseen test dataset is substantial. However, less clear are the principles or rules that the ML model learned which allow it to generalize from the training examples, which is an important problem to address in future research.

An important challenge is the question for appropriate gold standards. ML models, most naturally, almost never achieve full agreement, because the human raters disagree in the first place (sometimes substantially so). The root causes for this might lie in the insufficiency of the theoretical framework in the first place. Theories in social sciences lack the mathematical rigor of physics theories, because the phenomena that social scientists seek to model and explain are more complex to begin with (Halevy et al., 2009). How can we be certain that the theories are appropriate? ML might play an important role in improving theory building via data-centered, unsupervised means in the future. However, as of now, guiding ML models on the basis of insufficient theoretical frameworks introduces uncertainty for determining gold standards. Moreover, the theoretical frameworks have to be operationalized and human raters have to be trained appropriately to correctly utilize the theory to classify examples. Questions of human raters' expertise, prior experiences, and situational determinants (e.g., fatigue) need to be addressed to ascertain how valid the coding process is, and, thus, determine to what extent we can expect the ML model to reach full agreement with the human raters. Next, the researchers specify with their choices of ML algorithms the specific hypothesis space to be considered. E.g., some ML algorithms are well versed to cope with small data and non-linearities. Again, these decisions constrain the possibility for perfect agreement with the gold labels, and make it more difficult to assess model validity. Furthermore, while generalizability is tested through performance of the ML model on unseen data, there is oftentimes no formal justification for the particular train-test split of the dataset. Generalizability then means performance expectation, given a randomly sampled data point from the representative sample. Research with the perceptron more rigorously determined generalizability criteria, e.g., through introduction of related but novel reasoning tasks (Engel & van Broeck, 2001). It is unclear what such a more rigorous conceptualization of generalizability would look like in science education research, because the theoretical frameworks are necessarily more fuzzy – given the complexity of the processes and phenomena under study.

Model validation for unsupervised ML can be even more challenging. For example, determining the hyperparameter configuration, e.g., the number of clusters, the number of dimension, or the number of topics, requires trade-offs between interpretability and sparsity. Sherin (2013) systematically varied experimental parameters to find a suitable number of topics in students' transcribed interviews that relate to explanations of the seasons. He contends that no definite solution for this problem of finding a suitable number of topics exists in his case, however, that the systematic variation can provide some insights into topic validity. Typically, human interpretation of topics is necessary, e.g., through providing human raters the most representative words for a topic (Rosenberg & Krist, 2020; Wulff, Mientus, et al., 2022). As in supervised ML, model validation in unsupervised ML involves substantial and critical involvement of human researchers to appropriately set up testing conditions and interpret outputs. Model validation, in consequence, can only function when humans and machines work in tandem (Sherin, 2013).

(1c) Automating assessment and feedback

Once ML models have been found to reach substantial human-machine agreement, automation is a major goal for many researchers. We also saw in the science examples above (Table 1) that automation and efficient analysis are important goals that can advance research capabilities. Zhai, Yin, et al. (2020) identifies automation as a crucial feature of ML in science education, i.e., outsourcing human decision making to machines. Many studies in science education (and science) refer to the resource argument in their motivation and implications. Resources can refer to human raters' time, the costs associated with coding, or merely the availability of human raters. All of these resources are scarce in practice and should be spared if possible. Automation can furthermore enable researchers to more readily answer derived research questions. For example, reliable coding of argumentation elements allows researchers to filter parts of an argumentation and analyze these samples in greater depth – similar to the filtering in elementary particle collision data, such that researchers do not have to sift through the entirety of collision data. Lee et al. (2019) further highlight the elimination of human elements in coding processes and evaluation as a potential benefit of automation through ML.

Automation can be achieved with supervised and unsupervised ML, however, science education researchers engaged with ML mostly employ supervised ML for purposes of automation (Zhai, Yin, et al., 2020). A rough estimate for reliability required to automate coding is a quadratic Cohen's kappa value of .70 or above (Williamson, Xi, & Breyer, 2012). An early example of automation represents the study by Nehm and Härtig (2012). They extracted key concepts with specified rules and implemented EvoGrader as a web-based tool to allow fellow researcher to freely use their coding. They estimate the initial invest as substantial, however, after two years the invest should pay off. On the other hand, O. L. Liu et al. (2014) used a concept-based coding and concluded that substitution of human raters was not possible. Training of the machine would require 10k human ratings and not all concepts (including misconceptions) are documented in the manual appropriately. More generally, the question of dataset size is pertinent to ML research. Ha, Nehm, Urban-Lurain, and Merrill (2011) could show that 500 responses could be sufficient to train a reliable ML model. Similarly, Zehner et al. (2016) found acceptable performance for 249 samples. However, the

amount of data is crucially linked to the complexity of the problem at hand. Deep learning ML algorithms might raise the requirements for sample size. However, with transfer and meta-learning these concerns might be mitigated (see below).

Once a trained and validated ML model allows for automated assessment, individualized and adaptive tutoring systems can be implemented. Adaptive feedback and guidance is an important facilitator for learning, and ML models can be considered valuable parts of these systems to make them more flexible. The ability of ML models to process and analyze language input is among the most central features. For example, Donnelly et al. (2015) used ML models to automatically score thermodynamics essays and adaptively choose guidance sentences for the learners. Interestingly, learners with lower prior knowledge benefitted more compared to other learners. Similarly, Zhu et al. (2017) could show for 16 items for climate change that ML models reach substantial human-machine agreement. The ML model could then be used to adaptively choose a suitable feedback sentence for learners which had a positive impact on post-test scores. Unsupervised ML such as LSA has been used to implement tutoring systems that enact dialogs with learners. Graesser et al. (2004) defined curriculum scripts to successfully guide learners to solve physics problems in the AutoTutor (Person & Graesser, 2002).

(2) Extending the research process and capabilities in science education with ML

Besides more specific potentials of ML to extend the inquiry process in science education, ML can also enhance the overall research processes and capabilities in science education research. Science education research is oftentimes empirically grounded and seeks to test hypotheses with evidence gleaned from data. Digitization will all the more facilitate to gather data on learning and teaching processes (Baig et al., 2020), and – as argued above – ML will play a role to extract meaningful information from this data. Besides the data processing and information extracting capabilities of ML to enhance science education research, ML also offers novel capabilities to enhance the overall research process. Once ML models are trained and validated, they can be shared across research contexts and enhance collaboration. While this would also be true for established quantitative and qualitative science education research (e.g., linear regression models or coding manuals could also be shared across research sites), ML can ease collaborative inquiry processes. For example, reuse of coding manuals requires training of new raters who have to interpret the manual just as the previous raters did. This, however, is oftentimes inefficient and error prone.

ML research can incite collaboration and model sharing. In the context of deep learning, ML offers novel potentials to share and collaborate trained ML models and further fine tune them in specific research contexts. In particular, ML researchers showed that pretrained deep learning-based language models can be reused in different contexts (transfer and meta-learning). For example, Carpenter et al. (2020) used pretrained word embeddings to estimate reflective depth of learners' responses in a game-based learning environment and found that the pretrained embeddings outperformed other methods. Wulff, Mientus, et al. (2022) showed that pretrained language models could be used to accurately classify preservice physics teachers' written reflections. Specific deep learning architectures such as pretrained language models were found to be more performant compared to other deep learning architectures to

classify written reflections. Fine tuning of language models to specific tasks facilitated coding even for small samples (Wulff et al., 2022). The same pretrained language model architectures could then be utilized to inform the process of clustering sentences of preservice physics teachers writing about a physics lesson and extract interpretable topics (Wulff, Buschhüter, et al., 2022). The pretrained language model seemed to be particularly useful to extract robust topics. Fine-tuning pretrained language models even enabled ML models to perform steps of quantitative reasoning (Lewkowycz et al., 2022). In a few-shot learning paradigm through chain-of-thought prompting the ML model learned with reasonable accuracy to solve high school and university problems in mathematics and science. In a representative dataset the model solved one third of the tasks with providing the relevant reasoning behind the solution—either in formal mathematical language and in natural language. To our estimation, this study marks a milestone in utilizing ML to advance science education research and offers exciting new ways for assessing students' problem solving abilities via ML methods.

Given these advancements, some posited that ML can replace human researchers. However, we suspect that the role of the human researchers will remain vital in research processes in science education. While robot scientists such as Adam show impressive progress for automating scientific research in specific applications such as yeast growth (King et al., 2009), it proves difficult to implement general robot scientists, because this would entail many more capabilities (such as implementing experimental setups in reality) than data collection, analysis, and reporting. Science education researchers argued for a human-machine tandem and integration, rather than replacement (Rosenberg & Krist, 2020; Sherin, 2013). Based on his findings, Sherin (2013) argued that the ML model can support the human analyst in a bootstrapping program that can help confirm a larger theoretical and empirical program, i.e., raise confidence in our theories. In this line, Rosenberg and Krist (2020) textured the further path of how human and machine analysts can be integrated. They used unsupervised ML to explore patterns and then human raters validated these patterns to find a robust coding manual for employing supervised ML. These studies highlight potentials for synergy effects between human and machine.

Concluding remarks

ML has offered science education researchers a valuable tool to enhance the inquiry process and research capabilities. Advancements in the field of ML research will continue to provide science education researchers novel potentials to answer their research questions and pose entirely new research questions. We have seen applications in all science disciplines (biology, chemistry, and physics) across different scientific practices (argumentation, explanation, reflection). ML has provided specific potentials to assess complex constructs that can be operationalized, among others, through language-based responses. Given the intricate relationship of language and science learning, ML offers a valuable modelling tool that can enhance assessment, automation, and, more generally, learning and teaching. If such assessment is valid and can be automated, researchers can share their instruments more easily and collaboratively improve them.

Challenges await, however. We outlined that fundamental questions regarding model validity and generalizability remain unsolved. ML is an inductive learning approach and if humans

cannot understand the patterns that the ML algorithm picked up, theory development is hampered. We also touched upon some areas where bias can be introduced into the machine's learning. For example, if large language models are trained on corpora such as the Internet and Wikipedia, and if these corpora are written by specific individuals (e.g., related to gender), this imposes problems of implicit biases. As a matter of fact, language models output similar biases as humans (Caliskan, Bryson, & Narayanan, 2017). Other biases relate to decisions made for the training of ML models (algorithms selection, loss-function selection, hyperparameters) and for reporting the findings (visualizations used).

In consequence, implementing ML models in educational institutions, especially with children who form their identities, requires substantially more research efforts to assure that ML models' decisions and feedback do not implicitly impose harm or disadvantage certain individuals. This is likely true for subjects other than the sciences as well.

References

- Abell, S. K., & Lederman, N. G. (2007). Preface. In S. K. Abell & N. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education*. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Alvarez-Lacalle, E., Dorow, B., Eckmann, J.-P., & Moses, E. (2006). Hierarchical structures induce long-range dynamical correlations in written texts. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *103*(21), 7956–7961. <https://doi.org/10.1073/pnas.0510673103>
- Baig, M. I., Shuib, L., & Yadegaridehkordi, E. (2020). Big data in education: a state of the art, limitations, and future research directions. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, *17*(1). <https://doi.org/10.1186/s41239-020-00223-0>
- Beigman Klebanov, B., Burstein, J., Harackiewicz, J. M., Priniski, S. J., & Mulholland, M. (2017). Reflective Writing About the Utility Value of Science as a Tool for Increasing STEM Motivation and Retention – Can AI Help Scale Up? *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, *27*(4), 791–818. <https://doi.org/10.1007/s40593-017-0141-4>
- Beule, J. de (2008). Compositionality, Hierarchy and Recursion in Language: A Case Study in Fluid Construction Grammar.
- Bishop, C. M. (2006). *Pattern recognition and machine learning. Information Science and Statistics*. New York, NY: Springer Science+Business Media LLC. Retrieved from <https://www.microsoft.com/en-us/research/uploads/prod/2006/01/Bishop-Pattern-Recognition-and-Machine-Learning-2006.pdf>
- Blei, D. M., Ng, A. Y., & Jordan, M. I. (2003). Latent Dirichlet allocation. *Journal of Machine Learning Research*, *3*(4-5), 993–1022.
- Brazdil, P. B., van Rijn, J. N., Soares, C., & Vanschoren, J. (2022). *Metalearning: Applications to automated machine learning and data mining* (Second edition). *Springer eBook Collection*. Cham: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-67024-5>
- Breiman, L. (2001). Statistical Modeling: The Two Cultures. *Statistical Science*, *16*(3), 199–231.
- Brookes, D. T., & Etkina, E. (2007). Using conceptual metaphor and functional grammar to explore how language used in physics affects student learning. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, *3*(1), 771. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.3.010105>
- Caliskan, A., Bryson, J. J., & Narayanan, A. (2017). Semantics derived automatically from language corpora contain human-like biases. *Science (New York, N.Y.)*, *356*(6334), 183–186. <https://doi.org/10.1126/science.aal4230>
- Carleo, G., Cirac, I., Cranmer, K., Daudet, L., Schuld, M., Tishby, N., . . . Zdeborová, L. (2019). Machine learning and the physical sciences. *Reviews of Modern Physics*, *91*(4). <https://doi.org/10.1103/RevModPhys.91.045002>
- Carpenter, D., Geden, M., Rowe, J., Azevedo, R., & Lester, J. (2020). Automated Analysis of Middle School Students' Written Reflections During Game-Based Learning. In I. I. Bittencourt, M. Cukurova, K. Muldner, R. Luckin, & E. Millán (Eds.), *Artificial Intelligence in Education* (pp. 67–78). Cham: Springer International Publishing.
- Chodorow, M., & Burstein, J. (2004). *Beyond essay length: Evaluating e-rater's performance on Toefl essays*. ETS.
- Cranmer, M., Sanchez-Gonzalez, A., Battaglia, P., Xu, R., Cranmer, K., Spergel, D., & Ho, S. (2020). Discovering Symbolic Models from Deep Learning with Inductive Biases. *ArXiv*.

- Deerwester, S., Dumais, S. T., Furnas, G. W., Landauer, T. K., & Harshman, R. (1990). Indexing by Latent Semantic Analysis.
- Domingos, P. (2015). *The Master Algorithm : How the Quest for the Ultimate Learning Machine Will Remake Our World*. Basic Books.
- Donnelly, D. F., Vitale, J. M., & Linn, M. C. (2015). Automated Guidance for Thermodynamics Essays: Critiquing Versus Revisiting. *Journal of Science Education and Technology*, 24(6), 861–874. <https://doi.org/10.1007/s10956-015-9569-1>
- Engel, A., & van Broeck, C. den (2001). *Statistical mechanics of learning*. Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139164542>
- Géron, A. (2018). *Praxiseinstieg Machine Learning mit Scikit-Learn und TensorFlow: Konzepte, Tools und Techniken für intelligente Systeme* (K. Rother, Trans.). Animals. Heidelberg: O'Reilly. Retrieved from <http://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:31-epflicht-1303476>
- Goldberg, Y. (2017). *Neural Network Methods for Natural Language Processing. Synthesis Lectures on Human Language Technologies*. Morgan and Claypool.
- Gómez-Bombarelli, R. (2017). Automatic Chemical Design Using a Data-Driven Continuous Representation of Molecules. *ArXiv*.
- Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep learning*. Cambridge, Massachusetts, London, England: MIT Press. Retrieved from <http://www.deeplearningbook.org/>
- Graesser, A. C., Lu, S., Jackson, G. T., Mitchel, H. H., Ventura, M., Olney, A., & Louwerse, M. M. (2004). AutoTutor: A tutor with dialogue in natural language. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 36(2), 180–192.
- Ha, M., Nehm, R. H., Urban-Lurain, M., & Merrill, J. E. (2011). Applying computerized-scoring models of written biological explanations across courses and colleges: Prospects and limitations. *CBE Life Sciences Education*, 10(4), 379–393. <https://doi.org/10.1187/cbe.11-08-0081>
- Halevy, A., Norvig, P., & Pereira, F. (2009). The Unreasonable Effectiveness of Data. *IEEE Intelligent Systems*, 8–12.
- Hastie, T., Tibshirani, R., & Friedman, J. (2008). *The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction*. Springer.
- Haudek, K. C., Prevost, L. B., Moscarella, R. A., Merrill, J., & Urban-Lurain, M. (2012). What are they thinking? Automated analysis of student writing about acid-base chemistry in introductory biology. *CBE Life Sciences Education*, 11(3), 283–293. <https://doi.org/10.1187/cbe.11-08-0084>
- Hilpert, J. C., & Marchand, G. C. (2018). Complex Systems Research in Educational Psychology: Aligning Theory and Method. *Educational Psychologist*, 53(3), 185–202. <https://doi.org/10.1080/00461520.2018.1469411>
- Joss, L., & Müller, E. A. (2019). Machine Learning for Fluid Property Correlations: Classroom Examples with MATLAB. *Journal of Chemical Education*, 96(4), 697–703. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.8b00692>
- Jumper, J., Evans, R., Pritzel, A., Green, T., Figurnov, M., Ronneberger, O., . . . Hassabis, D. (2021). Highly accurate protein structure prediction with AlphaFold. *Nature*, 596(7873), 583–589. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03819-2>
- Kapoor, S., & Narayanan, A. (2022). Leakage and the Reproducibility Crisis in ML-based Science.
- Kind, M. C., & Brunner, R. J. (2013). TPZ : Photometric redshift PDFs and ancillary information by using prediction trees and random forests. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 432(2), 1483–1501. <https://doi.org/10.1093/mnras/stt574>
- King, R. D., Rowland, J., Aubrey, W., Liakata, M., Markham, M., Soldatova, L. N., . . . Pir, P. (2009). The Robot Scientist Adam. *Computer*, 42(7), 46–54. <https://doi.org/10.1109/MC.2009.270>
- Kolb, D. (1984). *Experiential Learning: Experience as the source of learning and development*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Koopmans, M., & Stamovlasis, D. (Eds.) (2016). *Complex Dynamical Systems in Education*. Springer.
- Krüger, D., & Krell, M. (2020). Maschinelles Lernen mit Aussagen zur Modellkompetenz. *Zeitschrift Für Didaktik Der Naturwissenschaften*, 26(1), 157–172. <https://doi.org/10.1007/s40573-020-00118-7>
- Küchemann, S., Klein, P., Becker, S., Kumari, N., & Kuhn, J. (2020). Classification of Students' Conceptual Understanding in STEM Education using Their Visual Attention Distributions: A Comparison of Three Machine-Learning Approaches: CSEDU 2020, 36–46. <https://doi.org/10.5220/0009359400360046>
- Lee, H.-S., Pallant, A., Pryputniewicz, S., Lord, T., Mulholland, M., & Liu, O. L. (2019). Automated text scoring and real-time adjustable feedback: Supporting revision of scientific arguments involving uncertainty. *Science Education*, 103(3), 590–622. <https://doi.org/10.1002/sce.21504>
- Leistedt, B., Hogg, D. W., Wechsler, R. H., & DeRose, J. (2019). Hierarchical modeling and statistical calibration for photometric redshifts. *The Astrophysical Journal*, 881(1), 80. <https://doi.org/10.3847/1538-4357/ab2d29>
- Lewkowycz, A., Andreassen, A., Dohan, D., Dyer, E., Michalewski, H., Ramasesh, V., . . . Misra, V. (2022). Solving Quantitative Reasoning Problems with Language Models. *ArXiv*.

- Lieberman, E., Michel, J.-B., Jackson, J., Tang, T., & Nowak, M. A. (2007). Quantifying the evolutionary dynamics of language. *Nature*, *449*, 713–716.
- Liu, O. L., Brew, C., Blackmore, J., Gerard, L., Madhok, J., & Linn, M. C. (2014). Automated Scoring of Constructed-Response Science Items: Prospects and Obstacles. *Educational Measurement: Issues and Practice*, *33*(2), 19–28. <https://doi.org/10.1111/emip.12028>
- Liu, O. L., Rios, J. A., Heilman, M., Gerard, L., & Linn, M. C. (2016). Validation of automated scoring of science assessments. *Journal of Research in Science Teaching*, *53*(2), 215–233. <https://doi.org/10.1002/tea.21299>
- Liu, Y., Zhang, L., Wang, W., Zhu, M. [Min], Wang, C., Li, F., . . . Liu, H. (2022). Rotamer-free protein sequence design based on deep learning and self-consistency. *Nature Computational Science*, *2*(7), 451–462. <https://doi.org/10.1038/s43588-022-00273-6>
- Maestralles, S., Zhai, X., Touitou, I., Baker, Q., Schneider, B., & Krajcik, J. (2021). Using Machine Learning to Score Multi-Dimensional Assessments of Chemistry and Physics. *Journal of Science Education and Technology*, *30*(2), 239–254. <https://doi.org/10.1007/s10956-020-09895-9>
- Marsland, S. (2015). *Machine learning: An algorithmic perspective* (Second edition). Chapman & Hall / CRC machine learning & pattern recognition series. Boca Raton, FL: CRC Press. Retrieved from <http://proquest.tech.safaribooksonline.de/9781466583283>
- Martinez, M. E. (1999). Cognition and the question of test item format. *Educational Psychologist*, *34*(4), 207–218.
- Mason, R. A., & Just, M. A. (2016). Neural Representations of Physics Concepts. *Psychological Science*, *27*(6), 904–913. <https://doi.org/10.1177/0956797616641941>
- McCloskey, M., & Cohen, N. J. (1989). Catastrophic Interference in Connectionist Networks: The Sequential Learning Problem. In Gordon H. Bower (Ed.), *Psychology of Learning and Motivation* (Vol. 24, pp. 109–165). Academic Press.
- Mitchell, M. (2020). *Artificial Intelligence: A guide for thinking humans*. Pelican Books.
- Mitchell, T. (1997). *Machine learning*. New York, NY: McGraw-Hill Education.
- Nehm, R. H., & Härtig, H. (2012). Human vs. Computer Diagnosis of Students' Natural Selection Knowledge: Testing the Efficacy of Text Analytic Software. *Journal of Science Education and Technology*, *21*(1), 56–73. <https://doi.org/10.1007/s10956-011-9282-7>
- Nisbet, R., Elder, J., & Miner, G. (2009). *Handbook of Statistical Analysis & Data Mining Applications*. Elsevier.
- Odden, T. O. B., Marin, A., & Rudolph, J. L. (2021). How has Science Education changed over the last 100 years? An analysis using natural language processing. *Science Education*, *105*(4), 653–680. <https://doi.org/10.1002/sce.21623>
- Person, N., & Graesser, A. C. (2002). Human or Computer? AutoTutor in a Bystander Turing Test. In S. A. Cerri, G. Gouardères, & F. Paraguaçu (Eds.), *Intelligent Tutoring Systems* (pp. 821–830). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Radford, A., Narasimhan, K., Salimans, T., & Sutskever, I. (2018). Improving Language Understanding by Generative Pre-Training. *ArXiv*.
- Rauf, I. A. (2021). *Physics of Data Science and Machine Learning*. Boca Raton: CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003206743>
- Rosenberg, J. M., & Krist, C. (2020). Combining Machine Learning and Qualitative Methods to Elaborate Students' Ideas About the Generality of their Model-Based Explanations. *Journal of Science Education and Technology*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1007/s10956-020-09862-4>
- Rothchild, I. (2006). Induction, Deduction, and the Scientific Method: An eclectic overview of the practice of science. *SSR*.
- Ruder, S. (2019). *Neural Transfer Learning for Natural Language Processing: Dissertation*. Ireland: National University of Ireland.
- Sherin, B. (2013). A Computational Study of Commonsense Science: An Exploration in the Automated Analysis of Clinical Interview Data. *Journal of the Learning Sciences*, *22*(4), 600–638. <https://doi.org/10.1080/10508406.2013.836654>
- Singer, J. D. (2019). Reshaping the Arc of Quantitative Educational Research: It's Time to Broaden Our Paradigm. *Journal of Research on Educational Effectiveness*, *12*(4), 570–593. <https://doi.org/10.1080/19345747.2019.1658835>
- Stamovlasis, D. (2016). Catastrophe Theory: Methodology, Epistemology, and Applications in Learning Science. In M. Koopmans & D. Stamovlasis (Eds.), *Complex Dynamical Systems in Education* (pp. 141–175). Springer.
- Udrescu, S.-M., & Tegmark, M. (2020). AI Feynman: A physics-inspired method for symbolic regression. *Science Advances*, *6*.
- Valiant, L. G. (1984). A theory of the learnable. *Communication of the ACM*, *27*.

- Vapnik, V. (1996). Structure of Statistical Learning Theory. In A. Gammerman (Ed.), *Computational Learning and Probabilistic Reasoning* (pp. 3–31). Chichester, New York: John Wiley & Sons.
- Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A. N., . . . Polosukhin, I. (2017). Attention is All you Need: Conference on Neural Information Processing Systems. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 6000–6010.
- Wang, Y., Yao, Q., Kwok, J. T., & Ni, L. M. (2020). Generalizing from a Few Examples: A Survey on Few-Shot Learning. *ArXiv*.
- Williamson, D. M., Xi, X., & Breyer, F. J. (2012). A Framework for Evaluation and Use of Automated Scoring. *Educational Measurement: Issues and Practice*, 31(1), 2–13.
- Wulff, P., Buschhüter, D., Nowak, A., Westphal, A., Becker, L., Robalino, H., . . . Borowski, A. (2020). Computer-Based Classification of Preservice Physics Teachers' Written Reflections. *Journal of Science Education and Technology*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1007/s10956-020-09865-1>
- Wulff, P., Buschhüter, D., Westphal, A., Mientus, L., Nowak, A., & Borowski, A. (2022). Bridging the Gap Between Qualitative and Quantitative Assessment in Science Education Research with Machine Learning — A Case for Pretrained Language Models-Based Clustering. *Journal of Science Education and Technology*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1007/s10956-022-09969-w>
- Wulff, P., Mientus, L., Nowak, A., & Borowski, A. (2022). Utilizing a Pretrained Language Model (BERT) to Classify Preservice Physics Teachers' Written Reflections. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1007/s40593-022-00290-6>
- Yan, J. (2014). *A Computer-Based Approach For Identifying Student Conceptual Change: Open Access Theses*. 289. <https://docs.lib.purdue.edu/openaccesstheses/289>.
- Zehner, F., Sälzer, C., & Goldhammer, F. (2016). Automatic Coding of Short Text Responses via Clustering in Educational Assessment. *Educational and Psychological Measurement*, 76(2), 280–303. <https://doi.org/10.1177/0013164415590022>
- Zhai, X., Haudek, K., Shi, L., Nehm, R., & Urban-Lurain, M. (2020). From substitution to redefinition: A framework of machine learning-based science assessment. *Journal of Research in Science Teaching*, 57(9), 1430–1459. <https://doi.org/10.1002/tea.21658>
- Zhai, X., He, P., & Krajcik, J. S. (2022). Applying machine learning to automatically assess scientific models. *Journal of Research in Science Teaching*.
- Zhai, X., Yin, Y., Pellegrino, J. W., Haudek, K. C., & Shi, L. (2020). Applying machine learning in science assessment: a systematic review. *Studies in Science Education*, 56(1), 111–151. <https://doi.org/10.1080/03057267.2020.1735757>
- Zhu, M. [Mengxiao], Lee, H.-S., Wang, T., Liu, O. L., Belur, V., & Pallant, A. (2017). Investigating the impact of automated feedback on students' scientific argumentation. *International Journal of Science Education*, 39(12), 1648–1668. <https://doi.org/10.1080/09500693.2017.1347303>

Ein Bild, ein Blick und tausend Worte - Über das nicht ganz so einfache Verhältnis von Blickbewegungen und Lernprozessen

Die Aufnahme und Analyse von Blickbewegungen gilt häufig als relativ junge Erhebungsmethode, kann aber bereits auf eine über 100jährige Geschichte zurückblicken. Die Anfänge werden häufig mit dem Namen Louis-Émile Javal verknüpft, der erste Beobachtungen über die Rolle der Augenbewegungen beim Lesen im Jahr 1879 publizierte (Javal, 1878). Viele methodische Grundlagen und Erkenntnisse, bspw. Begrifflichkeiten wie Fixationen und Saccaden, Erkenntnisse zur herabgesetzten Schempfindlichkeit während der Blickbewegung (saccadic suppression) oder zur Wahrnehmungsspanne stammen bereits aus dieser methodischen Gründungszeit und haben überwiegend bis heute Bestand (Huey, 1908). Aufbauend auf die Grundlagen aus dieser Initialphase der Eye-Tracking-Forschung erlebte die Analyse von Blickbewegungen einen weiteren Aufschwung mit dem Aufkommen des Behaviorismus in der experimentellen Psychologie. Der Schwerpunkt dieser Forschung lag dabei in einem stark anwendungsorientierten Bereich, insb. zum Lesen und zur Wahrnehmung von Motiven und Szenen, ohne dabei jedoch auf kognitive Prozesse oder die Steuerung der Blickbewegungen hinauszuwollen. Vielmehr ging es um die Analyse von Blickbewegung per se, um auftretende Muster visueller Fixationen und die Geschwindigkeit, die Reaktionszeit sowie zeitliche Dynamiken der Augenbewegungen, wobei allenfalls Oberflächenmerkmale der Stimuli und Aufgabenstellungen als Einflussfaktoren Berücksichtigung fanden. Unter diesem Paradigma erschöpfte sich jedoch Ende der 1950er Jahre der Innovationsgrad der neu publizierten Erkenntnisse, so dass sich in dem Review von Tinker (1958) die eher pessimistische Feststellung findet, dass fast alles, was man über das Lesen mit Hilfe von Augenbewegungen lernen könne (in Anbetracht des damaligen Stands der Technik) zu diesem Zeitpunkt entdeckt worden sei. Es folgte dann auch eine etwa 20 Jahre andauernde Phase, in der nur wenig Eye-Tracking-basierte Forschung publiziert wurde. Erst mit der kognitiven Revolution in der Psychologie Mitte der 1970er Jahre sowie angetrieben durch technologische Innovationen, insb. in Form von akkurateren und leichter anwendbaren Eye-Tracking-Systemen, erlebte die Analyse von Blickbewegungen erneut starken Zulauf. In dieser Phase wurden dann auch generelle Theorie der Sprachverarbeitung und zu kognitiven Prozesse beim Lesen detailliert entwickelt und untersucht (Rayner, 1993). Seit etwa 2000 zeichnet sich eine vierte Phase der Eye-Tracking-Forschung ab, die sich insbesondere durch eine Flexibilisierung der Systeme (bspw. mobile Eye-Tracker) und damit auch durch eine Flexibilisierung und Erweiterung der Forschungsfragen und Untersuchungsdesigns auszeichnet. Darüber hinaus ermöglichen die stark angestiegenen Rechnerleistungen auch interaktive Anwendungen und die kombinierte Analyse unterschiedlicher Datenquellen (bspw. Körperbewegungen, Gesichtsaufnahmen, physiologische Maße wie Herzraterdaten o.ä.).

In aktuellen Forschungsarbeiten in den Naturwissenschaftsdidaktiken wird Eye-Tracking für die Analyse sehr unterschiedlicher Fragestellungen genutzt. So fassen Hahn und Klein (2022) in ihrem Review die Forschungsperspektiven in den analysierten Publikationen in vier Bereiche zusammen: Leistung, Stimulus, Person, Entwicklung. In leistungsbezogenen

Fragestellungen wird bspw. versucht, die visuelle Aufmerksamkeitsverteilung mit Answererfolg beim Problemlösen oder mit Expertiseunterschieden in Zusammenhang zu bringen. Die Analyse von Expertisedifferenzen spielt auch generell bei Eye-Tracking-Studien häufig eine Rolle, auch um wahrnehmungsbezogene Mechanismen als Teil von Expert:innenleistungen zu untersuchen. Stimulibezogene Fragestellungen betrachten Effekte unterschiedlicher visueller Stimuli auf die visuelle Aufmerksamkeitsverteilung oder die visuelle Verarbeitung unterschiedlicher Aufgabenanforderungen oder Hilfestellungen. Personenbezogene Fragestellungen adressieren vielfach spezifische Unterschiede zwischen bestimmten Personengruppen (bspw. bezogen auf Gender oder auch Fachhintergründe) mit Blick auf die visuelle Verarbeitung bestimmter (Lern)Materialien. Einen letzten Schwerpunkt bilden entwicklungsbezogene Fragestellungen, die Veränderungen in der visuellen Aufmerksamkeitsverteilung oder der visuellen Verarbeitung über die Zeit in den Blick nehmen. Diese Veränderungen können als Folge von gezielten Interventionen oder allgemein mit Blick auf lern- oder entwicklungsbasierte Leistungszuwächse analysiert werden und damit auch Aspekte der drei zuvor genannten Forschungsschwerpunkte umfassen.

Im Folgenden soll exemplarisch die Entwicklung, Umsetzung und Integration von Eye-Tracking-basierten Fragestellungen in Form von zwei Teilstudien des Projekts „Eye movement modeling examples als Instruktionsansatz in der Organischen Chemie“ (EYE-OC) dargestellt werden. Das Projekt wurde gemeinsam mit Nicole Graulich (Justus-Liebig-Universität Gießen) bei der Deutschen Forschungsgemeinschaft eingeworben und von den beiden Promovierenden Julia Eckhard (JLU Gießen) und Marc Rodemer (IPN Kiel) sowie mit Unterstützung der Hilfskräfte Gyde Asmussen (IPN Kiel) und Axel Langner (JLU Gießen) umgesetzt.

Der Blick in ein exemplarisches Projekt: EYE-OC

Chemische Formeln und Reaktionsmechanismen haben in der Chemie eine besondere Relevanz (Taasobshirazi & Glynn, 2009). Chemiker:innen nutzen dieses Symbolsystem um auf Basis ihres konzeptionellen Verständnisses den Ablauf einer chemischen Reaktion zu erklären und zu beschreiben. Studierende haben hingegen große Schwierigkeiten, die zugrunde liegende Bedeutung mechanistischer Repräsentationen zu verstehen (Bhattacharyya, 2014; Graulich, 2015; Grove et al., 2012). Eine Ursache für diese Schwierigkeiten wird häufig darin gesehen, dass die Studierenden nicht in der Lage sind, die Darstellung mit den dahinter liegenden chemischen Konzepten zu verknüpfen (Ainsworth, 2006). Dadurch gelingt es ihnen nicht, die relevanten Teile der Repräsentation zu identifizieren, diese Teile mit den kontextuell relevanten chemischen Konzepten zu verknüpfen und die entsprechenden Erklärungen oder Vorhersagen abzuleiten (Jarodzka et al., 2010).

Angesichts der Vielzahl an Reaktionsmechanismen, mit denen Studierende in der Organischen Chemie konfrontiert werden, neigen viele dazu, sich auf das Auswendiglernen von Mechanismen zu verlassen, was zusätzlich durch gängige Aufgabenformate wie *predict the product* unterstützt wird (Bodé et al., 2019). Im Rahmen des Projekts haben wir daher das Format Fallvergleichsaufgaben gewählt, in dem zwei ähnliche Reaktionen von den Lernenden verglichen und erörtert werden sollten, z. B. mit der Zielstellung, die Reaktivität anhand von Gemeinsamkeiten und Unterschieden zwischen den beiden Fällen zu bestimmen (Graulich & Schween, 2018). Dieses Format sollte die Lernenden darin unterstützen, aktiver explizite strukturelle Unterschiede zwischen den Reaktanten in zwei Reaktionen zu vergleichen und die

impliziten Faktoren, die sich aus diesen strukturellen Unterschieden ergeben, hinsichtlich ihres Einflusses auf den Verlauf der Reaktion abzuwägen (Alfieri et al., 2013; Caspari et al., 2018; Graulich & Schween, 2018).

Auf Basis dieses Aufgabenformats wurde am Beispiel nukleophiler Substitutionsreaktionen eine Eye-Tracking-Studie mit Personen unterschiedlicher Expertise durchgeführt, um durch den Vergleich des Blickverhaltens zu untersuchen, ob es für die Lösung eines domänenspezifischen Problems eine visuell „optimale“ Herangehensweise gibt und inwiefern sich diese zwischen den Gruppen unterscheidet oder einander ähnelt (Gegenfurtner et al., 2011). Die Frage nach Expertiseunterschieden wurde bereits in einigen Domänen untersucht. So zeigte sich bei Fluglots:innen, dass zum einen die Problemlösungen von Expert:innen einander ähnlicher waren als die Lösungen von Berufsanfänger:innen und zum anderen die Problemlösungen von Berufsanfänger:innen wiederum einander ähnlicher waren als die Lösungen von Personen zu Beginn der Ausbildung (basierend auf Sequenzanalysen von AOI-Fixationen, d. h. Fixationen in definierten *areas of interest*, und sog. Levenshtein-Distanzen) (van Meeuwen et al., 2014). Demgegenüber stehen Befunde von Jarodzka et al. (2010), bei denen die Expert:innen weniger ähnliche Problemlösestrategien verfolgten als Anfänger:innen.

An der Eye-Tracking-Studie im Rahmen des Projekts nahmen 46 Proband:innen (Dozierende bzw. Professor:innen sowie Studierende unterschiedlicher Fachsemester) teil (Rodemer et al., 2020). Diese bearbeiteten eine Serie von acht Fallvergleichsaufgaben zum Reaktionsmechanismus der nukleophilen Substitution, wobei die Bearbeitung mit einem Eye-Tracker sowie mittels semistrukturierter Interviews erfasst wurde.

Beim Vergleich der unterschiedlichen Gruppen zeigte sich, dass sich in vielen Fällen das Blickverhalten der Expert:innen von dem der fortgeschrittenen Studierenden und Anfänger:innen unterscheidet. Mit Blick auf die Bearbeitungszeit und auch bei den Fixationsdauern in relevanten AOIs sind die Expert:innen schneller als die Anfänger*innen und die fortgeschrittenen Studierenden, während sich die Studierenden untereinander sehr ähnlich sind und die Aufgaben ähnlich schnell lösen. Um die Ähnlichkeit in der Herangehensweise der einzelnen Proband:innen zu bestimmen, wurde auf die AOI-Sequenz als zweites Blickbewegungsmaß zurückgegriffen, d. h. auf die Reihenfolge, in der die Proband:innen die unterschiedlichen AOIs nacheinander betrachten, aus der die sogenannte Levenshtein-Distanz bestimmt wurde (d.h. die Anzahl an Umsortierungen, Ergänzungen und Löschungen, die notwendig sind, um zwei Sequenzen ineinander zu überführen). Dabei zeigte sich, dass die Konfidenzintervalle der Levenshtein-Distanzen bei den beiden Studierendengruppen sehr klein sind und fast konstante Mittelwerte der relativen Ähnlichkeit der Transitionssequenzen bei allen Aufgaben vorliegen. Bei den Expert:innen gibt es hingegen deutliche Abweichungen bei einzelnen Aufgaben, bei denen niedrige mittlere Levenshtein-Distanzen und insgesamt auch größere Konfidenzintervalle darauf hindeuten, dass die Expert:innen je nach Aufgabe und auch im Vergleich untereinander eher unterschiedlich in der Aufgabebearbeitung vorgehen (Graulich et al., 2022). Unterschiede zwischen Expert:innen und Studierenden zeigen sich auch bei der inhaltlichen Auswertung der in die Erklärungen einbezogenen fachlichen Konzepte. Auf Basis von Netzwerkanalysen ließ sich zeigen, dass Studierende vor allem Struktur-Eigenschafts-Beziehungen aus den Strukturformeln ableiten, während die Expert:innen ihre Erklärungen auf Basis übergreifender chemischer Konzepte und Prinzipien strukturieren (Asmussen et al., 2022).

In einer weiterführenden Analyse wurde das visuelle Dekodierverhalten der Studierenden bei der Bearbeitung der Fallvergleiche nochmals weitergehend untersucht und gezielt die Anfänger:innen und die fortgeschrittenen Studierenden verglichen (Rodemer et al., 2020). Durch die Etablierung eines neuartigen Eye-Tracking-Maßes, des Fixations-Transitionsverhältnisses, konnte ein unterschiedliches Betrachtungsverhalten beobachtet werden. Fortgeschrittene Studierende sind zum einen schneller in ihrer Entscheidungsfindung und wechseln zum anderen häufiger zwischen unterschiedlichen Teilen der Repräsentationen, was auf eine höhere Selektivität für chemisch relevante Entitäten hinweist. Fortgeschrittene Studierende zeigen demnach ein eher vergleichendes Dekodierverhalten, was der Zielstellung von Fallvergleichsaufgaben stärker entspricht als das eher fokussierte Dekodierverhalten (im Sinne von mehr und längeren Fixationen bei weniger Transitionen) bei den Anfänger:innen (Rodemer et al., 2020). Es zeigt sich aber auch, dass die Anzahl der visuellen Merkmale der Repräsentationen wichtiger zu sein scheint als inhaltspezifische Faktoren hinsichtlich der visuellen Aufmerksamkeitsverteilung (Rodemer et al., 2020). Diesbezüglich beobachteten auch andere Studien einen großen Einfluss auf das Dekodierverhalten bei größeren und visuell komplexen Molekülen oder nicht-prototypischen Reaktionen und Aufgaben (Baluyut & Holme, 2019).

Basierend auf den Ergebnissen lässt sich insbesondere festhalten, dass die Proband:innen der Studierendengruppen ein ähnliches Blickverhalten zeigen, das sich jedoch erkennbar von den Expert:innen unterscheidet. Um die Studierenden bei der Verknüpfung von Repräsentationen mit fachlichen Konzepten zu unterstützen, wurde in einer zweiten Projektphase auf den Ansatz der *eye movement modeling examples* (EMME) zurückgegriffen. Dabei handelt es sich um Aufzeichnungen von Blickbewegungen von Expert:innen bei der Bearbeitung von Problemlöseaufgaben (Jarodzka et al., 2013), in diesem Fall von Aufgaben im Kontext von Reaktionsmechanismen. Diese Blickbewegungen sollten die Aufmerksamkeit der Lernenden auf die thematisch relevanten Merkmale der Darstellung lenken (van Gog et al., 2009). Die Modellierung der Blickbewegungen sollte zudem die dynamische und adaptive visuelle, mechanistische Herangehensweise einer Expertin oder eines Experten nachahmen, was es den Lernenden wiederum ermöglichen sollte, diesen Prozess nachzuvollziehen und für sich nutzbar zu machen. Dadurch sollten vor allem Noviz:innen in ihren Wahrnehmungsfähigkeiten angeleitet werden (van Gog et al., 2009).

Die oben dargestellten Auswertungen der Expertise-Vergleichsstudie deutete im Detail jedoch darauf hin, dass die Gruppe der Expert:innen in ihrem visuellen Blickverhalten wenig homogen ist, so dass das Blickverhalten im Vergleich der Expert:innen untereinander, aber auch über den Verlauf der Bearbeitung der einzelnen Aufgaben erkennbar variiert (Graulich et al., 2022). Eine Folgerung aus diesen Ergebnissen war, dass die Auswahl eines Blickmodells nicht ohne weiteres begründet möglich war, da sich die Frage stellte, wie ähnlich oder unähnlich die Blickbewegungen zwischen Expert:innen und Lernenden sein dürfen oder sein sollten, um für die Lernenden als Unterstützung wirksam zu sein. Im Rahmen des Projekts wurde sich (vergleichbar mit weiteren Studien im Bereich EMME, z. B. Jarodzka et al., 2010; Krebs et al., 2019) dazu entschieden, für die weitere Entwicklung der Instruktionsmaterialien eine „Didaktisierung“ der Erklärung und auch des Blickmodells vorzunehmen. Entsprechend wurde zu ausgewählten Fallvergleichsaufgaben eine didaktisch optimierte Erklärung entwickelt (d. h. geskripted), mit Expert:innen sowie mit Lehrbüchern inhaltlich abgestimmt, und auf dieser Grundlage die dynamische Hervorhebung von

relevanten Teilen des dargestellten Mechanismus abgeleitet. Beides wurde dann in der Entwicklung von Erklärvideos als Instruktionsformat zusammengeführt (Bernholt et al., subm.).

Um die Aufmerksamkeit der Studierenden auf die relevanten Teile der abgebildeten Aufgabenstellung zu lenken, wurden verschiedene Hervorhebungen implementiert. Insgesamt wurden zu drei Einflussfaktoren auf den Verlauf von Substitutionsreaktionen (Nukleophilie, Abgangsgruppenqualität, Substrateffekte) jeweils drei Videovarianten erstellt (ohne Hervorhebungen, mit statischen oder dynamischen Hervorhebungen). Auf der Grundlage der Literatur erwarteten wir, dass die zeitliche und räumliche Ausrichtung der dynamischen Hervorhebung einen Mehrwert gegenüber der alleinigen räumlichen Ausrichtung von farblich hervorgehobenen Funktionsgruppen hat (Boucheix & Lowe, 2010; Jarodzka et al., 2013). Beide Hervorhebungstechniken sollten jedoch Vorteile gegenüber der Kontrollbedingung ohne Hervorhebungen aufweisen. Während die verbalen Erklärungen über die drei Varianten identisch waren, variierte die Darstellung bestimmter Hervorhebungen zwischen den Videos. In einer randomisierten Kontrollgruppenstudie wurden die Videos 171 Studierenden der Einführungsvorlesung der Organischen Chemie an den Standorten Kiel und Gießen vorgelegt. Diese quantitative Vergleichsstudie umfasste einen Vor- und Nachtest sowie die Erhebung spezifischer weiterer Variablen (Demografika, wahrgenommene kognitive Belastung, Evaluationsfragen hinsichtlich der Videos) (Rodemer et al., 2021). In einer zusätzlichen Teilstudie wurde die Betrachtung der Videos durch weitere 28 Studierende zudem mit Hilfe eines Eye-Trackers erhoben, um einen Einblick in die Verarbeitung der Videos durch die Studierenden zu gewinnen (Rodemer et al., 2022).

Die Ergebnisse zeigten, dass Studierende, die die Videos mit dynamischen Hervorhebungen (EMME) sahen, in direkten Reproduktionsaufgaben elaboriertere Antworten gaben. Im Lernzuwachs vom Vor- zum Nachtest zeigte sich ein signifikanter Lernzuwachs, der aber nicht im Zusammenhang mit dem implementierten Hervorhebungsformat unterschiedlich ausfiel. Weitergehende Analyseschritte zeigten jedoch auch, dass geringes Vorwissen sowohl durch statische als auch durch dynamische Hervorhebungen z. T. kompensiert wird. Die Ergebnisse sprechen für den Einsatz geeigneter Hervorhebungstechniken in Lehrformaten, um eine stärkere Verbindung zwischen konzeptionellem Wissen und Repräsentationen zu fördern (Rodemer et al., 2021).

In der Eye-Tracking-Teilstudie wurde die Nutzung der Videos durch die Studierenden nochmals genauer mit Hilfe eines Eye-Trackers untersucht, um einen Einblick in die Verarbeitung der Videos durch die Studierenden zu gewinnen. Dabei kamen dieselben Videos zum Einsatz, allerdings wurde die Video-Zuordnung so variiert, dass jede:r Proband:in jede der drei Hervorhebungsvarianten vorgelegt bekam (*within-subjects design*). Die Zusammenstellung der Varianten wurde über ein Latin-Square-Design mit drei Gruppen realisiert, um für Sequenzierungs- und Inhaltseffekte der Lehrvideos zu kontrollieren. Mit Hilfe des Eye-Trackers wurden die Blickbewegungen der Chemie-Studierenden aufgenommen, während sie sich die drei Videos ansahen. Neben dem Vor- und Nachtest sowie den Reproduktionsaufgaben wurde darüber hinaus die wahrgenommene kognitive Belastung erhoben. Die Ergebnisse unterstreichen die o.g. Schlussfolgerungen, dass dynamische Hervorhebungen den Studierenden helfen, ihre Aufmerksamkeit besser auf die relevanten Merkmale der Repräsentationen zu richten, und zwar praktisch über die gesamte Dauer der Videopräsentation. Darüber hinaus erhöhten dynamische Hervorhebungen die

Behaltensleistung der Studierenden, während sie die wahrgenommene kognitive Belastung verringerten. Insgesamt deuten die Ergebnisse darauf hin, dass die Kombination von Hervorhebungstechniken mit dem Prinzip der zeitlichen Kontiguität in Lehrvideos von entscheidender Bedeutung ist, um Studierende zu unterstützen, Informationen aus komplexen Repräsentationen gezielter abzuleiten und ihren Lernerfolg zu verbessern (Rodemer et al., 2022).

Der Blick über den (Projekt-)Tellerrand

Wie auf Basis der beiden Eye-Tracking-bezogenen Teilstudien im Rahmen des Projekts EYE-OC aufgezeigt, lassen sich Blickbewegungen von Proband:innen unter sehr unterschiedlichen Fragestellungen und mit sehr unterschiedlichen Auswertungsschritten und -prozeduren betrachten. Die Bandbreite an Fragestellungen zu systematisieren und die auf Basis dieser Forschungsbemühungen gewonnenen Erkenntnisse zusammenzutragen war immer wieder Ziel von Reviews und Meta-Analysen (wie oben schon genannt bspw. von Tinker, 1958 oder von Hahn & Klein, 2022). In den letzten Jahren sind zahlreiche solcher Ansätze publiziert worden, z.T. allgemein zum Bereich Eye-Tracking (Lai et al., 2013), z.T. auch mit Blick auf bestimmte Forschungsgebiete (Lesen: Rayner, 1998, Mathematik- oder Physikdidaktik: Strohmaier et al., 2020; Hahn & Klein, 2022), Forschungsparadigmen (Expertiseunterschiede: Gegenfurtner et al., 2011), Lernbereiche (Digitale Lernumgebungen: Yang et al., 2018; Multimedia: Alemdag & Cagiltay, 2018), Personengruppen (Lehrkräfte: Beach & McConnel, 2018) oder Methodiken (Pupillometrie: van der Wel & van Steenbergen, 2018) (vgl. Abb. 1).

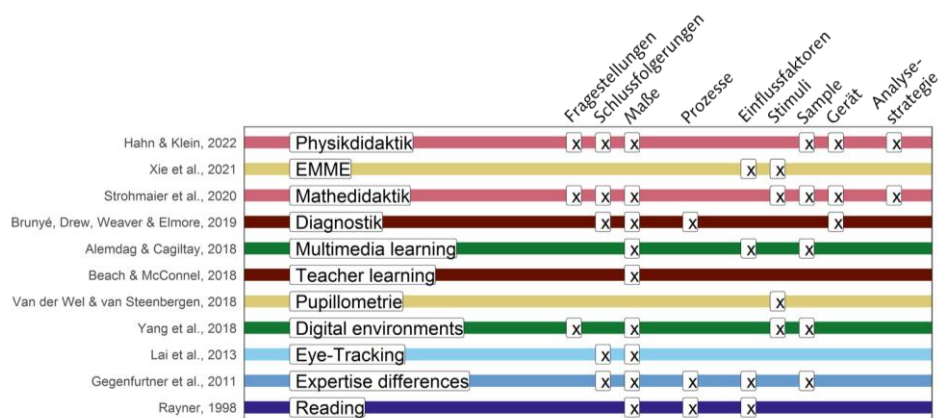


Abb. 1: Übersicht über Review- und meta-analytische Studien mit ihren jeweiligen Schwerpunkten

Im Vergleich dieser Überblicksartikel wird deutlich, dass diese (wenig überraschend) spezifische Schwerpunkte legen, dass jedoch insb. der Aspekte der verwendeten Eye-Tracking-Maße und deren Interpretation im Rahmen der zugrundeliegenden Forschungsbeiträge die zentrale durchgehende Achse darstellt. Während der Fokus auf zeitliche Abläufe und Prozesse sich eher in älteren Beiträgen findet, finden weitere technische Aspekte (eine genauere Klassifikation der verwendeten Stimuli, das verwendete Eye-

Tracking-System, die Analysestrategie) verstärkt in neueren Beiträgen Berücksichtigung. Dies spiegelt auch die wiederholte Kritik wieder, dass diese relevanten technischen Angaben in vielen Forschungsbeiträgen nicht aufgeführt werden, was ein Nachvollziehen oder gar eine Replikation von Studien massiv erschwert (Holmqvist et al., 2022; Strohmaier et al., 2020). Wenngleich diese technischen Aspekte von zentraler Bedeutung sind, wird in den Review-Beiträgen jedoch vielfach auch beklagt, dass die Fragestellungen inhaltlich nicht gut theoretisch abgeleitet sind oder mit methodischen Verfahren untersucht werden, die nicht zu diesen Fragestellungen passen. So beklagen Lai et al. (2013), dass die Blickbewegungsdaten in den analysierten Studien oftmals nur unter dem Blickwinkel einer Aufmerksamkeitsverteilung in Echtzeit ausgewertet wurden, nicht jedoch hinsichtlich der zugrundeliegenden kognitiven Mechanismen, die gemäß der Forschungsfragen in den Blick genommen werden sollten. So verwischen oft unterschiedliche Interpretation der erhobenen Blickbewegungsdaten, ohne dass ersichtlich ist, worauf die jeweiligen Perspektiven zurückgeführt werden. So indizieren Blickbewegungsdaten in erster Linie momentane Aufmerksamkeitsprozesse, zumindest solange die „verfügbare“ visuelle Umgebung vor unseren Augen für die Aufgabe, die wir untersuchen möchten, relevant ist (Hyönä, 2010). Blickbewegungsdaten indizieren jedoch nicht den Inhalt der Vorstellungen, die wir mental bilden (Ferreira & Yang, 2019) und sie unterliegen auch nicht einer Gesetzmäßigkeit per se, sondern bedürfen einer kontextabhängigen Interpretation (Hayhoe, 2004; Schindler & Lilienthal, 2019). Auch wenn dieser Sachverhalt immer wieder betont wird, wird in den Review-Beiträgen immer wieder angeführt, dass oftmals eher pragmatische Sichtweise in den analysierten Studien vorherrschen (Hahn & Klein, 2022; Holmqvist et al., 2011; Lai et al., 2013; Strohmaier et al., 2020). Neben generellen oder in bestimmten Forschungsbereichen festzustellenden Hot Spots und Blind Spots findet sich in den o.g. Review-Beiträgen daher immer wieder die Forderung nach einer stärkeren theoretischen Fundierung und theoriebasierten Auswahl und Begründung von Eye-Tracking-Maßen. Darüber hinaus sollte nicht nur die (kumulierte) Aufmerksamkeitsverteilung in den Blick genommen werden, sondern auch (wieder) verstärkt der Fokus auf Sequenzanalysen und die Betrachtung zeitkritischer (Lösungs- und Bearbeitungs-)Prozesse gelegt werden (Lai et al., 2013; Strohmaier et al., 2020). Weitere Desiderata, die sich wiederholt in den o.g. Review-Beiträgen finden, beziehen sich vor allem auf methodische Aspekte (Alemdag & Cagiltay, 2018; Hahn & Klein, 2022; Lai et al., 2013; Strohmaier et al., 2020). So sollen mögliche Freiheitsgrade bei den verwendeten Stimuli und den Erhebungsgeräten besser ausgenutzt und nicht durch artifizielle Bearbeitungssettings Artefakte in den Daten erzeugt werden. Bei der Erhebungsdurchführung sollte insbesondere die Sampling-Strategie stärker berücksichtigt und transparenter in den Publikationen dargestellt werden, inkl. der Implikationen bei der Interpretation der erhobenen Daten. Die Validität dieser Interpretation und Schlussfolgerungen können auch die eine stärkere Verwendung von Methoden- und Datentriangulationen unterstützt werden.

Der Blick nach vorn: Aktuelle Entwicklungen

Viele der o.g. Desiderata werden in aktuellen Forschungsvorhaben bereits aufgegriffen. So werden mit Blick auf eine Datentriangulation neben „klassischen“ Maßen wie Performanz und Reaktionszeiten zunehmend auch weitere Maße in Studien erhoben und mit Blickbewegungsdaten in Zusammenhang gebracht. Dazu gehören bspw. Mimik, Gestik,

physiologische Maße (EEG o.ä.), Interviewdaten (Lautes Denken) oder Selbstberichte (bspw. zu affektiven Variablen). Neuerungen finden hier aktuell vor allem im Bereich von Prozessmaßen statt, bspw. bei der Aufzeichnung von Kopf-, Körper- und Effektorbewegungen (Ballenghein et al., 2020; Kaakinen et al., 2018) oder von physiologischen Maßen (Gwizdka et al., 2017; Mason et al., 2020). Diese technischen und methodischen Weiterentwicklungen werfen jedoch auch datenschutzrelevante Fragen auf, da sich durch die erhobenen Daten zunehmend auch personenbezogene Informationen ableiten lassen (Kröger et al., 2020).

Im Sinne einer Flexibilisierung von Stimuli und Erhebungen lassen sich nicht mehr nur die Blickbewegungen einzelner Personen, sondern auch mehrerer Personen und deren Interaktion auswerten. Damit werden auch Fragestellungen bspw. hinsichtlich der Interaktion zwischen Lehrkraft und Lernenden (Haataja et al., 2021) oder zwischen mehreren Lernenden (Goldberg et al., 2021) im Unterricht untersuchbar. Neben einer Erhöhung der Personenanzahl rücken damit auch „echte“ Klassenräume in den Möglichkeitsraum von Eye-Tracking-Studien, was insb. als Gewinn im Sinne einer erhöhten ökologischen Validität und Authentizität angesehen wird (Kaakinen, 2021).

Durch technologische Entwicklungen wird die Verknüpfung von Eye-Tracking mit Virtual und Augmented Reality (VR/AR) vorangetrieben. Durch die inzwischen modular mögliche Integration von Eye-Tracking-Sensoren in entsprechende Brillen sind zusätzliche Erhebungsszenarien und die Nutzung bereits bestehender VR/AR-Umgebungen möglich. (Clay et al., 2019). Ebenfalls durch technologische Entwicklungen wird auch die Schnittstelle zum Bereich Machine Learning ausgebaut. Da bei der Analyse von Blickbewegungsdaten (und insb. im Falle von mehreren zeitgleich zu erhebenden Proband:innen und/oder der Erhebung multipler Datenquellen) enorme Datenmengen anfallen, können bei deren Verarbeitung Verfahren aus dem Bereich Machine Learning unterstützen. Dies betrifft zum einen die unmittelbare Datenverarbeitung, bspw. bei der Kalibrierung oder der Detektion und Klassifikation bestimmter Ereignisse oder Verläufe (Klaib et al., 2021), zum anderen aber auch die eigentliche Datenanalyse (Krol & Krol, 2012; Wu et al., 2020).

Während diese Entwicklungen zum einen eher durch das Ziel einer „holistischeren“ Betrachtung von Lernen getrieben sind, die Datenerhebungen in authentischeren Lernumgebungen und die Berücksichtigung sozialer Komponenten von Lehr-Lernprozessen ermöglichen, spielen zum anderen auch pragmatische Argumente im Sinne möglicher Potenziale, der Machbarkeit, einer stärkeren Kontrollierbarkeit von Untersuchungssettings oder auch nur bezüglich (wahrgenommener) Bedarfe der Erhebung und Auswertung im Sinne notwendiger Geschwindigkeit oder der Anforderungen des Datenumfanges eine Rolle. Mit Blick auf die o.g. Desiderata und Kritikpunkte, die zusammenfassend aus den betrachteten Review-Beiträgen abgeleitet wurden, bleibt hier kritisch zu prüfen, ob und wie hier eine stärkere theoretische Fundierung und theorie-basierte Auswahl und Begründung von Eye-Tracking-Maßen und diesbezüglichen Auswertungsstrategien erreicht werden können (Kaakinen, 2021). Hinzu kommt, dass durch die Komplexitätssteigerung der Erhebungssettings auch eine Vervielfachung von Einflussfaktoren vorliegt, dass technische Probleme bei der Erhebung und Auswertung von multisensorischen und multi-channel Daten berücksichtigt werden müssen und dass Konfundierungen durch raum- und zeitveränderliche Zusammenhänge auftreten können (bspw. im Sinne des sog. binding problems; Singer, 2001). Die aktuellen technologischen Entwicklungen machen Eye-Tracking zunehmend flexibel einsetzbar, aber damit gehen somit auch spezifische Herausforderungen einher. Diese

betreffen insbesondere den Bereich der Theoriebildung und hierbei insbesondere zu den zugrundeliegenden Prozessen, die wir in unseren Untersuchungsumgebungen auslösen (und z.T. auch abzubilden versuchen). Diese Weiterentwicklung der theoretischen Fundierung von Designs und Auswertungsstrategien erscheint notwendig, um die Potenziale der Methode Eye-Tracking zur Erkenntnisgewinnung bei Lehr-Lernprozessen tatsächlich ausspielen zu können. Dies umfasst insbesondere auch die Entwicklung gegenstandsbezogener Theorien in den Fachdidaktiken.

Literatur

- Ainsworth, S. (2006). DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning and Instruction*, 16(3), 183–198. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2006.03.001>
- Alemdag, E. & Cagiltay, K. (2018). A systematic review of eye tracking research on multimedia learning. *Computers & Education*, 125(2), 413–428. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.06.023>
- Alfieri, L., Nokes-Malach, T. J. & Schunn, C. D. (2013). Learning Through Case Comparisons: A Meta-Analytic Review. *Educational Psychologist*, 48(2), 87–113. <https://doi.org/10.1080/00461520.2013.775712>
- Asmussen, G., Rodemer, M., Eckhard, J. & Bernholt, S. (2022). From free association to goal-directed problem-solving: Network analysis of students' use of chemical concepts in mechanistic reasoning. In N. Graulich & G. V. Shultz (Hrsg.), *Student Reasoning in Organic Chemistry: Research Advances and Evidence-based Instructional Practices* (S. 90–109). Royal Society of Chemistry.
- Ballenghein, U., Kaakinen, J. K., Tissier, G. & Baccino, T. (2020). Cognitive engagement during reading on digital tablet: Evidence from concurrent recordings of postural and eye movements. *Quarterly journal of experimental psychology (2006)*, 73(11), 1820–1829. <https://doi.org/10.1177/1747021820931830>
- Baluyut, J. Y. & Holme, T. A. (2019). Eye tracking student strategies for solving stoichiometry problems involving particulate nature of matter diagrams. *Chemistry Teacher International*, 1(1). <https://doi.org/10.1515/cti-2018-0003>
- Beach, P. & McConnel, J. (2018). Eye tracking methodology for studying teacher learning: A review of the research. *International Journal of Research & Method in Education*, 42(5), 485–501. <https://doi.org/10.1080/1743727X.2018.1496415>
- Bernholt, S., Eckhard, J., Rodemer, M., Langner, A., Asmussen, G. & Graulich, N. (subm.). Designing tutorial videos to support students' learning of reaction mechanisms in organic chemistry. In Y. J. Dori, C. Ngai & G. A. Szeinberg (Hrsg.), *Digital Learning and Teaching in Chemistry: An International and Inclusive Approach*. Royal Society of Chemistry.
- Bhattacharyya, G. (2014). Trials and tribulations: Student approaches and difficulties with proposing mechanisms using the electron-pushing formalism. *Chemistry Education Research and Practice*, 15(4), 594–609. <https://doi.org/10.1039/C3RP00127J>
- Bodé, N. E., Deng, J. M. & Flynn, A. B. (2019). Getting Past the Rules and to the WHY: Causal Mechanistic Arguments When Judging the Plausibility of Organic Reaction Mechanisms. *Journal of Chemical Education*, 96(6), 1068–1082. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.8b00719>
- Boucheix, J.-M. & Lowe, R. K. (2010). An eye tracking comparison of external pointing cues and internal continuous cues in learning with complex animations. *Learning and Instruction*, 20(2), 123–135. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2009.02.015>
- Caspari, I., Kranz, D. & Graulich, N. (2018). Resolving the complexity of organic chemistry students' reasoning through the lens of a mechanistic framework. *Chemistry Education Research and Practice*, 19(4), 1117–1141. <https://doi.org/10.1039/C8RP00131F>
- Clay, V., König, P. & König, S. (2019). Eye Tracking in Virtual Reality. *Journal of eye movement research*, 12(1). <https://doi.org/10.16910/jemr.12.1.3>
- Ferreira, F. & Yang, Z. (2019). The Problem of Comprehension in Psycholinguistics. *Discourse Processes*, 56(7), 485–495. <https://doi.org/10.1080/0163853X.2019.1591885>
- Gegenfurtner, A., Lehtinen, E. & Säljö, R. (2011). Expertise Differences in the Comprehension of Visualizations: A Meta-Analysis of Eye-Tracking Research in Professional Domains. *Educational Psychology Review*, 23(4), 523–552. <https://doi.org/10.1007/s10648-011-9174-7>
- Goldberg, P., Schwerter, J., Seidel, T., Müller, K. & Stürmer, K. (2021). How does learners' behavior attract preservice teachers' attention during teaching? *Teaching and Teacher Education*, 97, 103213. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2020.103213>
- Graulich, N. (2015). The tip of the iceberg in organic chemistry classes: How do students deal with the invisible? *Chemistry Education Research and Practice*, 16(1), 9–21. <https://doi.org/10.1039/C4RP00165F>

- Graulich, N., Rodemer, M., Eckhard, J. & Bernholt, S. (2022). Gibt es ideale Blickmodelle zur Förderung der Lernenden beim Lösen organisch-chemischer Aufgaben? In P. Klein, N. Graulich, J. Kuhn & M. Schindler (Hrsg.), *Eye-Tracking in der Mathematik- und Naturwissenschaftsdidaktik: Forschung und Praxis* (S. 1–18). Springer Spektrum.
- Graulich, N. & Schween, M. (2018). Concept-Oriented Task Design: Making Purposeful Case Comparisons in Organic Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 95(3), 376–383. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.7b00672>
- Grove, N. P., Cooper, M. M. & Rush, K. M. (2012). Decorating with Arrows: Toward the Development of Representational Competence in Organic Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 89(7), 844–849. <https://doi.org/10.1021/ed2003934>
- Gwizdzka, J., Hosseini, R., Cole, M. & Wang, S. (2017). Temporal dynamics of eye-tracking and EEG during reading and relevance decisions. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, 68(10), 2299–2312. <https://doi.org/10.1002/asi.23904>
- Haataja, E., Salonen, V., Laine, A., Toivanen, M. & Hannula, M. S. (2021). The Relation Between Teacher-Student Eye Contact and Teachers' Interpersonal Behavior During Group Work: A Multiple-Person Gaze-Tracking Case Study in Secondary Mathematics Education. *Educational Psychology Review*, 33(1), 51–67. <https://doi.org/10.1007/s10648-020-09538-w>
- Hahn, L. & Klein, P. [P.] (2022). Eye tracking in physics education research: A systematic literature review. *Physical Review Physics Education Research*, 18(1), 225. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.18.013102>
- Hayhoe, M. M. (2004). Advances in Relating Eye Movements and Cognition. *Infancy*, 6(2), 267–274. https://doi.org/10.1207/s15327078in0602_7
- Holmqvist, K., Nyström, M., Andersson, R., Dewhurst, R., Jarodzka, H. & van de Weijer, J. (2011). *Eye tracking: A comprehensive guide to methods and measures* (First edition). Oxford University Press.
- Holmqvist, K., Örbom, S. L., Hooge, I. T. C., Niehorster, D. C., Alexander, R. G., Andersson, R., Benjamins, J. S., Blignaut, P., Brouwer, A.-M., Chuang, L. L., Dalrymple, K. A., Drieghe, D., Dunn, M. J., Ettinger, U., Fiedler, S., Foulsham, T., van der Geest, J. N., Hansen, D. W., Hutton, S. B., . . . Hessels, R. S. (2022). Eye tracking: Empirical foundations for a minimal reporting guideline. *Behavior research methods*.
- Huey, E. B. (1908). *The Psychology and Pedagogy of Reading*. Macmillan.
- Hyönä, J. (2010). The use of eye movements in the study of multimedia learning. *Learning and Instruction*, 20(2), 172–176. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2009.02.013>
- Jarodzka, H., Scheiter, K., Gerjets, P. & van Gog, T. (2010). In the eyes of the beholder: How experts and novices interpret dynamic stimuli. *Learning and Instruction*, 20(2), 146–154. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2009.02.019>
- Jarodzka, H., van Gog, T., Dorr, M., Scheiter, K. & Gerjets, P. (2013). Learning to see: Guiding students' attention via a Model's eye movements fosters learning. *Learning and Instruction*, 25, 62–70. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2012.11.004>
- Javal, L. É. (1878). Essai sur la physiologie de la lecture. *Annales d'Oculistique*(79), 97–117.
- Kaakinen, J. K. (2021). What Can Eye Movements Tell us about Visual Perception Processes in Classroom Contexts? Commentary on a Special Issue. *Educational Psychology Review*, 33(1), 169–179. <https://doi.org/10.1007/s10648-020-09573-7>
- Kaakinen, J. K., Ballenghein, U., Tissier, G. & Baccino, T. (2018). Fluctuation in cognitive engagement during reading: Evidence from concurrent recordings of postural and eye movements. *Journal of experimental psychology. Learning, memory, and cognition*, 44(10), 1671–1677. <https://doi.org/10.1037/xlm0000539>
- Klaib, A. F., Alsrehin, N. O., Melhem, W. Y., Bashtawi, H. O. & Magableh, A. A. (2021). Eye tracking algorithms, techniques, tools, and applications with an emphasis on machine learning and Internet of Things technologies. *Expert Systems with Applications*, 166(1), 114037. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2020.114037>
- Krebs, M.-C., Schüler, A. & Scheiter, K. (2019). Just follow my eyes: The influence of model-observer similarity on Eye Movement Modeling Examples. *Learning and Instruction*, 61, 126–137. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2018.10.005>
- Kröger, J. L., Lutz, O. H.-M. & Müller, F. (2020). What Does Your Gaze Reveal About You? On the Privacy Implications of Eye Tracking. In M. Friedewald, M. Önen, E. Lievens, S. Krenn & S. A. Fricker (Hrsg.), *Privacy and identity management: Data for better living: AI and privacy* (S. 226–241). Springer.
- Krol, M [Michael] & Krol, M [Magdalena] (2012). A novel approach to studying strategic decisions with eye-tracking and machine learning. *Judgment and Decision Making*, 12(6), 596–609.
- Lai, M.-L., Tsai, M.-J., Yang, F.-Y., Hsu, C.-Y., Liu, T.-C., Lee, S. W.-Y., Lee, M.-H., Chiou, G.-L., Liang, J.-C. & Tsai, C.-C. (2013). A review of using eye-tracking technology in exploring learning from 2000 to 2012. *Educational Research Review*, 10(5), 90–115. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2013.10.001>

- Mason, L., Zaccoletti, S., Scrimin, S., Tornatora, M. C., Florit, E. & Goetz, T. (2020). Reading with the eyes and under the skin: Comprehending conflicting digital texts. *Journal of Computer Assisted Learning*, 36(1), 89–101. <https://doi.org/10.1111/jcal.12399>
- Rayner, K. (1993). Eye Movements in Reading: Recent Developments. *Psychological Science*, 2(3), 81–85.
- Rayner, K. (1998). Eye movements in reading and information processing: 20 years of research. *Psychological Bulletin*, 124(3), 372–422.
- Rodemer, M., Eckhard, J., Graulich, N. & Bernholt, S. (2020). Decoding Case Comparisons in Organic Chemistry: Eye-Tracking Students' Visual Behavior. *Journal of Chemical Education*, 97(10), 3530–3539. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00418>
- Rodemer, M., Eckhard, J., Graulich, N. & Bernholt, S. (2021). Connecting explanations to representations: Benefits of highlighting techniques in tutorial videos on students' learning in organic chemistry. *International Journal of Science Education*, 43(17), 2707–2728. <https://doi.org/10.1080/09500693.2021.1985743>
- Rodemer, M., Lindner, M. A., Eckhard, J., Graulich, N. & Bernholt, S. (2022). Dynamic signals in instructional videos support students to navigate through complex representations: An eye-tracking study. *Applied Cognitive Psychology*, 36(4), 852–863. <https://doi.org/10.1002/acp.3973>
- Schindler, M. & Lilienthal, A. J. (2019). Domain-specific interpretation of eye tracking data: Towards a refined use of the eye-mind hypothesis for the field of geometry. *Educational Studies in Mathematics*, 101(1), 123–139. <https://doi.org/10.1007/s10649-019-9878-z>
- Singer, W. (2001). Consciousness and the binding problem. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 929, 123–146. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2001.tb05712.x>
- Strohmaier, A. R., MacKay, K. J., Obersteiner, A. & Reiss, K. M. (2020). Eye-tracking methodology in mathematics education research: A systematic literature review. *Educational Studies in Mathematics*, 104(2), 147–200. <https://doi.org/10.1007/s10649-020-09948-1>
- Taasoobshirazi, G. & Glynn, S. M. (2009). College students solving chemistry problems: A theoretical model of expertise. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(10), 1070–1089. <https://doi.org/10.1002/tea.20301>
- Tinker, M. A. (1958). Recent studies of eye movements in reading. *Psychological Bulletin*, 55(4), 215–231. <https://doi.org/10.1037/h0041228>
- van der Wel, P. & van Steenbergen, H. (2018). Pupil dilation as an index of effort in cognitive control tasks: A review. *Psychonomic bulletin & review*, 25(6), 2005–2015. <https://doi.org/10.3758/s13423-018-1432-y>
- van Gog, T., Jarodzka, H., Scheiter, K., Gerjets, P. & Paas, F. G. (2009). Attention guidance during example study via the model's eye movements. *Computers in Human Behavior*, 25(3), 785–791. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2009.02.007>
- van Meeuwen, L. W., Jarodzka, H., Brand-Gruwel, S., Kirschner, P. A., Bock, J. J. de & van Merriënboer, J. J. G. (2014). Identification of effective visual problem solving strategies in a complex visual domain. *Learning and Instruction*, 32, 10–21. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2014.01.004>
- Wu, Y., Liu, Z., Jia, M., Tran, C. C. & Yan, S. (2020). Using Artificial Neural Networks for Predicting Mental Workload in Nuclear Power Plants Based on Eye Tracking. *Nuclear Technology*, 206(1), 94–106. <https://doi.org/10.1080/00295450.2019.1620055>
- Yang, F.-Y., Tsai, M.-J., Chiou, G.-L., Lee, S. W.-Y., Chang, C.-C. & Chen, L.-L. (2018). Instructional Suggestions Supporting Science Learning in Digital Environments Based on a Review of Eye Tracking Studies. *Journal of Educational Technology & Society*, 21(2), 28–45.

Olaf Krey¹
 Dietmar Höttecke²
 Lutz Kasper³
 Thorid Rabe⁴
 Rita Wodzinski⁵
 Thomas Zügge⁶

¹Universität Augsburg
²Universität Hamburg
³PH Schwäbisch Gmünd
⁴MLU Halle-Wittenberg
⁵Universität Kassel
⁶Universität Greifswald

Interesse revisited

Zusammenfassung. In der deutschsprachigen Physikdidaktik ist das Interessenkonstrukt nach Krapp (1992) weit verbreitet, die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten sind zahlreich, die Interessenförderung im MINT-Bereich auch finanziell gut aufgestellt. Dennoch ist Physik für die Schüler*innen der Sekundarstufe 1 das unbeliebteste Fach. Daran haben Kontextorientierung und andere Anstrengungen nichts geändert. Grund genug, die Diskussion über Interesse an Physik noch einmal aufzurollen und vermeintlich Unstrittiges zu hinterfragen. Einige der Diskussionsanlässe oder -stränge dieses Workshops werden im Folgenden kurz skizziert.

Interesse in der Physikdidaktik. Physik (und auch Chemie) sind unbeliebte Fächer bei Schüler*innen. Dieser Befund ist nicht neu und führte auch international zu immer wieder neuen Bemühungen, die Attraktivität naturwissenschaftlichen Unterrichts zu steigern. Ein frühes Beispiel stellen die PSSC-Physikkurse dar (Physical Science Study Committee, 1960). Diese und ähnliche Versuche erzielten in der Regel nicht den gewünschten Erfolg bzgl. des Interesses der Lernenden (Krapp, 1992a, S. 756 f.). Umfassend und systematisch dokumentiert wurde der Ist-Zustand für Deutschland durch die IPN-Interessenstudie (Hoffmann, Häußler & Lehrke, 1998).

Dabei orientierte man sich spätestens seit den 90er Jahren an der im Rückbezug auf die Selbstbestimmungstheorie der Motivation durch Krapp (1992) vorgenommenen Ausschärfung des Interessenkonstrukts, auf die in naturwissenschaftsdidaktischem Kontext auch heute noch regelmäßig zurückgegriffen wird. Interesse wird beschrieben als relationales Konstrukt, das eine herausgehobene Person-Gegenstands-Relation bezeichnet. Unterschieden wird bei Krapp weiter in eine Interessenhandlung (situationales Interesse) und persönliches Interesse, das als „habituelle oder dispositionale Verhaltenstendenz rekonstruiert werden kann.“ (Krapp 1992, S. 325 f.)

Heute bleibt festzuhalten, dass Physik trotz vielfältiger Bemühungen der Physikdidaktik und erheblicher Investitionen in den Bereich MINT-Bildung bzw. MINT-Interessenförderung weiterhin das unbeliebteste Fach ist. Physik wird zwar von Lernenden als gesellschaftlich relevant anerkannt, aber ein persönliches Interesse (im Sinne Krapps) ist nur selten festzustellen (Holstermann & Bögeholz, 2007; Reiss et al., 2015).

Die Erhebung des (jeweils spezifizierten) Interessenkonstrukts findet in der Regel durch Selbsteinschätzung auf einer Ratingskala statt. Es werden also regelmäßig Werte für das durchschnittliche Interesse einzelner Gruppen an bestimmten Themen angegeben. Allerdings finden sich unter den physikdidaktischen Arbeiten vereinzelt auch solche, die sich durch

andere, z.B. qualitative Methoden dem Interessenkonstrukt nähern (z.B. Schick, 1999; Lechte, 2007). Ein Blick in die benachbarten Fachdidaktiken zeigt, dass auch dort das Interesse in vielen Studien miterhoben wird und man sich bzgl. der theoretischen Rahmung ebenfalls auf Krapp (1992) bezieht.

Die Autor*innen dieses Beitrages haben im Rahmen einer Workshopphase während der Tagung *Physikdidaktik – Quo Vadis?* im Sommer 2022 verschiedene Perspektiven zusammengetragen, die eine erneute Beschäftigung mit dem Interessenkonstrukt und der physikdidaktischen Interessensforschung als geboten und lohnend erscheinen ließen. Eine Auswahl dieser z.T. ganz grundsätzlichen Fragen sollen im Folgenden kurz skizziert und ggf. etwas provokant vorgestellt werden.

Rückbesinnung oder Erneuerung? Zunächst lässt sich fragen, ob die Krappsche Definition des Interesses erneuerungsbedürftig ist, oder umgekehrt, ob wir vielleicht die damaligen Ausführungen nur aspekthaft und damit unterkomplex zur Kenntnis genommen und weiter verwendet haben. Beispielsweise schreibt Krapp (1992b, 322): „Über Art und Richtung der Interessen definiert sich die Person und zeigt nach außen, für wen sie sich hält.“ Aus dieser Prämisse folgt, dass Interessenhandlungen dann immer auch als Aussagen über die wahrgenommene Funktion des Gegenstands für die Identitätsentwicklung des Individuums gelesen werden und nur in Bezug auf diese vollständig adäquat interpretiert werden können. Anders formuliert: Haben wir bei unseren Forschungs- und Entwicklungsbemühungen ggf. die Sache überbetont und das Individuum, die Person aus den Augen verloren?

Die negative Seite der positiven Konnotation von Interesse. Der Mehrzahl der Untersuchungen und Entwicklungsarbeiten in der Physikdidaktik liegt das Bild von Desinteresse als einem unerwünschten und von Interesse als einem erwünschten Zustand zugrunde. Dahinter liegt die verbreitete, aber nicht unumstrittene Annahme, dass vor allem positive emotionale Zustände Ausgangspunkte für die Entwicklung stabiler Interessensdispositionen seien (Vogt 2007, Schmidt & Rotgans 2021). Implizites Ziel der physikdidaktischen Bemühungen und auch vieler Förderrichtlinien, so könnte man meinen, ist es also, bei möglichst vielen, wenn nicht allen, Schülerinnen und Schülern situationales Interesse am Unterricht anzuregen, das zu einer (dauerhaften) Zuwendung zum Interessengegenstand führen soll. Verfolgen alle Fächer eine ähnliche Absicht, muss das Ziel unerreichbar bleiben, denn es handelt sich ja bei persönlichem Interesse gerade um eine *herausgehobene* Person-Gegenstands-Relation.

Davon abgesehen stellt sich bereits hier die Frage nach dem Bildungsauftrag der Schule bzw. nach den Zielvorstellungen für einen bildenden Physikunterricht. Die Ausdifferenzierung von Interessen kann als integraler Teil der Persönlichkeitsentwicklung verstanden werden und spielt insbesondere während der (späten) Adoleszenz eine entscheidende Rolle. Kann oder muss es vor diesem Hintergrund nicht auch als bildend und die Persönlichkeit entwickelnd angesehen werden, wenn begründete Entscheidungen gegen die Physik getroffen werden? Oder anders formuliert: Kann ein informiertes und bewusstes Desinteresse an Physik als erfolgreiches Bearbeiten einer Entwicklungsaufgabe und damit als schulischer Bildungserfolg gesehen werden?

Wer diese Frage zum Teil zustimmend beantwortet, wird sich auch der Anschlussfrage nicht verweigern können, ob oder inwiefern wir in den letzten Jahren den gesellschaftlichen Bedarfen zu viel und den individuellen Bedürfnissen der Lernenden zu wenig

Aufmerksamkeit geschenkt haben. Anders formuliert: Haben wir bei dem Versuch, ein möglichst hohes Fach- oder Sachinteresse hervorzubringen, das Individuum seziert und zu wenig beachtet, dass der ganzheitlich gebildete, interessierte und „interessierbare“ Mensch das Ziel schulischer Bildung darstellt?

Methodische Monokultur. Die wesentlichen Befunde der Interessensforschung verdanken wir Vergleichen gruppenspezifischer Mittelwerte (und deren Interpretation), die durch Selbsteinschätzungen auf in der Regel vier- oder fünfstufigen Ratingskalen entstanden sind. Diese Erhebungsform ist zunächst überraschend, wird Interesse von Krapp doch explizit als *individuelles* Relationskonstrukt konzipiert. Das durchschnittliche Interesse einer Gruppe ist hingegen theoretisch völlig unbestimmt. Zu hinterfragen wäre also zum einen die Mittelwertbildung, zum anderen aber auch die Zuschreibung einer Zahl zur Kennzeichnung eines Interesses. Dieser Zuschreibung liegt ja bereits die Annahme der Eindimensionalität des Interessenkonstrukts zugrunde, die theoretisch aber nicht zu rechtfertigen ist. Daran ändert auch die empirische Viabilität dieses Vorgehens wenig. Schließlich muss auch der Ansatz der Selbstauskunft hinterfragt werden. Ist es nicht denkbar, dass z. B. Genderidentitätsaushandlungen die Interessenauskunft überlagern (vgl. Kessels & Hannover, 2004)? Schließlich bleibt unklar, wie eine Person den (in einem Item genannten) Gegenstand, zu dem sie sich in Relation setzt, eigentlich konzipiert. Die Annahme, dass die Person-Gegenstands-Relation auf der Personenseite variabel und auf der Gegenstandsseite unveränderbar sei, wäre vor dem Hintergrund konstruktivistischer Lehr-Lerntheorien und der Ausführungen Krapps mindestens begründungsbedürftig. Bisher liegen nur wenige Studien vor, die fallbasiert Lernwege analysieren oder videografierte Lernsituationen analysieren und empirische Indikatoren für Interesse oder gar Entstehensbedingungen für Interessenshandlungen oder persönliches Interesse in den Blick nehmen. Verfehlen wir durch unsere methodischen Zugänge womöglich das wirklich Interessante?

Die Isolation des Individuums. Interesse bezeichnet eine individuelle Relation zu einem Gegenstand. Die Konstruktion dieser Relation geschieht jedoch eingebettet in einen sozialen Kontext. Dieses soziale Feld und seine soziologischen Merkmale werden aber in den Arbeiten zum Interesse kaum mitgedacht. Wenn wir also besser verstehen wollen, warum Physikunterricht nach wie vor uninteressant ist, lohnt es sich dann vielleicht eine soziologisch informierte Hintergrundtheorie zu formulieren?

Außen hui, innen Physik. Der wesentliche Ansatzpunkt zur Fachinteressensförderung bestand in Deutschland vornehmlich in einer Kontextualisierung physikalischer Inhalte, die sich als Illustration der Anwendbarkeit von Fachinhalten in der „wirklichen Welt“, d. h. außerhalb des Klassenzimmers verstand. Die hierfür gesuchten Kontexte sollten bei Lernenden möglichst beliebt sein, um dem Fachgegenstand ihr Interesse zu „vererben“. Diese Strategie ist weitgehend gescheitert und von den Schüler*innen sozusagen als Etikettenschwindel entlarvt worden. Es ist zu fragen, ob und inwiefern der Physikunterricht nicht deutlich konsequenter von den Lernenden aus gedacht und konzipiert werden müsste, statt die Struktur der Fachphysik weitgehend unverändert zu übernehmen.

Ausblick. Diese und andere Aspekte wurden im Rahmen eines Workshops auf der GDGP-Jahrestagung in Themengruppen z. T. kontrovers diskutiert. Das wesentliche Ergebnis dieses Workshops besteht in der geteilten Einschätzung, dass es lohnt, dem Thema *Interesse* wieder mehr Aufmerksamkeit zukommen zu lassen und sich ihm multidisziplinär und jenseits der

eingefahrenen Hauptstraßen zu nähern. Angedacht ist daher die Planung und Durchführung einer Schwerpunkttagung zu diesem Thema im Jahr 2024.

Literatur

- Hoffmann, L., Häussler, P., & Lehrke, M. (1998). Die IPN-Interessenstudie. Kiel: IPN.
- Holstermann, N., & Bögeholz, S. (2007). Interesse von Jungen und Mädchen an naturwissenschaftlichen Themen am Ende der Sekundarstufe I. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 13, 71–86.
- Kessels, U., & Hannover, B. (2004). Entwicklung schulischer Interessen als Identitätsregulation. In J. Doll & M. Prenzel (Hrsg.), *Bildungsqualität von Schule: Lehrerprofessionalisierung, Unterrichtsentwicklung und Schülerförderung als Strategien der Qualitätsverbesserung* (S. 398–412). Münster: Waxmann.
- Krapp, A. (1992a). Interesse, Lernen und Leistung. Neue Forschungsansätze in der Pädagogischen Psychologie. *Zeitschrift für Pädagogik*, 38(5), 747-770.
- Krapp, A. (1992b). Das Interessenkonstrukt. Bestimmungsmerkmale der Interessenhandlung und des individuellen Interesses aus Sicht einer Person-Gegenstands-Konzeption. In: Krapp, A., Prenzel, M. (Hg.): *Interesse, Lernen, Leistung. Neuere Ansätze der pädagogisch-psychologischen Interessenforschung*. S. 297-329.
- Lechte, M. A. (2008). *Sinnbezüge, Interesse und Physik: Eine empirische Untersuchung zum Erleben von Physik aus Sicht von Schülerinnen und Schülern*. Verlag Barbara Budrich.
- Reiss, K., Sälzer, C., Schiepe-Tiska, A., Klieme, E., & Köller, O. (2016). *PISA 2015. Eine Studie zwischen Kontinuität und Innovation*. Münster, New York: Waxmann.
- Schick, A. (2000). *Der Einfluss von Interesse und anderen selbstbezogenen Kognitionen auf Handlungen im Physikunterricht*. Berlin: Logos
- Schmidt, H. G., & Rotgans, J. I. (2021). Epistemic Curiosity and Situational Interest: Distant Cousins or Identical Twins? *Educational Psychology Review*, 33(1), 325–352. <https://doi.org/10.1007/s10648-020-09539-9>
- Vogt, H. (2007). Theorie des Interesses und des Nicht-Interesses. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung*. (S. 9–20). Berlin, Heidelberg: Springer.

Sebastian Hümbert-Schnurr¹
 Rainer Wackermann²
 Paul Unger³

¹Bergische Universität Wuppertal
²Ruhr-Universität Bochum
³Universität Regensburg

Bildungsziele nachhaltiger Entwicklung lernzielgerecht einbinden

Einleitung und Zielsetzung

Die durch die KMK im Orientierungsrahmen Globale Entwicklung (Schreiber & Siege, 2016) formulierten Kompetenzziele für Bildung nachhaltiger Entwicklung (BNE) haben das Potential eine auf Nachhaltigkeit ausgerichtete Haltung in SuS zu fördern. Allerdings sind die für den MINT-Bereich formulierten Ziele teilweise qualitativ so „unüblich“, dass es mit etablierten Planungswerkzeugen, wie den Basismodellen (BM) Lernen durch Eigenerfahrung (LdE), Konzeptbildung (KB) und Problemlösen (PL) der Basismodelltheorie (BMT) (Oser & Baeriswyl, 2001) schwerfällt, sie organisch und explizit im Unterricht anzulegen. Im hier beschriebenen Workshop wurde daher vorgeschlagen, typische BMs anderer Fächer für den MINT-Unterricht zu adaptieren und so die neuen Kompetenzziele lernzielgerecht einzubinden. Der vorliegende Beitrag beschreibt diesen Workshop und fasst Ergebnisse sowie offene Fragen zusammen. Ziel ist, der geneigten Leserschaft den vorgeschlagenen Ansatz nahezubringen, sie für die Problematik sowie den Entwicklungsbedarf zu sensibilisieren und sie zu motivieren, sich am Diskurs um BNE, am Erproben der BMs und der Erforschung dieses Ansatzes zu beteiligen. Der Beitrag selbst folgt wie der Workshops dem BM *Kontemplatives Lernen*.

Phase 1 – Einleitung: Bildung für Nachhaltige Entwicklung, Lernziele und das Problem¹

Nachhaltigkeit bedeutet, die „Bedürfnisse der Gegenwart befriedigen, ohne zu riskieren, dass zukünftige Generationen ihre Bedürfnisse nicht mehr befriedigen können“ (Hauff & Brundtland, 1987). In der Realität haushaltet die Menschheit teilweise weit über die planetaren Belastungsgrenzen hinaus, sodass eine Entwicklung hin zu mehr Nachhaltigkeit dringend in verschiedene Richtungen notwendig ist. Die UNESCO formuliert dazu 17 Nachhaltigkeitsentwicklungsziele (Schreiber & Siege, 2016). Diese Entwicklung soll die Dimensionen Ökonomie, Ökologie und Soziales verbinden (Niebert, 2021). Wie BNE konkret aussieht, ist noch nicht abschließend klar, da sich neue Ansätze und Konzepte erst bewähren müssen. Was bereits sicher scheint, ist, dass es im Wesentlichen um das Entwickeln einer auf Nachhaltigkeit ausgerichteten Haltung geht, welche die folgenden Kernelemente umfasst: (1) Bedürfnisse der Gegenwart befriedigen, ohne zu riskieren, dass zukünftige Generationen ihre Bedürfnisse nicht mehr befriedigen können, (2) Systemisch-multiperspektivisch-integrativ denken, (3) bei jeder Handlung prüfen, ob sie Nachhaltigkeit fördert. Das Formulieren konkreter Kompetenzziele, wie es durch die KMK und länder-spezifische Leitlinien (Ministerium für Schule und Bildung Nordrhein-Westfalen, 2019) geschieht, sind ein möglicher Schritt in diese Richtung. Die KMK formuliert für den MINT-Bereich elf Kernkompetenzen in drei Kompetenzfeldern:

- *I Erkennen*: Informationsbeschaffung und -verarbeitung (1), Erkennen von Vielfalt (2), Analyse des globalen Wandels (3), Unterscheidung von Handlungsebenen (4)

¹ Das „Lernziel“ des Workshops im Sinne des Kontemplativen Lernens war es, sich auf den neuen Vorschlag für die lernzielgerechte Einbettung von BNE-Zielen mittels BMT einzulassen und ihn individuell, fachlich und in Hinblick auf eine mögliche Umsetzung zu reflektieren.

- *II Bewerten*: Perspektivwechsel und Empathie (5), kritische Reflexion und Stellungnahme (6), Beurteilen von Entwicklungsmaßnahmen (7)
- *III Handeln*: Solidarität und Mitverantwortung (8), Verständigung und Konfliktlösung (9), Handlungsfähigkeit im globalen Wandel (10), Partizipation und Mitgestaltung (11)

Ein Beispiel eines Lernziels in Physik entsprechend einer Bildung für nachhaltige Entwicklung lautet (Schreiber & Siege, 2016, S. 345): *Die Schülerinnen und Schüler nutzen naturwissenschaftliches Fachwissen, um Perspektiven verschiedener Akteure der Energieversorgung einzunehmen und deren Entwicklungsstrategien (hin zu mehr Nachhaltigkeit, Anm. die Verfasser) wertend gegenüberzustellen.* Während die Lernziele des „klassischen“ MINT-Unterrichts insbesondere auf innerfachliche Kompetenzen fokussieren, verlangt BNE, dass der MINT-Unterricht verstärkt personale, interdisziplinäre und sozial-kommunikative Kompetenzen entwickelt. Derartige Kompetenzziele sind in den „MINT-typischen“ BMs nicht angelegt. Doch gibt es „fachfremde“ BMs, die gerade für solche eher persönlichkeitsentwickelnden Lernprozesse ausgelegt sind. Zudem bieten sie im Rahmen der BMT möglicherweise die gleichen Vorteile, die auch die bisherigen BMs auszeichnen: Sie können gerade von Novizen als Werkzeug zur Diagnose sowie Planung von Lerneinheiten verwendet werden, machen Lernenden auch bei ungewohntem übergeordnetem Lernziel den roten Faden klar, können innerhalb einer Reihenplanung aufeinander abgestimmt oder miteinander verschachtelt werden etc. Aus den 14 verschiedenen BMs, die Oser vorstellt (Oser & Baeriswyl, 2001), wurden in Hinblick auf BNE vier BMs identifiziert und für den MINT-Unterricht adaptiert, welche den Kompetenzziele gefordert durch die KMK gerecht werden könnten: *Motilität* (Handlungsmotivation aus emotionaler Spannung, Ziele 1,8,10, 11), *Werteidentität und -aufbau* (kritische Reflexion und Bewertung, Ziele 2-7), *Diskurslernen* (Perspektivwechsel und Konflikte lösen, Ziele 2-10) und *Kontemplatives Lernen* (Selbstverortung, Handlungsebenen erkennen, Ziele 4, 8,10, 11). Die Phase 1 des Workshops endete mit der Bitte, sich auf die folgenden zwei Vorschläge einzulassen.

Phase 2 – Umreißen zweier Basismodellvorschläge für BNE im MINT-Unterricht

Im Folgenden wurden die BMs *Motilität* (M) und *Wertidentität und Werteaufbau* (WW) in ihrer Funktionalität vorgestellt. Auf dieser Basis wurden die Teilnehmenden dann zur Reflexion angeleitet. Das BM *Motilität* unterteilt sich in folgende fünf Phasen:

M1: (Organisatorische) Vorbereitung der SuS: Informativer Einstieg: Fachliche Einbettung, Lernziel, Ablauf der Stunde; Planung der Handlung: Material, Werkzeuge, Hilfsmittel; Emotionale Vorbereitung: „Trigger-Warnung“, auf Umgang mit Emotionen vorbereiten.

M2: Aufbau emotionaler „Berührtheit“: Präsentation emotionaler „Trigger“: Texte, Bilder, Daten, Situationen o.Ä.; handlungsförderndes Bedürfnis in SuS wecken, ohne zu überfordern.

M3: Kognitive Umstrukturierung: Fokuswechsel zu emotional getriebener (kreativer) Handlung, z.B. durch systemische Fragen, angeleitete Imagination, o.Ä.

M4: Transformation der emotionalen Spannung: SuS schaffen (kreatives) Produkt vor Hintergrund ihres Fachwissens, angetrieben durch emotionale Spannung;

M5: Verstärkung und Transfer der Erfahrung: Vernissage: SuS stellen Werke vor und reflektieren Fachbezug; Vergleich mit existierenden Produkten zum gleichen Thema.

Persönlichkeitsentwickelnde Prozesse, auf die dieses BM abzielt, sind insbesondere: Motivation für Veränderung finden, Interesse steigern, Erfolgserlebnisse auch für weniger MINT-Affine, Wechselseitigkeit von Fach und Lebenswelt bzw. Relevanz des Fachs für das eigene

Leben spüren. Damit kann eine Stunde nach dem BM Motilität auch als Perturbation im systemtheoretischen Sinne verstanden werden.

Ein skizzenhaftes Beispiel aus der Unterrichtspraxis: „Den Treibhauseffekt in den Griff bekommen“ – anknüpfend an Unterricht am Ende der Mittelstufe zur Physik des Treibhauseffekts auf der Erde. Phase 1 läuft wie oben beschrieben, dann eindruckliche Präsentation zu bereits spürbaren Folgen des Klimawandels mit dem Ziel, Wunsch nach Veränderung zu erzeugen. In Phase 3 wird die systemische Erfolgsfrage gestellt „Stell dir vor, wir hätten all unser Wissen erfolgreich angewendet – wie sähe unsere Lebenswelt, z.B. der Weg zur Schule, aus?“. In Phase 4 entwickeln die Lernenden ihre Collagen, Videos, vertonte PPTs usw. zu einer CO₂-neutralen Zukunft. Unserer Erfahrung nach entstehen dabei Visionen wie gemeinsames, lustiges Radfahren, man sieht vorwiegend die Farbe Grün, man hört Vögel auf dem Schulweg usw. Phase 5 läuft wie oben beschrieben plus Anschauen von Strategien, die heute schon verfolgt werden, bis hin zu Utopien.

Das BM *Werteidentität und Wertaufbau* hat bei Oser vier Phasen. Hier wurde bei der Adaption für den MINT-Unterricht eine vorbereitende Phase ergänzt, um Raum zu geben, die SuS auf die Besonderheiten des Modells einzustimmen.

WW0: (kognitive) Vorbereitung der SuS: Informativer Einstieg: Fachliche Verortung, Lernziel, ggf. Begriffsklärung „Wert“; Fokus nicht auf Diskurs, sondern Perspektivübernahme; Planung der Handlung: Material, Gruppen, Sicherungsmethoden etc.

WW1: Erkennen externer und interner Werte: Kontext qua Quelle anbieten und relevante Werte darin identifizieren und sammeln; Eigene relevante Werte identifizieren und sammeln.

WW2: Bezug zwischen internen und externen Werten: gesammelte interne und externe Werte hinterfragen, gegeneinander abgleichen und in Beziehung setzen.

WW3: Bewertung / Hierarchisierung / Integration / Aushandeln von Werten: Differenzierung nach Lernzielen, Kombinationen möglich: (a) Bewertung von Stärke und Aktualität fremder Werte vor Hintergrund fachlicher, sozialer, ökologischer und ökonomischer Diskurse; (b) Hierarchisierung eigener Werte hinterfragen und ggf. neu priorisieren, variieren oder validieren; (c) Integration externe Werte in eigenes Wertesystem und ggf. Handlungsveränderungen antizipieren; (d) Aushandeln eines gemeinsamen Wertesystem bzgl. des Kontextes.

WW4: Übertragung der Werte/Anwendung des (neuen) Wertesystems auf anderen Kontext: Werte aus Phase 3 werden in neuen Kontext übertragen, d.h. Handlungsoptionen, die im neuen Kontext aus den jeweiligen Werten folgen, werden antizipiert.

Persönlichkeitsentwickelnden Prozesse, die dieses BM initiieren kann, sind: Eigene und fremde Werte vergegenwärtigen und hinterfragen, Folgen von Werthaltungen reflektieren, verschiedene Wertesysteme als berechtigt, kontextabhängig und individuell erfahren, Nachhaltigkeitsthemen als multiperspektivisch und komplex erfahren, Schwierigkeit von Entscheidungen auf politischer Ebene verstehen. Während der gesamten Unterrichtseinheit steht die Fachperspektive als eine Akteurin innerhalb des Kontextes im Raum. Die Lehrkraft hat die Wahl, ob sie den Fokus auf das Spannungsgefüge der konfligierenden Werte, auf das Individuum, oder auf die fachliche Perspektive als eigene wertgebende Entität legt.

Ein skizzenhaftes Beispiel aus der Praxis: „Wirkungen von Tempo 30 an Hauptverkehrsstraßen“ (Heinrichs, Scherbart & Sommer, 2016) in der Oberstufe. Phase 0 wie oben, Phase 1 lesen einer Broschüre des Umweltbundesamtes, in der die Konsequenzen von Tempo 30 in Bezug auf Gesundheit der Anwohnenden, Effizienz des Verkehrsflusses, Sicherheit für alle

Verkehrsteilnehmenden und allgemein Umweltschutz erörtert werden. In Phasen 2 und 3 reflektieren Lernende, welche Werte sie selbst in diesem Kontext haben und welche für sie die stärksten sind. In Phase 4 werden die Konsequenzen der Werte (Gesundheit, Effizienz, ...) auf den geplanten Bau einer Ortsumgehungsstraße angewendet.

Phase 3 – Individuelle Interpretation: persönliche Resonanz

Die Teilnehmenden reflektierten den vorgestellten Ansatz aus zwei Perspektiven: Zunächst aus ihrer eigenen, emotional involvierten Perspektive, um Gedanken und Gefühle bzgl. des Ansatzes mit Blick auf sich selbst und ihr Handeln zu würdigen; danach aus einer emotional dissoziierten, fachlichen bzw. fachdidaktischen Perspektive bzgl. möglicher Folgen für andere Akteure, Unterricht und Lehrendenausbildung.² In der Reflexion aus assoziierter, emotional-involvierter Perspektive zeigte sich große Motivation für BNE im MINT-Unterricht. Der Ansatz wurde entsprechend gewürdigt. Die Teilnehmenden waren interessiert, die vorgestellten BMs praktisch zu erproben, dankbar für die Erweiterung des Methodenkastens mit Blick auf die BNE und begrüßten den Fokus auf Persönlichkeitsentwicklung und Haltung. Doch zeigten sich auch Sorgen, Konflikte nicht auffangen zu können, sich mit Kritik und Ablehnung seitens Lernender, Eltern oder Fachkolleg*innen konfrontiert zu sehen, die SuS womöglich emotional zu überfordern oder der eigenen Rolle hinsichtlich Professionalität, Autorität und Objektivität nicht gerecht zu werden. Dem wurde entgegnet, dass entsprechende Situationen auch Chancen seien. Ein transparenter Umgang mit eigenen Unzulänglichkeiten erlaube größere Nähe auf der Beziehungsebene und Sorge so für mehr Vertrauen, Identifikationspotential und einen Rahmen, in dem SuS eher bereit seien, sich ehrlich zu äußern. Das Erleben von „Widersprüchlichkeit“ biete ebenfalls Anlass, sich in Perspektivwechsel, dem Erkennen von Handlungsebenen und Konfliktfähigkeit zu üben. Auch seien die oben benannten Unsicherheiten ein generelles Problem der Lehrendenrolle. Dass es hier neu aufflammt, zeuge davon, dass grundsätzlich Bedarf für mehr Anleitung bzw. Entwicklung hinsichtlich Konfliktmanagement, Beziehungsaufbau und -gestaltung sowie Rollenklarheit und Souveränität im Rahmen von Aus- und Weiterbildung bestehe. Bzgl. der Anwendung der neuen BMs bestand der Wunsch nach Instruktion und konkreten Beispielen. Als Repräsentanten der MINT-Didaktik-Community verwiesen die Teilnehmenden im Sinne des BM's Kontemplatives Lernen an dieser Stelle möglicherweise auf diejenigen Entwicklungsaufgaben, deren Bearbeitung großes Potential besitzen, eine nachhaltigkeitszuträgliche Haltung innerhalb der Community zu fördern. Dies scheinen insbesondere solche Maßnahmen zu sein, die (1) Selbst-, Konflikt- und Beziehungskompetenzen trainieren, um besser mit Kritik, Widersprüchlichkeit, Emotionalität, Abreaktionen etc. umzugehen und (2) die vorhandene Motivation durch neue Werkzeuge und Strategien (wie die neuen BMs) zur Umsetzung der BNE-Ziele in Unterricht nutzbar machen.

Phase 4 – Kontextuelle Interpretation: fachliche und didaktische Implikationen

Auch in der dissoziierten, fachlich-sachlichen Reflexion zeigte sich ein Spannungsgefüge. Einerseits sahen die Teilnehmenden großes Potential im Vorgestellten. Benannt wurden beispielsweise die Chancen auf mehr Motivation und Schüleraktivierung durch Subjektbezug und

² Die Perspektiventrennung fiel den Teilnehmenden zunächst schwer. Im Verlauf der Phase 3 konnte diese Irritation jedoch aufgelöst werden. Die wichtigsten Punkte dieser Diskussion werden deshalb getrennt dargestellt.

Fokus auf Selbstwirksamkeit, Inter- und Transdisziplinarität, Inklusion und Teilhabe, Relevanz und Sinnhaftigkeit für den lebensweltlichen Alltag sowie mehr Spaß im Unterricht. Andererseits wurden auch potentielle Hürden und Entwicklungsaufgaben identifiziert und begründet. Diese lassen sich einteilen in die Bereiche curriculare Passung, Umsetzbarkeit und Akzeptanz. Es wurde festgestellt, dass die BNE-Ziele lediglich allgemein in Lehrplan-Präambeln auftauchen und auf der Ebene der Kompetenzerwartungen keine konkreten Lernziele vorgegeben sind. So mangle es u.U. an Anlass und Raum für das Thematisieren von BNE und damit auch an Gelegenheit für die neuen BMs. Perspektivisch sei jedoch zu erwarten, dass die BNE-Ziele stärker in die Fachcurricula eingebettet würden. Dennoch stelle sich die Frage, wie Fachlehrkräfte motiviert werden könnten, die entsprechenden Ziele schon jetzt stärker einzubeziehen. Hinsichtlich der Frage nach der Umsetzbarkeit der neuen BMs in Unterrichtsforschung und Lehre wurde festgestellt, dass ein erweitertes Set an Kompetenzen und eine BNE-förderlicher Haltung zunächst in den Dozierenden angelegt sein müsse, bevor sie über neu ausgebildete Lehrkräfte in die Schulen fließen könne. Vor dem Hintergrund zahlreicher bestehender Aufgaben, Inhalte und Notwendigkeiten könnte es schwierig sein, Kolleg*innen flächendeckend zu motivieren. Bezüglich der Akzeptanz für den vorgestellten Ansatz wurden dreierlei Bedenken geäußert. Zum Ersten bestand die Sorge, sowohl Lehrkräfte als auch SuS könnten den neuen BMs gegenüber kritisch bis ablehnend reagieren. Die neuen Lernziele bedürften einer Gewöhnungsphase und die neuen BMs spreche andere Talente an, sodass „typisch“ guten MINT-Schüler*innen die Chance genommen werden könnte, im Fach aufzugehen. Dem wurde entgegnet, dass die neuen BMs die MINT-typischen Modelle LdE, KB und PL nicht ersetzen oder verdrängen, sondern als Ergänzung zu verstehen sind. Es sei vielmehr eine Chance für schwächere MINT-SuS, in diesen andersartigen Stunden ihren eigenen Zugang zum Fach zu finden, und für starke MINT-SuS, ihr Fach über dessen Grenzen hinaus eingebettet und als sozial, politisch und ökonomisch relevant und vernetzt zu erleben. Zum Zweiten wurde die Sorge geäußert, dass durch eine stärkere Ausrichtung des Fachunterrichts auf „Soft-Skills“ die Distanzierung von Fachwissenschaft zu Fachdidaktik und die damit einhergehend und z.T. bereits bestehende Geringschätzung seitens der Fachwissenschaft verstärkt werden könne. An dieser Stelle im Diskurs wurde festgestellt, dass ein Problem der unterschiedlichen Fachkulturen (nicht nur MINT) darin bestehe, die eigene Wichtigkeit in besonderem Maße wahrzunehmen, ein Perspektivwechsel im innerfachlichen Diskurs bzw. im zwischenmenschlichen Austausch zwischen Fachkolleg*innen jedoch nicht soziokonform sei. Es müsse daher auch hier mehr Sensibilität für die Notwendigkeit der BNE-Kompetenzen evoziert werden. Zum Dritten wurde bzgl. Eltern und anderen Akteuren im Umfeld von Schule und Lehre angemerkt, dass diese den Unterricht nur ausschnittsweise und durch die Brille der Lernenden verzerrt rezipierten, wodurch u.U. Kritik und Ablehnung gegenüber eines so „andersartigen“ Unterrichts aufkommen könnten. Auch hier stehe ein überkommenes Bild von MINT-Unterricht den aktuellen Entwicklungen gegenüber. Eine Sorge ist daher, Lehrkräfte in eine Rechtfertigungsnot zu drängen. Um diesen Sorgen zu begegnen, klangen folgende Maßnahmen an: (1) Curriculare Verankerung der BNE-Lernziele auf der Ebene der konkreten Kompetenzerwartungen. (2) Einführung der notwendigen Haltungsänderung über die Dozierenden als Vorbilder im Lehramtsstudium via Modell-Lernen (Multiplikatoren). (3) Maßnahmen zur Förderung von Augenhöhe und Wertschätzung zwischen Fächern, Fachwissenschaft und Fachdidaktik sowie weiteren Akteuren in und um Schule, Universität und Gesellschaft.

Phase 5 – Reflexion über Folgen und Chancen sowie Möglichkeiten der Beforschung

In der letzten Phase wurde über Möglichkeiten und Folgen der Umsetzung des Ansatzes reflektiert. Dabei wurde festgestellt, dass BNE die notwendige Norm, die Umsetzung mittels BMT hingegen nur eine Möglichkeiten sei. Im Diskurs sei diese Trennung wichtig. Für die Umsetzung der BNE und den Einbezug haltungsentwickelnder Maßnahmen wurde bekräftigt, dass Lehre und Kultur an Hochschulen wichtige Ausgangspunkte seien. Dozierende müssten selbst im Sinne der BNE als Vorbilder handeln. Die vorgestellten BMs wurden als hilfreiches Werkzeug zur lernzielgerechten Einbettung von BNE anerkannt. Die Motivation, nun selbst damit in die Praxis zu gehen, wurde von vielen Teilnehmenden bekräftigt. Die Perspektive, Best-Practice-Beispiele zu entwickeln und in der Community zu teilen, wurde besonders begrüßt. Auch wurden die neuen BMs wieder als Ergänzung herausgestellt und die Bedeutung der etablierten BMs in Hinblick auf die notwendige Fachkenntnis als Grundlage zur Erreichung der BNE-Ziele bekräftigt. Abschließend bemerkte ein Teilnehmer, dass die etablierten Modelle „provokant“ gesprochen, „seelenlos“ seien und die „Physik [bzw. die MINT-Fächer] in ihrer emotionalen Bedeutungslosigkeit“ darstellten. Durch die neu adaptierten BMs sei es jedoch möglich, das Subjekt wieder ins Fach einzubringen. „Es sieht ja sonst so aus, als ergäben sich Werte aus dem Fach und nicht aus dem Subjekt“. So würde im Sinne des NoS-Diskurses Wissenschaft als Kulturtechnik erfahrbar. Eine Verbindung zur Fachwissenschaft würde dadurch aber wohl problematischer und es könne „weitere Attacken geben“.

Evaluation des Workshops

Abschließen waren sich die Teilnehmenden einig, dass der Workshop wertvolle Impulse für die Umsetzung von BNE im MINT-Unterricht geboten habe. Der Wunsch nach Strategien zur institutionellen Implementierung sowie guten Beispielen wurde geäußert. Einige bekundeten Bereitschaft, sich an deren Erarbeitung und Erprobung zu beteiligen. Auf der Meta-Ebene bewerteten die Verantwortlichen den Workshop als Erfolg, da ein bereitwilliges Einlassen auf die neuen BMs (übergeordnetes Lernziel des Workshops) mutmaßlich bei allen erfolgte, wie die rege Beteiligung zeigte. Ein Teilnehmender ergänzte, dass die Passung von Form und Inhalt als besonders wertvoll und prägnant erlebt worden sei.

Literatur

- Hauff, V., & Brundtland, G. H. (1987). Unsere gemeinsame Zukunft: Der Brundtland-Bericht der Weltkommission für Umwelt und Entwicklung. Eggenkamp.
- Heinrichs, E., Scherbart, F., & Sommer, K. (2016). Wirkungen von Tempo 30 an Hauptverkehrsstraßen. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/2546/publikationen/wirkungen_von_tempo_30_an_hauptstrassen.pdf (Zugriff am 11.10.2022).
- Ministerium für Schule und Bildung Nordrhein-Westfalen. (2019). Leitlinie Bildung für nachhaltige Entwicklung. Schule in NRW, 9052.
- Niebert, K. (2021). Lessons learned from Covid-19: Why Sustainability Education Needs to Become Political. *Progress in Science Education*, 4(3), 6–14.
- Oser, F. K., & Baeriswyl, F. J. (2001). Choreographies of teaching: bridging instruction to teaching. *Handbook of Research on Teaching*, 1031–1065.
- Schreiber, J.-R., & Siege, H. (2016). Orientierungsrahmen für den Lernbereich Globale Entwicklung im Rahmen einer Bildung für nachhaltige Entwicklung (2nd ed., Issue 3). Cornelsen.

Amina Zerouali¹
 Doris Lewalter¹
 Jana-Kirstin von Wachter¹
 Annika Schneeweiss¹
 Bernhard Werner¹
 Jürgen Richter-Gebert¹
 Maria Bannert¹
 Jenna Koenen¹

¹Technische Universität München

Praxisorientierte und disziplinverbindende Lehrerbildung mit gescrripteten Unterrichtsvideos - Die Lernplattform "Toolbox Lehrerbildung"

Ausgangslage und Überlegungen zur Entwicklung der *Toolbox Lehrerbildung*

In Diskussionen und Bemühungen rund um die Reform der Lehrer*innenbildung kristallisieren sich zwei Punkte als zentrale Herausforderungen heraus. Eine intensivere Praxisorientierung sowie eine stärkere Kompetenzorientierung und Evidenzbasierung in der ersten Phase der Lehramtsausbildung (KMK, 2014; Kunter et al., 2011; Kunter, Seidel & Artelt, 2015). Ein grundlegendes Ziel ist es daher Schulpraxis sowie elementare Anforderungen des Lehrberufs direkt in die Ausbildung von angehenden Lehrkräften zu implementieren (KMK, 2014; Kunter et al., 2011; Kunter, et al., 2015). Der defizitäre Bezug zur Schulpraxis in der ersten Phase der Lehrer*innenbildung wird unter anderem durch eine Trennung der drei Disziplinen (Erziehungswissenschaft, Fachdidaktik und Fachwissenschaft) begründet, d.h. dass diese nicht miteinander vernetzt gelehrt werden (Blömeke, 2009). An diesem Punkt setzt die Lernplattform *Toolbox Lehrerbildung* an. Hier soll ein vernetztes Lernen der drei Disziplinen unterstützt werden. Dabei stellt der Vernetzungsansatz der COACTIV-Studie (Baumert & Kunter, 2006) den Ausgangspunkt dar. Diese bezieht sich in der Formulierung des Professionswissens auf Shulman (1987) und schließt die Dimensionen Fachwissen, fachdidaktisches Wissen und pädagogisches Wissen ein.

Gescrriptete Unterrichtsvideos können als Medium angehende Lehrkräfte bei der Erlangung praxisorientierter Kompetenzen unterstützen. So stellt Gartmeier (2014) dar, dass mit Hilfe dieser „Teile einer komplexen, professionellen Praxis modellhaft, exemplarisch und didaktisch aufbereitet“ in die Lehrer*innenbildung transportiert werden können (Gartmeier, 2014, S. 242). Zudem stellen sie sich als geeignetes Medium dar, um die Professionelle Unterrichtswahrnehmung (LIT), die Fähigkeiten der Wahrnehmung, Interpretation von Unterricht sowie das Treffen von Handlungsentscheidungen umfasst, zu unterstützen (König et al., 2015). So kann die Reflexions- und Analysefähigkeit von Lernenden durch den Einsatz von Unterrichtsvideos weiterentwickelt werden. Baecheler et al. (2013) zeigen, dass der Einsatz von Unterrichtsvideos in einer inhaltlich fokussierten und differenzierten Unterrichtsanalyse und -reflektion resultiert. Insbesondere gescrriptete Unterrichtsvideos, die *typical practice* abbilden, können hierbei einen instruktionalen Mehrwert bieten, da sie komprimierte und saliente Darstellungen relevanter Unterrichtsprozesse erlauben (Blomberg et al., 2013).

Die gescripteten Unterrichtsvideos fungieren daher im Rahmen der Lernplattform *Toolbox Lehrerbildung* als disziplinverbindender Anker. In ihnen werden theoretische, wissenschaftliche und praxisorientierte Perspektiven der drei Disziplinen realitätsnah und auf professionsorientierte Situationen bezogen salient vereint.

Die Lernplattform *Toolbox Lehrerbildung*

Die Lernplattform *Toolbox Lehrerbildung* (abrufbar unter <https://toolbox.edu.tum.de>) stellt multimediale, interaktive, hochwertig aufbereitete OER-Materialien für die (MINT-)Lehrer*innenbildung zur Verfügung. Die Plattform dient dabei als Werkzeug für Hochschuldozierende, um eine digitale, kohärente und innovative Lehre zu ermöglichen. Die Plattform besteht aus acht Lehr-Lernmodulen zu Themen der Fächer Mathematik, Biologie, Informatik und Chemie. Jedes Modul behandelt dabei relevante Themen aus der Erziehungswissenschaft/Psychologie, der Fachdidaktik sowie der Fachwissenschaft. Als Herzstück fungieren die gescripteten Unterrichtsvideos. Diese verknüpfen anhand exemplarischer Unterrichtssituationen der MINT-Fächer die Inhalte des Moduls. Neben gescripteten Unterrichtsvideos stellt die *Toolbox Lehrerbildung* eine Vielzahl an Materialien bereit. Diese reichen von aufbereiteten Grundlagentexten über zugehörige Lernaufgaben bis hin zu interaktiven Visualisierungen. Diese werden frei verfügbar bereitgestellt und können je nach Kontext flexibel und unabhängig voneinander eingesetzt werden.

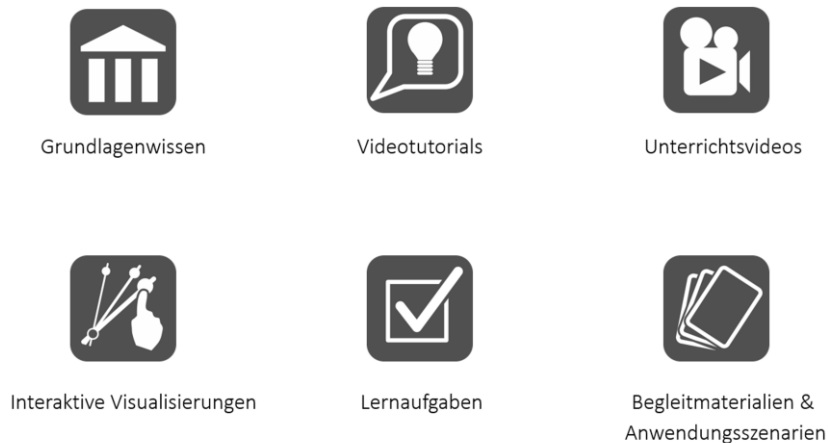


Abb.1.: Darstellung der verfügbaren Materialien der Toolbox Lehrerbildung

Das neueste Modul mit dem Thema „Chemie der Farben“ behandelt die Themen Kooperatives Lernen, Didaktische Rekonstruktion und Organische Farbstoffe. Die Inhalte werden disziplinverbindend am Beispiel einer Unterrichtseinheit dargestellt. Der zugehörige Unterrichtsverlaufsplan ist ebenfalls Teil der enthaltenen Begleitmaterialien. Zudem zeichnet sich das Modul durch eine Reihe an innovativen, interaktiven Visualisierungen rund um das Thema Licht und Farbe aus, die für den direkten Einsatz im Unterricht entwickelt wurden. Auf Grund der Gestaltung der *Toolbox Lehrerbildung* als OER ist deren Einsatz

uneingeschränkt möglich. Im Rahmen dieses Moduls haben Dozierende zudem Zugriff auf sieben gescriptete Videoszenen, die dabei folgende Inhalte abdecken (Abb. 2).

| Videoszene | Unterrichtseinstieg | Sozialformen/ Kooperatives Arbeiten | Lehrer- vortrag/ L-S-Gespräch | Schüler- vortrag | Erarbeitungs- phase | Sicherungs- phase |
|--|---|---|-------------------------------------|---------------------|------------------------|----------------------|
| Austausch über Unterrichtsplanung | Lehrer-Lehrerin-Gespräch im Kontext der Unterrichtsvorbereitung | | | | | |
| Einstieg zu Farbigkeit und Licht | ✓ | | ✓ | | | |
| Besprechung des Arbeitsauftrags in Pair- und Share-Phase | | ✓ | ✓ | | ✓ | |
| Arbeitsauftrag und Gruppeneinteilung | ✓ | | ✓ | | | |
| Erarbeitung in der Gruppenphase | | ✓ | ✓ | | ✓ | |
| Präsentation der Ergebnisse | | | ✓ | ✓ | | |
| Vertiefung am Beispiel des Farbstoffs von Tomatensaft | ✓ | | ✓ | | | |

Abb.2.: Darstellung der Video-Inhalte zu Modul 8 „Chemie der Farben“

Erkenntnisse aus dem Workshop – Die *Toolbox Lehrerbildung* im Austausch mit der *GDCP-Community*

Im Rahmen des Workshops der *Toolbox Lehrerbildung* tauschte sich die *GDCP-Community* zu Erfahrungen mit gescripteten Unterrichtsvideos aus und diskutierte dabei, wie deren Nutzung (ggf. ergänzt um die Materialien der *Toolbox*) optimal in die Lehrer*innenbildung integriert, weiter ausgebaut und verstetigt kann.

Optimierung der Orientierung und Nutzung der Unterrichtsvideos in der Toolbox Lehrerbildung

Prinzipiell wird der Bedarf an Unterrichtsvideos, für eine praxisnahe und disziplinverbindende Lehrer*innenbildung als sehr groß bewertet. Die konsequente Vernetzung der drei Bereiche der Lehrer*innenbildung in den Videos der *Toolbox Lehrerbildung* wird als sehr positiv hervorgehoben. Dabei wird die in Teilen reduzierte Authentizität von gescripteten Unterrichtsvideos nicht als negativ betrachtet, sondern vielmehr deren Potential für die Lehre gesehen. Es ist die Einschätzung entstanden, dass gescriptete Unterrichtsvideos den großen Vorteil aufweisen, dass relevante Situationen zu bestimmten fachlichen, fachdidaktischen und erziehungswissenschaftlichen Themen im Unterrichtsgeschehen explizit und zielgerichtet in den Fokus gestellt werden können. So können z. B. negative Effekte einer Gruppenarbeit explizit dargestellt und szenisch abgebildet werden und dienen so für die Lehre als Diskussionsgrundlage. Des Weiteren ist eine Nutzung der Videos auch in anderen fachlichen Kontexten durchaus möglich. Ein Verfremdungseffekt kann das Lernen in anderen Domänen durchaus zusätzlich unterstützen.

Die im Rahmen der *Toolbox Lehrerbildung* zur Verfügung gestellten (Zusatz-)Materialien werden als sehr umfangreich empfunden, was für einen Einstieg in die Lernplattform durchaus

eine Herausforderung darstellt. Es zeigte sich, dass es bei der großen Menge an Materialien für Dozierende nicht einfach ist, die für sie relevanten Materialien zu lokalisieren. Hier wurde von der Community der Wunsch nach einer kleinen Einführung auf der Startseite sowie geschickt platzierten Übersichtsmaterialien für Hochschullehrende geäußert.

Beitrag der *Toolbox Lehrerbildung*

Dieser Wunsch entspricht aktuellen Arbeiten in der *Toolbox Lehrerbildung*. Zeitnah wird ein Informationsvideo als Einführung zur *Toolbox Lehrerbildung* gut sichtbar auf der Projektwebseite platziert werden. Damit soll der Einstieg in die Handhabung der Lernplattform sowie der Zugang zu den erstellten Materialien für Hochschuldozierende erleichtert werden. Ergänzend soll ein genereller Überblick über die zur Verfügung stehenden Materialien erstellt und die Übersicht der in den Unterrichtsvideos dargestellten Unterrichtsphasen eine bessere Sichtbarkeit und leichtere Zugänglichkeit erhalten.

Bedarf an Unterrichtsvideos

Als dringende Probleme wurden im Workshop zum einen der große Bedarf an Unterrichtsvideos und zum anderen das Suchen und Finden spezifischer Videos identifiziert. Für die optimale Implementierung von Unterrichtsvideos in der Lehrer*innenbildung wird jedoch die Notwendigkeit eines guten Zugangs zu den Videos sowie einer gut strukturierten Übersicht über die in den Videos enthaltenen Themen und Unterrichtsphasen gesehen. Hierbei wurde der Gedanke aufgeworfen, dass eine gemeinsame Sammlung von Inhalten für den Einsatz in der Hochschullehre in der Community notwendig ist, um eine grundlegende Lösung für die Befriedigung dieses Bedarfs auf den Weg zu bringen. Die gesammelten Themen könnten anschließend von Projekten als Richtlinie genutzt werden, um festzustellen, auf welche Themen und Inhalte bei der Videoproduktion fokussiert werden sollte. Unter diesen Gesichtspunkten sollte ein konsekutiver Workshop in Betracht gezogen werden, der dieses Desiderat adressiert.

Beitrag der *Toolbox Lehrerbildung*:

Im Rahmen der *Toolbox Lehrerbildung* erfolgt derzeit die Konzeption von Open Access Guidebooks, die nicht nur einen Überblick über die erstellten Materialien bieten sollen, sondern gleichzeitig einen Einblick in die Konzeption und Erstellung dieser bereitstellen. Damit sollen die über die Jahre gesammelten Erfahrungen des Projektes nachhaltig für die Lehrer*innenbildung verfügbar gemacht werden. Zukünftige Projekte könnten auf diese Informationsgrundlage bei der weiteren Materialentwicklung zurückgreifen. Für Hochschuldozierende werden dadurch ein detaillierter Überblick über das Angebot der *Toolbox Lehrerbildung* sowie deren Entwicklung und Handhabung bereitgestellt. Geplant sind drei Guidebooks die als Fokus folgende Elemente haben sollen:

- Erstellung theoretischer Texte und zugehöriger Begleitmaterialien sowie Einbettung dieser in die Lernplattform
- Erstellung gescripteter Unterrichtsvideos: von der Konzeption bis zum Schnitt (inklusive einer How-To Anleitung)
- Erstellung interaktiver Visualisierungen, mit Fokus sowohl auf den zentralen Design-Aspekten als auch der technischen Umsetzung

Dauerhafte Sicherung des Zugangs zu den entwickelten Materialien

Thematisiert wurde außerdem, der Wegfall vieler erstellter Materialien durch technischen Fortschritt. Für Hochschuldozierende würde dies eine erneute Umstellung der Lehrmaterialien bedeuten. Eine Verstärkung der Nutzung der erstellten Materialien, unabhängig vom technischen Fortschritt, ist daher essentiell.

Beitrag der *Toolbox Lehrerbildung*:

Die Verstärkung digitaler Inhalte und damit die Möglichkeit zu deren nachhaltigen Nutzung ist auch bei der *Toolbox Lehrerbildung* ein großes Thema, dessen Bedeutung durch den Workshop nochmals bestätigt wurde. Im Lauf der nächsten Monate werden die Inhalte der *Toolbox Lehrerbildung* auf eine neue Webplattform umgezogen. Da diese ausschließlich mit elementarer Webtechnologie (HTML, CSS und JavaScript) entwickelt wird, wird sie auch in zehn bis 15 Jahren problemlos verwendbar sein. Alle Inhalte und Materialien stehen somit zumindest mittelfristig zur Verfügung. Außerdem können dadurch auch nach Projektende noch Korrekturen und Ergänzungen problemlos eingearbeitet werden. Potentielle Nachfolge- oder Fortsetzungsprojekte können zudem leichter auf der bestehenden Arbeit der *Toolbox Lehrerbildung* aufbauen, und schneller und einfacher anlaufen.

Danksagung

An dieser Stelle möchten wir allen Teilnehmenden des Workshops für die Rückmeldungen, konstruktive Diskussion sowie alle hilfreichen Anregungen danken.

Literatur

- Baechler, L., Kung, S.-C., Jewkes, A. M., & Rosalia, C. (2013). The role of video for self-evaluation in early field experiences. *Teaching and Teacher Education*, 36, 189–197.
- Baumert, J., & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9(4), 469–520.
- Blomberg, G., Renkl, A., Sherin, M. G., Borko, H. & Seidel, T. (2013). Five research-based heuristics for using video in pre-service teacher education. *Journal for Educational Research Online*, 5(1), 90–114. <https://doi.org/10.25656/01:8021>
- Blömeke, S. (2009). Lehrerbildung. In Blömeke, S., Bohl, Th., Haag, L., Lang-Wojtasik, G., & Sacher, W. (Hrsg.), *Handbuch Schule. Theorie – Organisation – Entwicklung*. Bad Heilbrunn / Stuttgart: Klinkhardt / UTB, 483–490.
- Gartmeier, M. (2014). Fiktionale Videofälle in der Lehrerinnen- und Lehrerbildung. *Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung* 32(2), 235–246.
- KMK. (2014). *Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften*. Bonn: Kultusministerkonferenz.
- König, J., Eicken, A., Kramer, C., & Roters, B. (2015). Videos in der Lehrerinnen- und Lehrerbildung (ViLLA): Konzeptionelle Überlegungen und erste empirische Befunde zu fachsprachlichen Anforderungen beim Lernen mit Unterrichtsvideos durch Lehramtsstudierende. *Lehrerbildung auf dem Prüfstand*, 8(1), 77–102.
- Kunter, M., Baumert, J., Blum, W., Klusmann, U., Krauss, S., & Neubrand, M. (Hrsg.). (2011). *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften: Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV*. Münster: Waxmann.
- Kunter, M., Seidel, T., & Artelt, C. (2015). Pädagogisch-psychologische Kompetenzen von Lehrkräften (Editorial). *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 47(2), 59–61.
- Shulman, L. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Education Review*, 57(1), 1–22.

Anja Lembens¹
 Tim Billion-Kramer²
 Axel Eghtessad³
 Sebastian Goreth³
 Lutz Kasper⁴
 Moritz Meier¹
 Hannes Helmut Nepper⁴
 Markus Rehm⁵
 David Weiler⁴

¹Universität Wien
²PH Ludwigsburg
³PH Tirol
⁴PH Schwäbisch Gmünd
⁵PH Heidelberg

Videovignetten zur Förderung professioneller Unterrichtswahrnehmung

Professionelle Unterrichtswahrnehmung

Die professionelle Unterrichtswahrnehmung (PU) von Lehr-Lernprozessen gilt als Schlüssel zur Steigerung der Unterrichtsqualität, um letztlich Unterricht lernwirksam gestalten zu können. Lehrpersonen müssen in komplexen Unterrichtssituationen auf Basis pädagogisch-psychologischer und fachdidaktischer Kompetenzen sowie fundiertem Fachwissen lernförderliche und -hinderliche Elemente erkennen, um angemessen darauf reagieren zu können. Das Konstrukt PU ist abgeleitet vom Konstrukt „Professional Vision“ des Anthropologen Charles Goodwin (1994) und wird im Rahmen der Professionalisierung von Lehrkräften als Teil der Expertise im Beruf konzeptualisiert (Seidel, 2022). Seidel et al. (2010) schlagen vor, die PU als selektive Aufmerksamkeit (Noticing) und als kognitiven Verarbeitungsprozess der Wahrnehmung (Reasoning) zu beschreiben. Noticing beschreibt dabei die Fähigkeit, die Aufmerksamkeit auf eine relevante Situation während des Unterrichts zu richten, während Reasoning die Fähigkeit beschreibt, diese Situation anhand einer kognitiven Informationsverarbeitung reflektiert zu bewerten.

Theorie-Praxis-Relationierung

Handlungsoptionen theoretisch abwägen zu können und diese später dann auch adäquat in der Schulpraxis umsetzen zu können, bleibt weiterhin eine der großen Herausforderung in der Lehrkräftebildung. Die zunehmende Digitalitätsbildung in der Professionalisierung zukünftiger Lehrkräfte, insbesondere in der Arbeit mit Videovignetten zeigt dabei, dass eine Unterscheidung in eine *digitale* und eine *nicht-digitale* Sphäre hinfällig wird, solange eine realitätsnahe und authentische Situierung der jeweiligen Handlungsoptionen erfolgt (Blomberg et al., 2013; Krammer et al., 2016; Meschede & Steffensky, 2018). Wichtig ist die Förderung einer Meta-Reflexivität auf geeignete Reaktionsmodi im Unterricht, da im Lehramtsstudium „zumindest zwei, nicht selten auch drei Fachwissenschaften und korrespondierende Fachdidaktiken sowie mehrere Bildungswissenschaften studiert werden“ (Cramer et al., 2019, S. 401). D.h. Wissenschaftspraxis (unter Beachtung der jeweiligen theoretischen Zugänge und empirischen Befunde der verschiedenen Fachdisziplinen) sowie Schulpraxis (unter Beachtung der langjährigen Erfahrungswerte aus dem Berufsalltag erfahrener Lehrkräfte) müssen bereits im Studium gemeinsam in den Blick genommen werden, um typisch-exemplarische Handlungssequenzen adäquat deuten zu können. Aufbauend darauf wird es später im Klassenzimmer sein, mögliche Muster professionell zu deuten und entsprechende Handlungsoptionen zu entwickeln.

Lernendenvorstellungen¹

In der Literatur gibt es hinreichende empirische Belege dafür, dass mitgebrachtes Wissen der Schlüsselfaktor für erfolgreiches Lernen ist (Treagust et al., 2000). Beim Lernen werden neues Wissen und neue Kompetenzen in ein Netz aus vorhandenem Wissen und bereits erworbenen Kompetenzen eingebaut. Weltweite Forschungen zeigen, dass mitgebrachte Vorstellungen jedoch oft mehr oder weniger von den wissenschaftlich akzeptierten Konzepten abweichen (z.B. Steffensky et al., 2005; Schmidt et al., 2007; Schmidt & Parchmann, 2011; Sinatra & Mason, 2013; Rehm et al., 2017; Feige et al., 2017; Lembens, 2017; Lembens & Reiter, 2018). Um Lernenden zu ermöglichen, unangemessene Konzepte weiterzuentwickeln oder durch angemessene zu ersetzen, ist es notwendig, dass Lehrkräfte diese Lernendenvorstellungen erkennen und in einem kognitiv aktivierenden Unterricht sinnvoll bearbeiten. Aus diesem Grund gilt der konstruktive Umgang mit Lernendenvorstellungen als ein wesentliches Merkmal effektiven Unterrichts. Die hierfür notwendige PU setzt auf Seiten der Lehrkräfte fundierte fachliche und fachdidaktische Kenntnisse voraus. Lehramtsstudierende auf dem Weg zu einer PU mit Blick auf die Wahrnehmung und den Umgang mit Lernendenvorstellungen zu unterstützen, ist erklärtes Ziel des Erasmus+ Projektes VidNuT.

Das Erasmus+ Projekt VidNuT

Unterrichtsvideovignetten sind verdichtete Fallbeispiele, die Ausschnitte des Unterrichtsgeschehens darstellen (Meschede & Steffensky, 2018). Entsprechend sind Videodreh und Vignettengenerierung auf den gegenwärtigen Stand der Vignettenforschung zu beziehen (z.B. Gold et al. 2017; Junker et al., 2022), damit die gewählten Ausschnitte einen möglichst repräsentativen Ausschnitt des Unterrichts zeigen, z.B. im Hinblick auf relevante Aspekte von Lernprozessen. Im internationalen VidNuT-Projektteam arbeiten Fachdidaktiker:innen der Fächer Chemie, Physik, Technik und Textil mit Fachleuten für Digital Design sowie digitale Online-Lernumgebungen zusammen. Die Projektstruktur in VidNuT schafft dabei einen Austausch zwischen den Projektstandorten, innerhalb der Teams der genannten vier Fächer und zwischen den Fächern. Im Projekt werden, unter Rückgriff auf empirisch gefundene Lernendenvorstellungen gescriptete Unterrichtsvideovignetten entwickelt. Die Vignetten sind entweder linear, d.h. zu vorgegebenen Zeiten stoppt das Video, und nach Bearbeitung einer oder mehrerer Aufgaben zur Förderung der PU läuft der Handlungsstrang weiter, oder die Vignetten sind geschachtelt; d.h. an bestimmten Punkten können die Studierenden entscheiden, für welchen Fortgang des Unterrichts sie sich (begründet) entscheiden, und werden dann zum gewählten Handlungszweig geleitet. Die Drehbücher werden von den Standort-Teams im Fach erstentwickelt, dann im standortübergreifenden Fachteam vorgestellt, auf Basis der Rückmeldungen überarbeitet und auch im Gesamtprojektteam vorgestellt. Parallel werden Funktionen zur Aufgabebearbeitung in der Videoplattform UnterrichtOnline.org entwickelt. Am Ende des Projekts werden die drei Teams in jedem der vier Fächer je drei Vignetten, insgesamt 36 Vignetten, mit Schwerpunkt auf die Sekundarstufe I, entwickelt und mit Aufgaben versehen in UnterrichtOnline.org als eLearning-Paket in ihrer Lehre vor Ort eingesetzt haben. Im Projekt werden die

¹ In der Literatur wird meist der Terminus „Schülervorstellungen“ verwendet. Wir vermeiden diesen Terminus aus zwei Gründen: 1. ist er nicht geschlechterinklusiv, 2. bringen nicht nur Lernende in der Schule ihre eigenen Vorstellungen mit in Lernsituationen.

Einschätzungen der Dozierenden und der Studierenden zu den Vignetten, zur Videoplattform und zur Förderung ihrer PU erhoben.

Die Chemie Vignetten

Die beiden im Workshop vorgestellten Videovignetten sind gescriptet und geben Einblicke in den Unterricht in der Sekundarstufe I zu den Themen Redox-Reaktionen und Säure-Base-Konzept.

Vignette zur Säure-Base-Thematik

Zur Säure-Base-Thematik sind zahlreiche unangemessene Lernendenvorstellungen dokumentiert (Barke, 2015; Hoe & Subramaniam, 2016). Besondere Herausforderungen zeigen sich u.a. in Form von Alltagskonzepten wie „Das Gegenteil von sauer ist süß“ oder als durch Unterricht induzierte hybride Konzepte, bei denen das Arrhenius- und das Brønsted-Konzept vermischt werden. Im Zusammenhang mit letzterem sind unklare Vorstellungen bezüglich der makroskopischen und der submikroskopischen Ebene weit verbreitet. Hier spielen u.a. auch sprachliche und modellbezogene Aspekte eine wichtige Rolle. Die geschachtelte Säure-Base-Vignette geht von einer klassischen Neutralisationsreaktion im Demonstrationsversuch aus, in deren Kontext unangemessene Lernendenvorstellungen geäußert werden. Die Studierenden sollen diese identifizieren, mögliche Quellen benennen und sich entscheiden, mit welcher der Vorstellungen sie weiterarbeiten möchten. In der Folge erhalten die Studierenden unterschiedliche Arbeitsaufträge, die von der fachlichen, fachdidaktischen und sprachlichen Analyse der geäußerten Vorstellungen bis zur Planung einer geeigneten Intervention reichen.

Vignette zu Redox-Reaktionen

Zur fachlich unangemessenen Deutung von Redox-Reaktionen durch die Schüler:innen sind zahlreiche Vorstellungen auf makroskopischer und submikroskopischer Ebene dokumentiert (z.B. Schmidt, 1994; Sumfleth, 1992). Dabei stellen die Deutungen von Redoxreaktionen als Sauerstoffübertragung oder der Oxidation als Aufnahme von Sauerstoff unter Vernachlässigung der gekoppelt ablaufenden Reduktionsteilreaktion besonders attraktive Erklärmodelle für die Schüler:innen dar. In der linearen Redox-Vignette führen Schüler:innen einen Versuch zur Reaktion von Eisen in wässriger Kupfersulfatlösung und mit einem Vergleichsansatz von Eisen in Wasser durch. Die Studierenden sollen Vorstellungen der Schüler:innen bei der Beobachtung auf Stoffebene und anschließenden Deutung auf Teilchenebene identifizieren und interpretieren. Für die Weiterarbeit im Seminar sollen die Studierenden Handlungsoptionen planen, die sprachliche Unterstützung für die Schüler:innen beinhalten.

Die Physik Vignetten

Im VidNuT-Projekt werden von drei Standorten Vignetten zu Lernendenvorstellungen in der Physik erstellt. Die Vignetten, die an der Universität Bozen entwickelt werden, haben Lernendenvorstellungen zur Energieumwandlung als gemeinsames Oberthema. An der PH Tirol wird das Themenfeld Wärme adressiert und die in den folgenden Abschnitten vorgestellten Vignetten, die an der PH Schwäbisch Gmünd entwickelt wurden, fokussieren auf Lernendenvorstellungen aus dem Bereich Optik.

Vignette zur Farbwahrnehmung

In dieser Vignette werden die Lernendenvorstellungen „Farbe meint Farbstoff“ und „Farbe ist eine fixe Eigenschaft eines Objekts“ (Haagen-Schützenhöfer & Hopf, 2018, S. 106ff) in Antworten von Schüler:innen während der Einführungsphase einer Schulstunde geäußert. Dabei

ist das Klassenzimmer verdunkelt und mehreren Flaggen gleicher Streifenstruktur, aber unterschiedlicher Farben sind vor der Tafel aufgebaut. Diese werden mit rotem Licht beleuchtet, sodass die Flaggen nicht direkt erkennbar sind und ähnlich bis gleich aussehen. Die Studierenden sind während des ersten Abschnitts des Videos aufgefordert, an den Stellen zu pausieren, an denen sie nicht adäquate physikalische Konzepte bemerken und diese als Kommentar im Video zu formulieren. Nach der Identifikation solcher Lernendenvorstellungen fördern die weiteren Aufgaben dieser Vignette die Kompetenzen hinsichtlich von Conceptual-Change-Strategien. An einem Beispiel steht dabei insbesondere die experimentelle Methode zur Adressierung und Veränderung von unangemessenen Lernendenvorstellungen im Vordergrund.

Vignette zur Konstruktion an einer Linse

Diese Vignette behandelt die Vorstellung „der Linsendurchmesser bestimmt die Bildgröße“ (Haagen-Schützenhöfer & Hopf, 2018, S. 103) und ist eine von mehreren geschichteten Vignetten im Projekt, das heißt, an aus didaktischer Sicht kritischen Stellen im Video können die Studierenden Entscheidungen treffen, die den weiteren Fortgang des Videos beeinflussen. Es entsteht somit ein Entscheidungsbaum, der mehrere Ebenen mit unterschiedlichen Szenen aufweist. Die erste Szene erfordert direkt eine Entscheidung der Studierenden in Hinblick auf die zu verwendende Erklärung und eingesetzten Materialien in der Schulstunde. Dabei weist ein Weg problematische Erklärungen und Anschauungsmaterial in Form von Tafelbild und limitierten Simulationen auf, die dazu beitragen können, dass durch die Lehrkraft Fehlvorstellungen induziert werden. Ein Ziel der Vignette ist somit auch die Sensibilisierung für die Verantwortung der Lehrperson auf Materialien zu achten, die möglichst keine Fehlvorstellungen triggern können. Des Weiteren können mit der Vignette Diskussionen über Idealisierungen im Unterricht und zum fachdidaktisch begründeten Einsatz digitaler Medien im Physikunterricht angestoßen werden.

Die Nature of Science-Vignette

Die im Workshop vorgestellte Vignette „Die wissenschaftliche Methode“ wurde semi-gescripted inszeniert. Es wird ein Unterrichtseinstieg präsentiert, mit dem die Lehrperson einen klassischen Mythos naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung bedient: Eine bestimmte Abfolge naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen wird als „das“ wissenschaftliche Vorgehen dargestellt (vgl. McComas, 2020). In Bezug auf ein angemessenes Wissenschaftsverständnis bietet der Unterrichtseinstieg somit fachlich ein Bad-Practice-Beispiel, da eine einzige, lineare Methode dem Wesen naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung widerspricht. Dies wird Studierenden im eLeramig-Modul allerdings erst mitgeteilt, nachdem diese zunächst selbst beurteilt haben, inwiefern der Unterrichtseinstieg fachlich angemessen sei. Grundsätzlich wurde im Rahmen des Workshops problematisiert, inwiefern ein Einsatz von Bad Practice-Vignetten einen defizitorientierten und somit wenig wertschätzenden Blick auf Unterricht fördere – zumindest, wenn stets bzw. überwiegend Bad Practice-Beispiele zum Einsatz kommen.

Konkret in Bezug auf die Aufgabe im eLearning-Modul wurde zudem die bisherige Vignettenbettung diskutiert: Problematisiert wurde hier, das erst nach einer ersten Beurteilung mitgeteilt wurde, dass es sich um eine Bad Practice-Inszenierung handelt. Studierenden könnte bereits vorher mitgeteilt werden, dass der Unterrichtseinstieg in Teilaspekten gelungen scheine, aber auch fachliche Fehler beinhalte, die es zu entdecken gilt. Sinnvoll eingesetzt berge die

Vignette so Potenzial für die Entwicklung eines differenzierten Wissenschaftsverständnisses in Bezug auf den konkreten Einsatz bestimmter Systematiken in den Naturwissenschaften, denen grundsätzlich unterschiedlichste Erkenntniswege gegenüberstehen (vgl. Billion-Kramer, 2021; Feyerabend, 1987).

Die Technik Vignette

Die Vignette, verfilmt als audio-visuelle Comicvignette, greift prominente Vorstellungen aus dem aktuellen Forschungsdiskurs der Technikdidaktik auf: Während das Kohlekraftwerk als technischer Vertreter zur Bereitstellung von elektrischer Energie meist bekannt ist, gestaltet sich die vollständige Beschreibung der Energieumwandlungsprozesse im (Kohle-)Kraftwerk als besonders schwierig. Insbesondere die Unterscheidung innerhalb der kinetischen Energie (kinetische Energie der Gase – kinetische Energie des Turbinenrads) sowie die Umwandlung von chemischer Energie (der Kohle) in thermische Energie sind bei den Lernenden mit unterschiedlich ausgeprägten Präkonzepten versehen (Nepper & Geschwendtner, 2020). In der audio-visuellen Comicsequenz wird in einem einführenden Unterrichtsgespräch die Aktualität des Themas aufgegriffen und in eine fachliche Richtung gelenkt. Anschließend folgt eine Erörterung verschiedener Energieformen und -umwandlungsprozesse im Kraftwerk durch die Lehrperson. Dabei werden sowohl unangemessene Vorstellungen der Schüler:innen, wie auch Probleme in der Gesprächsführung der Lehrkraft deutlich. Bei der Betrachtung der Vignette kann zwischen drei verschiedenen Reaktionsmodi gewählt werden: (1) Funktions- und Wirkungsprinzipien eines Kohlekraftwerks anhand eines Modells erklären, (2) Durchführung einer Betriebserkundung in einem kommunalen Kohlekraftwerk, (3) Recherche und Posterpräsentation über ein Kohlekraftwerk. Die Vignette enthält jeweils den Unterrichtseinstieg der drei Handlungsoptionen (Nepper & Windelband, 2022).

Die zahlreichen Anregungen aus den Diskussionen während des Workshops² werden in der weiteren Entwicklung und Überarbeitung der Videovignetten mit eingebunden.

Literatur

- Barke, H.-D. (2015). Brönsted-Säuren und Brönsted-Basen: es sind nicht Stoffe, sondern Moleküle oder Ionen! *Chemie & Schule*, 30(1).
- Billion-Kramer, T. (2021). *Nature of Science: Lernen über das Wesen der Naturwissenschaften*. Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Blomberg, G., Renkl, A., Sherin, M. G., Borko, H. & Seidel, T. (2013). Five research-based heuristics for using video in pre-service teacher education. *Journal for educational research online*, 5(1), 90-114.
- Cramer, C.; Harant, M.; Merk, S.; Drahmman, M.; Emmerich, M. (2019). Meta-Reflexivität und Professionalität im Lehrerinnen- und Lehrerberuf. In: *Zeitschrift für Pädagogik* 65 (3), 401-423.
- Feige, E., Rutsch, J., Dörfler, T. & Rehm, M. (2017). Von der Alltagsvorstellung zum fachwissenschaftlichen Konzept. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 159, 2-8.
- Feyerabend, P. (1987). *Wider den Methodenzwang*. Suhrkamp-Taschenbuch Wissenschaft: Bd. 597. Suhrkamp.
- Goodwin, C. (1994). Professional Vision. *American Anthropologist*, 96(3), 606–633.
- Gold, B., Hellermann, C. & Holodynski, M. (2017). Effekte videobasierter Trainings zur Förderung der Selbstwirksamkeitsüberzeugungen über Klassenführung im Grundschulunterricht. In *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 20(1), 115–136.

² Im Workshop sind aufgrund des Adressatenkreises der GDCCP-Tagung keine Textil-Vignetten vorgestellt worden.

- Haagen-Schützenhöfer, C. & Hopf, M. (2018). Schülervorstellungen zur geometrischen Optik. In H. Schecker, T. Wilhelm, M. Hopf & R. Duit (Hrsg.), *Schülervorstellungen und Physikunterricht: Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis*, 89–114. Springer Berlin Heidelberg.
- Hoe, K. Y. & Subramaniam, R. (2016). On the prevalence of alternative conceptions on acid–base chemistry among secondary students: insights from cognitive and confidence measures. *Chemistry Education Research and Practice*, 17(2), 263-282.
- Krammer, K., Hugener, I., Biaggi, S., Frommelt, M., Furrer auf der Maur, G. & Stürmer, K. (2016). Videos in der Ausbildung von Lehrkräften: Förderung der professionellen Unterrichtswahrnehmung durch die Analyse von eigenen bzw. fremden Videos. *Unterrichtswissenschaft*, 44(4), 367–372.
- Junker, R., Zucker, V., Oellers, M., Rauterberg, T., Konjer, S., Meschede, N. & Holodynski, M. (Hrsg.). (2022). *Lehren und Forschen mit Videos in der Lehrkräftebildung* (1. Aufl.). Waxmann.
- Lembens, A. (2017). "Säuren und Basen" – Sprache und Konzeptwechsel als Herausforderung für den Chemieunterricht. In: *Chemie & Schule*, 32(4), 28-29.
- Lembens, A. & Reiter, K. (2018). Pre-service Chemistry Teachers' Conceptions of How to Teach 'Acids and Bases'. In: Finlayson, O., McLoughlin, E., Erduran, S. & Childs, P. (Eds.), *Proceedings of the ESERA 2017, Dublin, Ireland: European Science Education Research Association*, 1660-1668.
- McComas, W. F. (2020). Principal Elements of Nature of Science: Informing Science Teaching while Dispelling the Myths. In W. F. McComas (Hrsg.), *Nature of Science in Science Instruction*, 35–65. Springer International Publishing.
- Meschede, N & Steffensky, M. (2018). Methodologische Perspektive: Audiovisuelle Daten als Lerngelegenheiten in der Lehrer/innenbildung. In M. Sonnleitner, S. Prock, A. Rank & P. Kirchhoff (Hrsg.), *Video- und Audiografie von Unterricht in der LehrerInnenbildung: Planung und Durchführung aus methodologischer, technisch-organisatorischer, ethisch-datenschutzrechtlicher und inhaltlicher Perspektive*, 21–36. Opladen: Budrich
- Nepper, H. H. & Gschwendtner, T. (2020). Schüler- und Lehrervorstellungen zu ausgewählten technischen Grundlagen der Mechanik und Energieversorgung. *Journal of Technical Education (JOTED)*, 8(1), 76-98.
- Nepper, H. H. & Windelband, L. (2022). Mögliche Reaktionsmodi zu Lernendenvorstellungen im technikbezogenen Unterricht. In E. Eichelberger, V. Huber Nievergelt & A. Käser (Hrsg.), *Forschend Lernen und Lehren im Textilen und Technischen Gestalten*, 195-206. Bern: hep.
- Rehm, M., Ropohl, M., Steffensky, M. & Parchmann, I. (2017). Schülervorstellungen nutzen – Ein wichtiges Merkmal effektiven Chemieunterrichts. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 159, 9-12.
- Schmidt, S. & Parchmann, I. (2011). Schülervorstellungen: Lernhürde oder Lernchance. In *Praxis der Naturwissenschaften – Chemie in der Schule*, 60 (3), 15-20.
- Schmidt, H.-J. (1994). Der Redoxbegriff in Wissenschaft und Unterricht. In *Praxis der Naturwissenschaften – Chemie in der Schule*, 41 (1), 6-10.
- Seidel, T., Blomberg, G. & Stürmer, K. (2010). „Observer“ – Validierung eines videobasierten Instruments zur Erfassung der professionellen Wahrnehmung von Unterricht. *Zeitschrift Für Pädagogik*, 56, 296–306.
- Seidel, T. (2022). Professionelle Unterrichtswahrnehmung als Teil von Expertise im Lehrberuf Weiterentwicklungsperspektiven für die videobasierte Lehrerforschung. In Junker, R., Zucker, V., Oellers, M., Rauterberg, T., Konjer, S., Meschede, N., & Holodynski, M. (Hrsg.). (2022). *Lehren und Forschen mit Videos in der Lehrkräftebildung*, 17-36. Waxmann Verlag GmbH.
- Sumfleth, E. (1992). Schülervorstellungen im Chemieunterricht. In *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 45 (7), 410-414.
- Schmidt, H.-J., Marohn, A., & Harrison, AG. (2007). Factors that prevent learning in electrochemistry. In *Journal of Research in Science Teaching*, 44(2), 258-283
- Sinatra, G, M. & Mason, L. (2013). Beyond knowledge: Learner characteristics influencing conceptual change. In S. Vosniadou (Eds.), *International Handbook of Research on Conceptual Change*, 377-394. Hoboken: Taylor and Francis.
- Steffensky, M., Parchmann, I. & Schmidt, S. (2005). Alltagsvorstellungen und chemische Erklärungskonzepte: Die Teilchen saugen das Aroma aus dem Tee. In *ChiZ*, 39(4), 274-278
- Treagust, D., Duit, R. & Nieswandt, M. (2000). Sources of students' difficulties in learning Chemistry. *Educación Química*, 11(2), 228-235.

Hagen Schwanke¹
Thomas Trefzger¹

¹Lehrstuhl für Physik und ihre Didaktik –
Universität Würzburg

Der Einfluss von AR auf das Lernen: Lernförderlich und wenig belastend?

Kurzfassung

Die Sekundarstufe I bietet in der 10. Jahrgangsstufe in Bayern zum Thema der Elektrizitätslehre viele Experimente zur Anwendung einer augmentierten Lernumgebung. Dabei sollen die in diesem Projekt entwickelten Applikationen hauptsächlich die Modelle der magnetischen Felder sichtbar machen.

Die Schülerinnen und Schüler absolvieren ein Stationenlernen an sechs verschiedenen Experimenten mit den eigens entwickelten Augmented-Reality(AR)-Applikationen in einem Lehr-Lern-Labor.

Mittels quantitativer Testinstrumente werden die Konstrukte der intrinsischen Motivation, des situationalen Interesses und der kognitiven Belastung erhoben und mit zwei weiteren Darbietungsformen verglichen. Diese Darbietungsformen sind zum einen Experimente, welche im klassischen Sinne durchgeführt werden, und zum anderen Experimente, welche zusätzlich mit einer Simulation unterstützt werden.

Dieser Artikel liefert einen Überblick über die durchgeführte Studie und fasst die Ergebnisse der Pilotstudie zusammen.

Einleitung

Das wohl erste Head-Mounted Display (HMD) im Jahre 1968 kann als die Geburtsstunde von Augmented Reality (AR) angesehen werden (Tönnis, 2010). Dennoch ist AR immer noch relativ unerforscht, bzw. es gibt nur wenige quantitative Beiträge (Wyss, Degonda, Bühler & Furrer, 2022). Aus diesem Grund beschäftigt sich dieses Projekt mit der Einbindung einer AR-Applikation in die Stationen eines Lehr-Lern-Labors. Die insgesamt sechs verschiedenen Experimente bilden die Grundlage einer experimentellen Vertiefung zum Themengebiet des Elektromagnetismus, welche teilweise über den Lehrplaninhalt der zehnten Klasse hinausgehen. Durch die Erweiterung der Schülerexperimente mit der AR-Applikation können Visualisierungen der zugrundeliegenden Modelle realisiert werden. Es gelten zum einen Modelle im Allgemeinen als auch Visualisierungen als lernförderlich (Kircher, Girwidz & Fischer, 2020; Mikelskis-Seifert, 2004). Nach Schiefele bilden zusätzlich neben den allgemeinen kognitiven Grundvoraussetzungen und motivationalen Faktoren auch die persönliche Interessensdisposition einen Faktor für erfolgreiches Lernen (Schiefele, 2009). In welchem Zusammenhang Lernen und Interesse stehen, ist jedoch nicht final geklärt (Habig, van Vorst & Sumfleth, 2018).

Auf Grundlage der Person-Gegenstands-Konzeption von Krapp (Krapp, 2002), hat die Interessantheit eines Gegenstandes einen Einfluss auf das situationale Interesse. Eine Lernumgebung kann durchaus als ein Interessensgegenstand betrachtet werden (Habig et al., 2018) und könnte somit einen Einfluss auf das Interesse und somit auch auf das Lernen haben. Mittels dieses theoretischen Hintergrunds analysiert dieses Projekt das situationale Interesse und vergleicht dabei drei verschiedene Darbietungsarten der Experimente: klassisch

durchgeführte Experimente, Experimente, welche mit einer Simulation ergänzt werden und Experimente, die durch eine entwickelte AR-Applikation unterstützt sind.

Ziel ist es herauszufinden, welche Darbietungsform, welchen Einfluss auf das situationale Interesse hat und zusätzlich welche Auswirkung die Darstellung auf die kognitive Belastung hat.

Pilotierung

Insgesamt haben 66 Schülerinnen und Schüler der zehnten Klasse mehrerer Würzburger Gymnasien an der Pilotierung im Juli 2022 teilgenommen. Die teilnehmenden Klassen wurden zu Beginn des Lehr-Lern-Labors im M!ND-Center der Universität Würzburg zufällig in drei Gruppen eingeteilt. Anschließend wurde der Pretest innerhalb von ca. 15 Minuten bearbeitet (Schwanke & Trefzger, 2020). Danach absolvierten die Schülerinnen und Schüler das Stationenlernen nach dem bereits vorgestellten Studiendesign (Schwanke, Kreikenbohm & Trefzger, 2021) und die Zwischentests nach jedem der drei Blöcke zu den Konstrukten des situationalen Interesses (Habig et al., 2018) und des Cognitive Loads (Klepsch, Schmitz & Seufert, 2017). Trotz der hohen Rotation von Darbietungsform und der verschiedenen Experimente sind insgesamt keine Komplikationen aufgetreten.

Ergebnisse

Alle verwendeten Testinstrumente wiesen ein hohes Maß für die interne Konsistenz auf und wurden analysiert. Leider lag nach Auswertung der Daten in allen Konstrukten eine große Streuung vor, welche durch die geringe Anzahl der Teilnehmenden erklärt werden könnte. Zusätzlich können als weitere Faktoren der Zeitraum, welcher in den letzten zwei Schulwochen vor den Sommerferien lag, und die wetterbedingten Umstände, mit Temperaturen um die 35 Grad Celsius im Schatten, angebracht werden.

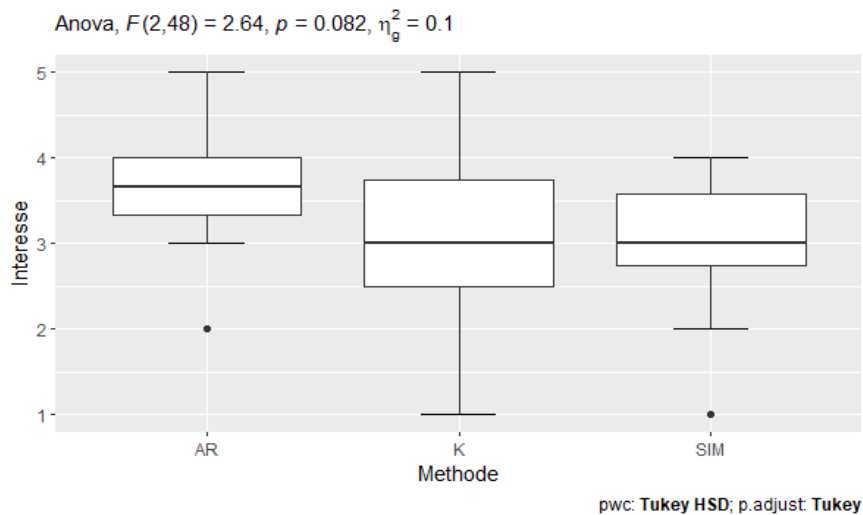


Abb. 1 Subskala Interesse/Vergnügen des KIM bezogen auf die Methode für den Stationenblock 5/6

Dennoch ergaben sich erste Tendenzen. Somit konnte aus den Daten der Kurzsкала Intrinsischer Motivation (KIM) (Wilde, Bätz, Kovaleva & Urhahne, 2009), für die Subskala

Interesse / Vergnügen ein Unterschied zwischen dem Wert und der Methode (K = Klassisch, AR = Augmented Reality, SIM = Simulation) für den Stationsblock 5/6 extrahiert werden (vgl. Abb. 1).

Ausblick

Ab Mitte November 2022 ist die Hauptstudie geplant. Diese wurde vom Staatsministerium für Unterricht und Kultus des Bundeslandes Bayern genehmigt. Es wird mit einer Teilnahme von ca. 400 Schülerinnen und Schülern geplant. Eine wesentliche Veränderung erfolgt im Studiendesign.

Um einen zeitlichen Verlauf der Konstrukte zu ermöglichen, werden in der Hauptstudie zusätzlich die Reihenfolge der Experimente rotiert. Demnach erfolgt die erste Durchführung nach Punkt „A“, die zweite nach Punkt „B“ usw. Das ursprüngliche Design ist in Abbildung 2 unter dem Punkt „A“ dargestellt und wurde entsprechend erweitert. Zum Verständnis der Abbildung ist zu erwähnen, dass die kräftigen Farben der verwendeten Methode als Balken im Hintergrund verlaufen. Die jeweiligen Stationen-Blöcke sind mittels der Farben in dem Kasten der Gruppe dargestellt.

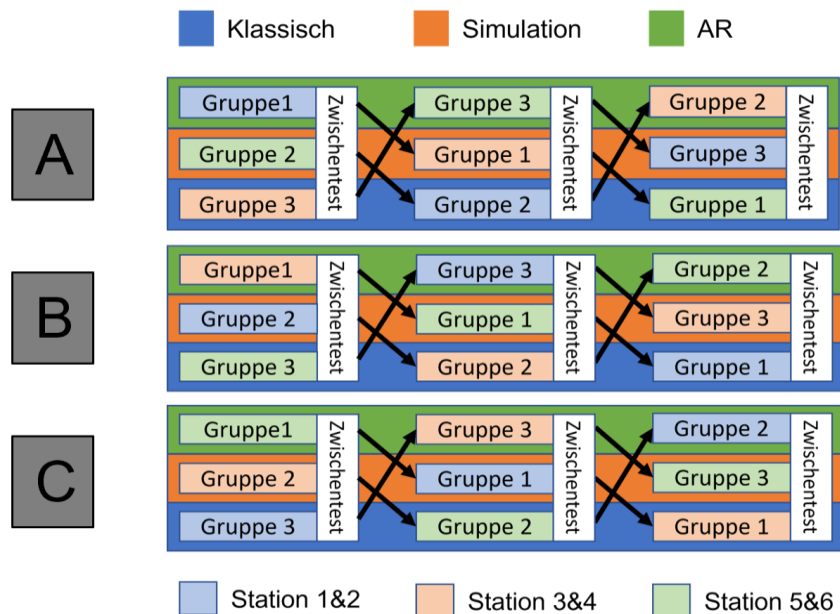


Abb. 2: Studiendesign Hauptstudie

Zu der Veränderung des Studiendesigns werden in der Hauptstudie alle Lernmaterialien mittels der digitalen Lernplattform tet.folio (Haase, Kirstein, Nordmeier, 2016) angeboten. Durch entsprechende Verlinkungen werden die verschiedenen Testinstrumente digital eingebunden, um eine papierlose Durchführung zu gewährleisten.

Literatur

- Habig, S., van Vorst, H. & Sumfleth, E. (2018). Merkmale kontextualisierter Lernaufgaben und ihre Wirkung auf das situationale Interesse und die Lernleistung von Schülerinnen und Schülern. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 24(1), 99–114. <https://doi.org/10.1007/s40573-018-0077-8>
- Kircher, E., Girwidz, R. & Fischer, H. E. (2020). *Physikdidaktik | Grundlagen* (4. Auflage). Berlin: Springer Spektrum.
- Klepsch, M., Schmitz, F. & Seufert, T. (2017). Development and Validation of Two Instruments Measuring Intrinsic, Extraneous, and Germane Cognitive Load. *Frontiers in Psychology*, 8, 1997. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01997>
- Krapp, A. (2002). Structural and dynamic aspects of interest development: theoretical considerations from an ontogenetic perspective. *Learning and Instruction*, 12(4), 383–409. [https://doi.org/10.1016/S0959-4752\(01\)00011-1](https://doi.org/10.1016/S0959-4752(01)00011-1)
- Mikelskis-Seifert, S. (2004). *Erforschen, Entdecken, Erklären*. (Modulbeschreibungen des Programms SINUS-Transfer Grundschule. Naturwissenschaften. G2). Kiel. Verfügbar unter: <https://www.fachportal-paedagogik.de/literatur/vollanzeige.html?FId=1003631>
- Schiefele, U. (2009). Situational and Individual Interest. In K. R. Wentzel & A. Wigfield (Eds.), *Handbook of motivation at school* (Educational psychology handbook series, 1st ed., S. 211–236). New York: Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203879498-16>
- Schwanke, H., Kreikenbohm, A. & Trefzger, T. (2021). Augmented Reality in Schülerversuchen der E-Lehre in der Sekundarstufe I. In Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDCP) (Hrsg.), *Naturwissenschaftlicher Unterricht und Lehrerbildung im Umbruch?* (Band 41, Band 41, S. 641–644). Universität Duisburg-Essen. Verfügbar unter: https://www.gdcp-ev.de/wp-content/tb2021/TB2021_641_Schwanke.pdf
- Schwanke, H. & Trefzger, T. (2020). Augmented Reality in Schulversuchen der E-Lehre in der Sekundarstufe I. In V. Nordmeier & H. Grötzebauch (Hrsg.), *PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung: 2020: Bonn*. Verfügbar unter: <http://phydid.physik.fu-berlin.de/index.php/phydid-b/article/view/1052>
- Sebastian Haase, Jürgen Kirstein, Volkhard Nordmeier. (2016). tet.folio: Neue Ansätze zur digitalen Unterstützung individualisierten Lernens. *Didaktik der Physik, Frühjahrstagung - Hannover 2016*.
- Tönnis, M. (Hrsg.). (2010). *Augmented Reality* (Informatik im Fokus). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-14179-9>
- Wilde, M., Bätz, K., Kovaleva, A. & Urhahne, D. (2009). Überprüfung einer Kurzsкала intrinsischer Motivation (KIM). *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 2009(15), 31–45.
- Wyss, C., Degonda, A., Bühler, W. & Furrer, F. (2022). The Impact of Student Characteristics for Working with AR Technologies in Higher Education—Findings from an Exploratory Study with Microsoft HoloLens. *Information*, 13(3), 112. <https://doi.org/10.3390/info13030112>

Dominique Holland¹
Karsten Rincke¹

¹Universität Regensburg

Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) kooperativ gestalten Vergleich disziplinärer und interdisziplinärer Kooperation bei der Planung von BNE-Unterricht

Die Studie untersucht die Integration des Bildungskonzeptes „Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE)“ in der universitären Lehrerbildung. Von Interesse ist die Frage, wie der bildungspolitische Anspruch, BNE als Querschnittsthema aus allen Fächern heraus zu unterrichten (UNESCO 2014), bereits wirksam im Lehramtsstudium implementiert werden kann. Hierfür wurde im Rahmen der Studie ein neues kooperatives BNE-Seminar entwickelt, anhand dessen die unterschiedlichen Qualitäten disziplinärer und interdisziplinärer Kooperation bei der BNE-Unterrichtsplanung betrachtet werden.

Die Umsetzung von BNE ist für Lehrkräfte herausfordernd, da BNE-Themen typisch solche sind, die sich nicht allein einer (natur)wissenschaftlichen Disziplin zuordnen lassen. Hinzu kommt, dass es bisher an einer strukturellen Verankerung von BNE in der Lehrerbildung fehlt. In den BNE-Kompetenzmodellen der Lehrerbildung¹ wird Lehrerkooperation für die Umsetzung von BNE eine bedeutende Rolle zugesprochen, um den Anforderungen, die BNE-Unterricht an die einzelne Lehrkraft stellt, gerecht zu werden. Ein Argument für Lehrerkooperation ist zum Beispiel, dass diese die Behandlung komplexer Nachhaltigkeitsfragen im Unterricht ermöglicht (Steiner, 2011). Betrachtet man empirische Ergebnisse zu Lehrerkooperation, so zeigen sich Hinweise auf deren positive Einflüsse, zum Beispiel in Bezug auf Entlastung und Burnout-Prävention (Aldorf, 2015; Huber, 2012). Eine Voraussetzung, damit Kooperation jedoch überhaupt stattfindet, ist, dass die Gelingensbedingungen von Kooperation erfüllt sind (Gräsel et al. 2006). Dies sind u.a. das Vorhandensein eines gemeinsamen Ziels und eine klare Rollen- und Aufgabenverteilung.

In der hier vorgestellten Studie wird ein qualitatives Vergleichsgruppendesign gewählt und im Rahmen eines kooperativen BNE-Seminars die Teilnehmerzusammensetzung zweier Gruppen Lehramtsstudierender bei der gemeinsamen BNE-Unterrichtsplanung variiert. In einer disziplinären Gruppe arbeiten Physiklehramtsstudierende zusammen, eine interdisziplinäre Gruppe hingegen besteht aus Lehramtsstudierenden verschiedener Fachrichtungen (u.a. Deutsch, Englisch, Kunst, Musik, Biologie, Chemie, Physik). Die in der Studie vorgenommene Variation der Teilnehmerzusammensetzung knüpft an den bisher in der Forschung postulierten, aber noch nicht empirisch untersuchten Mehrwert interdisziplinärer Kooperation für die Umsetzung von BNE an. Da die derzeitige Ausbildungsstruktur von Lehrkräften fächerzentriert ist und auch der spätere Schulalltag durch den Stundenplan in Fächer zergliedert ist, stellt sich die Frage, wie dennoch der interdisziplinäre Anspruch von BNE erfüllt werden kann. Die vorliegende Studie untersucht deshalb die unterschiedlichen Qualitäten disziplinärer

¹ Zu nennen sind hier beispielsweise das KOM-BINE-Modell (Rauch et al, 2008) oder die Kompetenzempfehlungen des Netzwerks LeNa (Stoltenberg et al., 2014).

und interdisziplinärer Kooperation bei der Entwicklung von BNE-Unterricht. Die Forschungsfragen betrachten hierfür eine evaluative und eine potentiell verallgemeinerbare Ebene. Auf der evaluativen Ebene wird untersucht, welche Akzeptanz die Studierenden hinsichtlich des neuen Seminarformats äußern und wie die kooperative Unterrichtsplanung wahrgenommen wird. Dabei ist von Interesse, welche Relevanz die Studierenden BNE für ihren späteren Fachunterricht beimessen und ob das Seminar geeignet war, die Bedingungen gelingender Kooperation zu schaffen. Auf der potentiell verallgemeinerbaren Ebene wird das parallele Auftreten von Gruppenunterschieden in Zusammenhang mit der Variation der Gruppenzusammensetzung betrachtet. Es werden Hypothesen generiert, wie die Gruppenzusammensetzung auf die inhaltliche oder soziale Qualität der kooperativen Arbeit rückwirkt.

Ziel des Seminars ist die Förderung von BNE-Kompetenzen zur Gestaltung von Online-BNE-Unterricht. Das Online-Format ist dabei eine Rahmenbedingung der Studie, die durch die Corona-Pandemie und die damit einhergehenden Schließungen der Bildungseinrichtungen bedingt war. Im Seminar erhalten die Studierenden zunächst eine Einführung zu BNE und zu den Grundprinzipien der Gestaltung von Online-Unterricht. Daraufhin entwickeln die Studierenden gemeinsam eine Online-BNE-Unterrichtsstunde und erproben diese im Rahmen von virtuellen Schulklassenbesuchen. Im Anschluss an die Durchführung wird ein Schülerfeedback zur wahrgenommenen Unterrichtsqualität eingeholt. Anhand der Rückmeldungen der Schülerinnen und Schüler reflektieren die Studierenden gemeinsam die Erfahrungen der Unterrichtsdurchführung und überarbeiten die ursprüngliche Planung.

Jeweils nach Seminarteilnahme wird mit den Studierenden ein qualitatives Leitfadenterview durchgeführt. In den Interviews soll herausgefunden werden, wie die Studierenden das neu entwickelte Seminarconcept wahrnehmen. Insbesondere ist bei den Interviews von Interesse, wie die Studierenden die disziplinäre bzw. interdisziplinäre Kooperation mit den anderen Seminarteilnehmenden bewerten. Hier soll untersucht werden, ob die gemeinsame Unterrichtsplanung als hilfreich oder als Hemmnis empfunden wurde und welchen Stellenwert die Studierenden in beiden Gruppen der kooperativen Unterrichtsplanung bei BNE-Unterricht zuweisen. Des Weiteren fertigen die Studierenden vor und nach Seminarteilnahme schriftliche Bewertungen zu einer *vorgegebenen* BNE-Unterrichtsplanung an. In den Bewertungen beschreiben die Studierenden, inwiefern sie die vorgegebene BNE-Unterrichtsplanung als gelungen für die Umsetzung von BNE ansehen. Anhand der Bewertungen wird untersucht, ob sich die Wahrnehmung der Studierenden vor und nach Seminarteilnahme verändert und welche Unterschiede sich auf Individual- und Gruppenebene zeigen.

Die Auswertung erfolgt mittels einer qualitativen Inhaltsanalyse und orientiert sich an dem Verfahren nach Udo Kuckartz (2018). Dabei wird zur Unterstützung die Software MAXQDA genutzt. Es wird eine Mischung aus inhaltlich strukturierend und evaluativer qualitativer Inhaltsanalyse angewendet. Die einzelnen Codier-Zyklen wurden im Team durchlaufen und alle Dokumente gemeinsam mit einem unabhängigen Zweitcodierer doppelt codiert. Anschließend wurde die Übereinstimmung der Codierungen in Rahmen einer kommunikativen Validierung überprüft. Bei der Analyse der Codierungen werden die Codehäufigkeiten der graduellen Kategorien betrachtet, um Aussagen zur Akzeptanz des Seminars und dem Ge-

lingen der Kooperation treffen zu können. Hierfür wurden die absoluten und relativen Häufigkeiten der Ausprägungsgrade der Kategorien berechnet. Darüber hinaus werden systematische Summarys einzelner Kategorien verfasst und Gruppen- und Fallvergleiche erstellt.

Im Folgenden werden erste Ergebnisse aus der Analyse der Interviews präsentiert. Diese sind vor dem Hintergrund zu interpretieren, dass es sich um eine freiwillige Seminarteilnahme handelt und in der Interviewsituation damit zu rechnen ist, dass der Effekt der sozialen Erwünschtheit Einfluss übt.

FF1a: Akzeptanz Seminar? → Antwort: JA: Die Inhalte und Methoden erfahren in beiden Gruppen eine sehr hohe Akzeptanz. Das digitale Format wird insgesamt ebenfalls positiv bewertet. Negativ empfunden werden das erschwerte persönliche Kennenlernen und die gehemmte Kommunikation im Online-Seminar. Beide Gruppen bezeichnen BNE als ein wichtiges Gesellschaftsthema der Zukunft und sehen die Vorteile von Online-BNE-Unterricht bzgl. der Verfügbarkeit und Verbreitung der Materialien im digitalen Format. Wahrgenommene Nachteile des Online-Unterrichts sind der Mangel an technischer Ausstattung und Unterstützung der Schülerinnen und Schüler, der Ungleichheit schafft. Ebenfalls wird das Fehlen von direkten Ansprechpartnern im asynchronen Format negativ gesehen, wodurch bei Problemen oder Fragen der Lernenden keine spontane Adaption des Unterrichts möglich ist.

FF1b: Gelungene Kooperation? → Antwort: JA: In beiden Gruppen wurden die Gelingensbedingungen für Kooperation als überwiegend erfüllt wahrgenommen. Dabei werden die gemeinsame Unterrichtsplanung, Kommunikation und Aufgaben- und Rollenverteilung in der interdisziplinären Gruppe positiver wahrgenommen. Dieser Unterschied lässt sich jedoch nicht auf die Teilnehmerzusammensetzung, sondern auf die Teilnehmerzahl der Gruppen zurückführen. In der interdisziplinären Gruppe haben zwei kleinere Gruppen aus je vier Personen zusammengearbeitet, während die disziplinäre Gruppe aus sieben Personen bestand.² Letztere wurde als zu groß empfunden, mit der Begründung, dass zu viele Ideen miteinander konkurrierten und eine Entscheidungsinstanz bei den Diskussionen fehlte.

FF2: Unterschiedliche Qualitäten der Kooperation/Zusammenhang mit Fächerzusammensetzung? → Antwort: Teilweise: Es zeigen sich keine Gruppenunterschiede bzgl. der Akzeptanz des Seminars sowie der wahrgenommenen Selbstwirksamkeit bei der Umsetzung von BNE. Gruppenunterschiede zeigen sich bei der zugeschriebenen Relevanz des eigenen Fachs für BNE. In der disziplinären Gruppe wird Physik als geeignet für BNE wahrgenommen, aber die Studierenden bezweifeln die Möglichkeit, BNE aufgrund der stofflichen Fülle im normalen Physikunterricht integrieren zu können und sehen hierfür eher einen fächerübergreifenden Projektunterricht als geeignet. In der interdisziplinären Gruppe wird BNE nicht als Hauptschwerpunkt für die Fächer bzw. den Unterricht wahrgenommen, aber die Studierenden sehen gute Anknüpfungspunkte für ihren Unterricht. **Ausblick:** Ziel der weiteren Analyse ist es, Hypothesen bzgl. der Qualitäten von inter(disziplinärer) Kooperation für die Integration von BNE in der universitären Lehrerbildung zu generieren.

² Die unterschiedliche Gruppengröße hatte pragmatische Gründe, da in der interdisziplinären Gruppe verschiedene Schularten vertreten waren und daher eine Unterrichtsplanung für die Grundschule und eine für die Sekundarstufe I erstellt wurde.

Literatur

- Ahldorf, A.: Lehrerverbaterung und die Effektivität von Lehrerverbaterung. 2015.
- Ahlgrimm, F., Krey, J. & Huber, S. G. (2012). Kooperation - was ist das? Implikationen unterschiedlicher Begriffsverständnisse. In S. G. Huber & F. Ahlgrimm (Hrsg.), Kooperation. Münster: Waxmann, 17-30
- Huber, S. G. & Ahlgrimm, F. (Hrsg.). (2012). Kooperation: Aktuelle Forschung zur Kooperation in und zwischen Schulen sowie mit anderen Partnern. Münster: Waxmann
- Gräsel, C./Fussangel, K. et al.: Lehrkräfte zur Kooperation anregen - eine Aufgabe für Sisyphos? In: Zeitschrift für Pädagogik 52 (2). 2006. S. 205–219.
- Kuckartz, U. (2018): Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung. 4. Aufl. Weinheim, Basel: Beltz Juventa
- Rauch, F., Streissler, A. & Steiner, R. (2008): Kompetenzen für Bildung für nachhaltige Entwicklung (KOM-BINE). Konzepte und Anregungen für die Praxis. Wien: Bundesministerium für Unterricht, Kunst und Kultur
- Steiner, R. (2011): Kompetenzorientierte LehrerInnenbildung für Bildung für nachhaltige Entwicklung. Kompetenzmodell, Fallstudien und Empfehlungen. Münster: Verl.-Haus Monsenstein und Vannerdat
- Stoltenberg, U. et al. (2014): Forschung zur Lehrerverbaterung für eine nachhaltige Entwicklung. Ein Positionspapier zur Ausgestaltung von Forschungsprogrammen in Deutschland, Österreich und der Schweiz. Hg. v. LeNa - Deutschsprachigen Netzwerk LeNa – LehrerInnenbildung für eine nachhaltige Entwicklung. Lunenburg
- UNESCO (2014): UNESCO-Roadmap zur Umsetzung des Weltaktionsprogramms "Bildung für nachhaltige Entwicklung". Bonn: Dt. UNESCO-Kommission

Katharina Forster¹
Jenna Koenen¹

¹Technische Universität München

BNE-Kompetenzen in der Lehrkräftebildung – ein systematisches Review

Ausgangslage & theoretischer Hintergrund

In den letzten Jahrzehnten gewann und gewinnt das Thema Nachhaltigkeit zunehmend an Bedeutung und rückt immer mehr in den Fokus des öffentlichen Lebens, nicht zu Letzt ausgelöst durch Debatten über den Klimawandel und anderen globalen Krisen (Neckel et al., 2018). Folglich nimmt Nachhaltigkeit heutzutage einen wesentlichen Stellenwert in gesellschaftlichen Diskussionen ein, deren Relevanz zudem durch die von Schüler*innen ausgehende Fridays for Future-Bewegung unterstrichen wird (Sommer et al., 2019). Gleichzeitig zeigt das große Interesse der Schüler*innen an der Nachhaltigkeitsthematik wie wichtig eine Thematisierung im Sinne einer Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) insbesondere im Schulunterricht ist.

Eine Integration von BNE in den Schul- und Hochschulkontext wird zudem von zahlreichen politischen Beschlüssen gefordert, mit dem Ziel eine qualitätsorientierte Bildung zu fördern sowie Menschen zu befähigen, sich an einer nachhaltigen Entwicklung der Gesellschaft zu beteiligen (Deutsche UNESCO-Kommission, 2014; KMK, 2017). Bildung für nachhaltige Entwicklung stellt dabei ein internationales wertorientiertes Konzept dar, welches eine aktive Teilhabe und Gestaltung der Gesellschaft unter Berücksichtigung von ökologischen, ökonomischen und sozialen Aspekten bei den Individuen fördert. Es bezieht sich somit auf alle gesellschaftlichen und industriellen Punkte sowie auf die Naturwissenschaften, insbesondere auf den Fachbereich Chemie. Im Kontext der Nachhaltigkeit kommt der Chemie insofern eine Schlüsselrolle zu, da sie mithilfe (neuer) chemischer Technologien und Prozesse einen wesentlichen Beitrag zur Umsetzung von Nachhaltigkeit leisten kann (Linkwitz et al., 2021).

Das favorisierte Konzept der Umsetzung von BNE im Bildungskontext ist kompetenzorientiert und bezieht sich vorwiegend auf die Gestaltungskompetenz nach de Haan (2007). Als Gestaltungskompetenz wird dabei die Fähigkeit bezeichnet, Wissen über nachhaltige Entwicklung anzuwenden und Probleme nicht nachhaltiger Entwicklung erkennen zu können. Diese wird wiederum in 12 Teilkompetenzen (z. B. vorausschauend Entwicklungen analysieren und beurteilen können) differenziert (de Haan, 2007).

Ein zentraler Stellenwert bei der Umsetzung von BNE und der Vermittlung der entsprechenden Kompetenzen wird der Lehrkräftebildung zuteil, insbesondere durch spezielle Kenntnisse und Fähigkeiten über welche angehenden Lehrkräfte verfügen müssen, wie beispielsweise das Wissen über BNE-spezifische Methoden, (Hellberg-Rode und Schrüfer, 2016).

Die aktuelle Forschungslage zeigt jedoch, dass trotz der hohen Relevanz der universitären Lehrkräftebildung für eine erfolgreiche Umsetzung von BNE im Schulkontext bisher kaum eine Einbindung in die Lehrkräftebildung stattgefunden hat (Vbw, 2021). Des Weiteren zeigten Imara und Altinay (2021) anhand eines systematischen Reviews unter Einbezug von 33 Studien zwar eine erste Auflistung von 21 Kompetenzen, welche in der Lehrkräftebildung für eine Integration von BNE notwendig sind, jedoch sind diese übergreifend und nicht auf

Naturwissenschaften bezogen. Zudem werden die Kompetenzen nur aufgelistet und es erfolgt keine Modellbildung, im Sinne eines Kompetenzmodells des notwendigen Professionswissens von Lehrkräften zur adäquaten Vermittlung von BNE im Unterricht. Ein solches wäre aber zur systematischen Förderung des Professionswissens von Lehrkräften notwendig.

Zielstellung

Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, über welche Kompetenzen und welches Wissen im Speziellen Lehrkräfte der Naturwissenschaften verfügen müssen, um einen BNE-spezifischen Unterricht planen und durchführen zu können. Das Forschungsziel ist somit einen Überblick sowie eine Systematisierung des Wissens und der Kompetenzen von Lehrkräften zur Planung und Durchführung eines hochwertigen BNE-spezifischen naturwissenschaftlichen Unterrichts zu generieren.

Systematisches Review

Zur Beantwortung dieser Fragestellung wird ein systematisches Review nach dem PRISMA-Statement (Liberati et al., 2009) durchgeführt. Die Vorgehensweise wurde dabei in vier Schritte unterteilt.

Festlegung Suchkriterien

Im ersten Schritt wurden die Suchkriterien anhand der Ein- und Ausschlusskriterien festgelegt (vgl. Tabelle 1). Wesentlich ist dabei, dass ausschließlich Studien die sich auf Lehramtsstudierende oder Lehrende als Stichprobe beziehen miteingeschlossen werden sollen. Zudem wurde der Publikationszeitraum ab 1992 festgelegt, da auf dieses Jahr die Anfänge der BNE-Forschung im Zuge der Konferenz für Umwelt und Entwicklung der Vereinten Nationen in Rio de Janeiro 1992 zurückzuführen sind (Ibisch et al., 2018).

Tab.1: Darstellung der festgelegten Suchkriterien.

| Suchkriterium | Einschluss | Ausschluss |
|----------------------|---|--|
| Stichprobe | <ul style="list-style-type: none"> • Lehramtsstudierende • Lehrende | <ul style="list-style-type: none"> • Schüler*innen • Studierende, die kein Lehramt studieren |
| Publikationszeitraum | <ul style="list-style-type: none"> • Ab 1992 | <ul style="list-style-type: none"> • Literatur vor 1992 |
| Publikationssprache | <ul style="list-style-type: none"> • Englisch • Deutsch | <ul style="list-style-type: none"> • Alle anderen Sprachen |
| Publikationsqualität | <ul style="list-style-type: none"> • Peer-Review | <ul style="list-style-type: none"> • Ohne Peer-Review |
| Publikationsform | <ul style="list-style-type: none"> • Aufsatz/Artikel • Zeitschriftartikel • Sammelbandbeiträge | <ul style="list-style-type: none"> • Monographien (Dissertationen; Habilitationen) |
| Publikationsdatei | <ul style="list-style-type: none"> • PDF-Volltext vorhanden | <ul style="list-style-type: none"> • PDF-Volltext nicht vorhanden |

Ferner wurden die folgenden Suchbegriffe und der entsprechend Suchstrang festgelegt: „Bildung für nachhaltige Entwicklung“ OR „BNE“ OR „Nachhaltiger Unterricht“ AND „Kompetenzen“ OR „Wissen“ AND „Lehrerbildung“ OR „Lehrkräftebildung“. Zudem wurden für die englischsprachige Suche die Suchbegriffe synonym auf Englisch verwendet.

Systematische Datenbankrecherche

Die systematische Datenbankrecherche erfolgte anschließend mittels drei bekannter wissenschaftlicher Datenbanken Web of Science, ERIC, EBSCO Host sowie der BNE-spezifischen Datenbank BNELIT (Bildung für nachhaltige Entwicklung: Literatur und Materialien). Insgesamt lieferte die Recherche nach Beachtung der Suchkriterien sowie der Aussortierung der doppelten Artikel $N = 284$ Treffer.

1. Screening (Titel & Abstract)

Im nächsten Schritt wurden die erhaltenen Treffer hinsichtlich des Titels und der Abstracts gesichtet. Dabei wurde jeweils der Frage nachgegangen, ob einerseits der Titel zur Fragestellung passt und andererseits der Abstract die festgelegten Suchkriterien (vgl. Tabelle 1) beinhaltet. Der Artikel wurde jeweils ausgeschlossen, falls dies nicht gegeben war, sodass sich insgesamt die Trefferzahl auf $N = 157$ reduzierte.

2. Screening (Naturwissenschaften)

Bei der Auswahl der Suchbegriffe im ersten Schritt, wurde darauf verzichtet den Begriff „Naturwissenschaften“ mitaufzunehmen, da ansonsten die Suche im ersten Schritt zu detailliert gewesen wäre und gegebenenfalls Artikel nicht gefunden worden wären. Aus diesem Grund erfolgte nun im zweiten Screening die Aussortierung von nicht-naturwissenschaftlichen Artikel. Als Naturwissenschaften wurden dabei Chemie, Biologie, Physik, Informatik, Mathematik, Geographie sowie Technik verstanden. Alle Artikel, die sich auf eine oder mehrere dieser Naturwissenschaften bezogen, wurde mitaufgenommen. Es ergab sich eine finale Trefferzahl von $N = 54$ Artikeln, welche nun die Grundlage für die weitere Auswertung darstellen.

Fazit & Ausblick

Die erste Sichtung der eingeschlossenen Studien zeigte, dass das Thema Bildung für nachhaltige Entwicklung generell aber auch im Zusammenhang mit der Lehrkräftebildung ein wichtiges und zunehmendes Forschungsfeld darstellt. So fand in den letzten fünf Jahren verstärkt Forschung in diesem Bereich statt. Das Screening hinsichtlich der Verortung der jeweiligen Artikel je nach naturwissenschaftlicher Disziplin ließ erkennen, dass Studien in allen Naturwissenschaften, abgesehen der Informatik, erfolgen. Dies unterstreicht die Auffassung von Bildung für nachhaltige Entwicklung als übergreifendes Konzept.

Aufbauend auf die Ergebnisse des systematischen Reviews soll nun die Herausarbeitung der entsprechenden Kompetenzen und Wissensfacetten erfolgen, die die Grundlage für die Entwicklung eines Kompetenzmodells für Bildung für nachhaltige Entwicklung in den Naturwissenschaften darstellen. Dabei soll die Kategorienbildung induktiv aus den eingeschlossenen Artikeln mittels der Auswertung in MAX-QDA erfolgen. In einem nächsten Schritt erfolgt die Validierung des Kompetenzmodells anhand einer zwei-schrittigen explorativen Delphi-Studie unter Einbezug von Experten im Bereich BNE und Naturwissenschaftsdidaktik.

Literatur

- Deutsche UNESCO-Kommission (2014). UNESCO-Roadmap zur Umsetzung des Weltaktionsprogramms „Bildung für nachhaltige Entwicklung“. Bonn: DUK.
- de Haan, G. (2007). Orientierungshilfe Bildung für nachhaltige Entwicklung in der Sekundarstufe I: Begründungen, Kompetenzen, Lernangebote.
http://www.transfer-21.de/daten/materialien/Orientierungshilfe/Orientierungshilfe_Kompetenzen.pdf.
- de Haan, G. (2008). Gestaltungskompetenz als Kompetenzkonzept der Bildung für nachhaltige Entwicklung. In I. Bormann & G. de Haan (Hrsg.), *Kompetenzen der Bildung für nachhaltige Entwicklung* (S. 23-43). Wiesbaden: Verlag für Sozialwissenschaften.
- Hellberg-Rode, G.; Schrüfer, G. (2016). Welche spezifischen professionellen Handlungskompetenzen benötigen Lehrkräfte für die Umsetzung von Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE)? In: *Zeitschrift für Didaktik der Biologie* 20/2016, 1-29.
- Ibisch, P. L.; Molitor, H.; Conrad, A.; Walk, H.; Mihotovic, V.; Geyer, J. (Hrsg.). (2018). *Der Mensch im globalen Ökosystem*. München: Oekom.
- Imara, K.; Altinay, F. (2021). Integrating Education for Sustainable Development Competencies in Teacher Education. *Sustainability* 2021, 13, 12555. <https://doi.org/10.3390/su132212555>.
- KMK. (2017). *Zur Situation und zu Perspektiven der Bildung für nachhaltige Entwicklung: Bericht der Kultusministerkonferenz vom 17.03.2017*.
- Liberati, A., Altman, D. G., Tetzlaff, J., Mulrow, C., Gøtzsche, P. C., Ioannidis, J. P. A., et al. (2009). The PRISMA Statement for Reporting Systematic Reviews and Meta-Analyses of Studies That Evaluate Health Care Interventions: Explanation and Elaboration. *PLoS Medicine*, 6(7), e1000100. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000100>
- Linkwitz, M.; Belova, N.; Eilks, I. (2021) Grüne und nachhaltige Chemie bereits im Chemieunterricht der SI? Das Projekt „Cosmetics go green“. In: *Chemie konkret*, 28, 155-161.
- Neckel, S., Besedovsky, N., Boddenberg, M., Hasenfratz, M., Pritz, S. M., Wiegand, T. (2018). *Die Gesellschaft der Nachhaltigkeit*. Bielefeld: transcript Verlag.
- Sommer, M., Rucht, D., Haunss, S. & Zajak, S. (2019). *Fridays for Future: Profil, Entstehung und Perspektiven der Protestbewegung in Deutschland*. Freie Universität Berlin.
- Vbw - Vereinigung der Bayerischen Wirtschaft e. V. (Hrsg.) (2021). *Nachhaltigkeit im Bildungswesen – was jetzt getan werden muss*. Münster: Waxmann.

Kritisches Denken in Bezug zum Klimawandel

Eines der 17 UN-Nachhaltigkeitsziele (Vereinte Nationen, 2015), auf die sich die Weltgemeinschaft im Jahr 2015 geeinigt hat, gibt vor, Klimawandel und Nachhaltigkeit auch in den Lehrplänen der Schulen zu behandeln. Darüber hinaus fordern Schüler*innen der „Fridays for Future“-Bewegung die Repräsentation des Klimawandels in allen Fächern im Lehrplan, um diesem Thema „mehr Aufmerksamkeit und Expertise (zu, Anm.) verleihen“ (Fridays for Future). Die Wichtigkeit den Klimawandel im schulischen Kontext zu thematisieren, ist außerdem nicht nur durch eigene persönliche Betroffenheiten, sondern auch durch die andauernden öffentlichen Debatten zu rechtfertigen. Gerade in unserem Informationszeitalter bedarf es dabei aber besonderer Sorgfalt, wenn es darum geht, Nachrichten aus zuverlässigen Quellen von jenen zu unterscheiden, die auf Fehlinformationen beruhen. Besonders für Jugendliche kann es schwierig sein, den Unterschied zwischen Fakten und sogenannten „Fake News“ zu erkennen, wenn sie hauptsächlich soziale Medien als Informationsquelle nutzen. Dadurch wird besonders deutlich, wie gefragt die Fähigkeiten des Kritischen Denkens (Critical Thinking = CT) sind. Ferner zeigt sich die Relevanz des Kritischen Denkens bereits jetzt schon in den Allgemeinen Bildungszielen im österreichischen Lehrplan der Sekundarstufe II: „Die Bereitschaft zum selbstständigen Denken und zur kritischen Reflexion ist besonders zu fördern.“ (BMBWF, 2000)

Die Bedeutung von Kritischem Denken wird schon seit längerer Zeit diskutiert, einschließlich der Frage, ob die Fähigkeiten des Kritischen Denkens unabhängig von der Domäne erlernt werden sollten und leicht zwischen verschiedenen Themengebieten übertragen werden können (domänenübergreifend) oder ob diese von Domäne zu Domäne variieren (domänenspezifisch) und daher in einen bestimmten Kontext eingebettet sein sollten (Ennis, 1993; Halpern, 1998; McPeck, 1981). Ein Einblick in bisherige Forschung zeigt, dass es mehrere Tests gibt, die die domänenübergreifenden Fähigkeiten des Kritischen Denkens messen (u.a. Ennis & Wier, 1985; Ennis, Millman & Tomko, 2005; Facione, 2000; Halpern, 2010), aber wenige konzentrieren sich auf den Fachbereich Physik (u. a. Sadidi & Pospiech, 2019; Tiruneh, De Cock, Weldeclassie, Elen & Janssen, 2016; Walsh, C., Quinn, K., Wieman, C., & Holmes, 2019). Es besteht somit ein Bedarf an Tests, die in einem spezifischen physikalischen Kontext die Fähigkeiten des Kritischen Denkens messen. Im Folgenden wird die Definition von Diane Halpern herangezogen, die Kritisches Denken folgendermaßen festlegt:

Critical Thinking is “used to describe thinking that is purposeful, reasoned, and goal directed – the kind of thinking involved in solving problems, formulating inferences, calculating likelihoods, and making decisions, when the thinker is using skills that are thoughtful, effective for the particular context, and type of thinking task.” (Halpern, 1998)

Ihre Auslegung, auch wenn auf alltägliche Situationen bezogen, lässt sich sehr gut auf den naturwissenschaftlichen, aber im Speziellen auf den Fachbereich Physik übertragen und wurde deshalb für diese Studie gewählt.

Neben der Forschung im Bereich des Kritischen Denkens ist darüber hinaus die Forschung zu Schülervorstellungen im Kontext „Klimawandel“ wichtig. Zur Erhebung des Inhaltswissens gibt es das Testinstrument „CCCI-422“ (Wackermann, Schubatzky, Wöhlke & Haagen-Schützenhöfer, 2021), der das inhaltliche Verständnis von Schülerinnen und Schüler zu diesem Thema erfasst. Durch eine Erweiterung mit den Fähigkeiten des Kritischen Denkens soll ein ganzheitliches Bild entstehen.

Forschungsfragen

Die allgemeine Forschungsfrage, die sich in diesem Zusammenhang stellt, ist,

- wie sich das Kritische Denken in Bezug auf den Klimawandel bei Schüler*innen messen lässt?

Jene Unterfrage, die in diesem Beitrag behandelt wird, ist,

- inwieweit die Fähigkeiten des Kritischen Denkens in Bezug auf den Klimawandel bei zukünftigen Physiklehrpersonen entwickelt ist?

Methodisches Vorgehen und Stichprobe

Um diesen ersten Schritt der Entwicklung eines Testinstruments zu bestreiten, wurde für die Beantwortung der untergeordneten Forschungsfrage halbstrukturierte Interviews durchgeführt, um die Argumentationsmuster der Physiklehramtsstudierenden zu bewerten und daraus Antworten als Grundlage zur Erstellung des Multiple-Choice-CT-Testinstruments zu formulieren.

Die halbstrukturierten Interviews wurden mit acht angehenden Physiklehrer*innen an der TU Dresden sowie mit acht Schüler*innen sächsischer Schulen durchgeführt. Dafür wurden durchschnittlich circa zwei Stunden benötigt. Die insgesamt 35 Interviewfragen wurden basierend auf den fünf von Halpern definierten Kompetenzen des Kritischen Denkens (Halpern, 2010) sowie auf den fünf inhaltlichen Themengebieten zum Klimawandel des Testinstruments „CCCI-422“ (Wackermann, Schubatzky, Wöhlke & Haagen-Schützenhöfer, 2021) erstellt (siehe Tab. 1).

Tab.1: Erstellung der Interviewfragen durch Kombination der fünf CT-Kompetenzen nach Halpern und der fünf Konzepte zum Klimawandel im CCCI-422

| Kompetenzen des Kritischen Denkens (CT) nach Halpern | Konzepte zum Klimawandel (CC) im CCCI-422 |
|---|--|
| verbal reasoning | Fakten zur Atmosphäre |
| argument analysis | Klima als System |
| hypothesis testing | Kohlenstoffkreislauf |
| likelihood and uncertainty | Wetter und Klima |
| problem solving and decision making | Treibhauseffekt |

Alle Interviews wurden aufgezeichnet, im Anschluss transkribiert und mit Hilfe der qualitativen Inhaltsanalyse (Kuckartz, 2018) ausgewertet.

Ergebnisse

Es werden hier lediglich die Ergebnisse der Interviews mit den Studierenden der TU Dresden und von nur einer Interviewfrage präsentiert, die folgendermaßen lautet:

Anna und Sophie unterhalten sich über den Einfluss von Kohlenstoffdioxid (CO₂) auf die globale mittlere Temperatur der Erde. Anna behauptet, dass manche Gase in der Atmosphäre mit Infrarotstrahlung wechselwirken und dadurch für die Erhöhung der Temperatur verantwortlich sind. Sophie ergänzt, dass Kohlenstoffdioxid ein Bestandteil der Atmosphäre ist, aber in 2000-mal geringeren Mengen vorhanden ist als Stickstoff (N₂) und sie schließt, dass Kohlenstoffdioxid nicht für die globale Erhöhung der mittleren Temperatur verantwortlich ist. Bewerte die Schlussfolgerung von Sophie und begründe anhand des Textes.

Bei dieser Frage handelt es sich um die Verknüpfung des Kompetenzbereichs „verbal reasoning“ (CT) und des Konzepts „Fakten zur Atmosphäre“ (CC). Würde man nur anhand des Textes argumentieren, kann man nicht auf die Verantwortlichkeit von CO₂ für die globale Erhöhung der mittleren Temperatur schließen, da im Text nicht definiert wurde, ob Kohlenstoffdioxid ein jener Bestandteil der Atmosphäre ist, der mit Infrarotstrahlung wechselwirkt. Das Argument, dass CO₂ in so viel geringeren Mengen vorhanden ist als zum Beispiel Stickstoff, sollte als nicht gültig betrachtet werden. Der Großteil der Studierenden bezieht sich bei dieser Frage ausschließlich auf die geringere Menge und ihrem eigenen Wissen darüber, dass CO₂ bekanntlich für die Erhöhung der globalen Durchschnittstemperatur verantwortlich ist. In ihrer Argumentation möchten sie deutlich machen, dass auch der kleine Anteil von CO₂ in der Atmosphäre eine große Auswirkung haben kann. Begründet wird das mit Bezugnahme auf

- den üblichen Informationen aus den Medien („es gibt öffentliche Debatten darüber“),
- Buch- bzw. Schulwissen (Eigenschaften des Moleküls),
- Alltagserfahrung („kleine Mengen an Gift können tödlich sein“) oder
- eigener Überzeugung/Wissen ohne Begründung („ich weiß es einfach“).

Zusätzlich fällt in der Argumentation der Studierenden auf, dass ihnen Inhaltswissen zur Atmosphärenzusammensetzung fehlt und sie nicht wissen, welche Rolle Stickstoff dabei spielt. Dieses Wissen brauchen sie bei dieser Frage nicht zwingend, da sie nur anhand des Textes argumentieren können, dass die Schlussfolgerung mit den im Text angegebenen Informationen nicht gezogen werden kann. Keine Studierende haben sich bei ihrer Argumentation ausschließlich auf den Text bezogen.

Zusammenfassung und Ausblick

Die Studierende haben Schwierigkeiten, sich bei ihrer Argumentation auf Informationen im Text zu beziehen. Außerdem versuchen sie ihre Begründung mit Aussagen aus den Medien oder eigenem Wissen zu untermauern, was allerdings sehr oft auf fehlerhaftem Faktenwissen basiert. Die nächsten Schritte sind, die Interviews mit Schüler*innen aus Sachsen auszuwerten und aus den gesamten gesammelten Daten und entwickelten Kategorien ein Testinstrument zur Beurteilung der Fähigkeiten des Kritischen Denkens zum Klimawandel zu entwickeln.

Literatur

- Bildungsministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung (BMBWF) (2000). Lehrplan AHS-Unterstufe. Gesamtausgabe, BGBl. II Nr. 133/2000. Wien, Anlage A, Allgemeine Bildungsziele. www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10008568 (abgerufen am 01. Juli 2022)
- Ennis, R. H. (1993). Critical thinking assessment. *Theory Into Practice* 32(3), 179–186
- Ennis, R.H., Millman, J., & Tomko, T. N. (2005). *Cornell critical thinking tests level x & level z manual*. Critical Thinking Company
- Ennis, R. H., & Wier, E. (1985). *The Ennis-Wier critical thinking essay test*. Pacific Grove, CA: Midwest publications
- Facione, P. A. (2000). *The California Critical Thinking Skills Test*. California Academic Press
- Fridays for Future. Allgemeine Forderungen. Unsere Forderungen an die Politik. Landesforderungen. <https://fridaysforfuture.de/forderungen/> (abgerufen am 25. September 2022)
- Halpern, D. F. (1998). Teaching critical thinking for transfer across domains: Disposition, skills, structure training, and metacognitive monitoring, *American Psychologist* 53(4), 449–455
- Halpern, D. F. (2010). *The Halpern critical thinking assessment: Manual*. Schuhfried GmbH
- Kuckartz, U. (2018). *Qualitative Inhaltsanalyse: Methoden, Praxis, Computerunterstützung*, 4th ed., Beltz Juventa, Weinheim, Basel
- McPeck, J. E. (1981). *Critical thinking and education*, New York: St Martin's Press
- Sadidi, F., & Pospiech, G. (2019). Teaching Critical Thinking in the physics classroom: High school students think about antimatter. In: *Journal of Physics: Conference Series* 1287(1), 012063, IOP Publishing
- Schubatzky, T., Wackermann, R., Wöhlke, C., Haagen-Schützenhöfer, C., Lindemann, H., Cardinal, K., & Jedamski, M. (2022). Development of a climate change concept inventory (CCCI-422), für GIREP Conference 2022, GIREP, Ljubljana (Slowenien), 04.07.2022
- Tiruneh, D. T., De Cock, M., Weldeclassie, A. G., Elen, J., & Janssen, R. (2016). Measuring Critical Thinking in Physics. Development and Validation of a Critical Thinking Test in Electricity and Magnetism, *International Journal of Science and Mathematics Education* 15(4), 1–20
- Vereinte Nationen (2015). 17 Ziele für nachhaltige Entwicklung. UNRIC - Regionales Informationszentrum der Vereinten Nationen. <https://unric.org/de/17ziele/> (abgerufen am 25. September 2022)
- Wackermann, R., Schubatzky, T., Wöhlke, C., & Haagen-Schützenhöfer, C. (2021). Entwicklung eines Climate Change Concept Inventory, In: Habig, Sebastian (Hrsg.), *Naturwissenschaftlicher Unterricht und Lehrerbildung im Umbruch? Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik online Jahrestagung 2020*. Duisburg-Essen: GDCEP, 485–488.
- Walsh, C., Quinn, K., Wieman, C., & Holmes, N. G. (2019). Quantifying critical thinking: Development and validation of the physics lab inventory of critical thinking, *Physical Review Physics Education Research* 15, 010135.

Tom Konrad Anton¹
 Christiane S. Reiners¹

¹Universität zu Köln

Didaktische Transformation von SSI am Beispiel von Mikroplastik

Mikroplastik wird im Konzept der Planetary Boundaries (Steffen et al., 2015) aufgrund des ihm zugeschriebenen Potenzials für ungewollte geophysikalische und bzw. oder biologische Auswirkungen berücksichtigt. Außerdem wird es von der Europäischen Kommission (2018) als zunehmendes Problem beschrieben, dessen Auswirkungen teils noch unbekannt sind. Die gesellschaftlichen Herausforderungen von Mikroplastik können als Socioscientific Issues (SSI; Sadler, 2004; Sadler et al., 2007; Hancock et al., 2019) betrachtet werden. Sie stellen kontroverse und offene gesellschaftliche Probleme dar, die eine Möglichkeit zur Förderung der naturwissenschaftlichen Grundbildung bieten (Zeidler et al., 2005, S. 361; Pouliot, 2008, S. 545; Zeidler, Herman & Sadler, 2019, S. 1), da hier erworbenes Fachwissen und wissenschaftliche Denkweisen für individuelle und soziale Zwecke an Gegenständen aus der Lebenswelt angewendet werden können. Durch eine Thematisierung von SSI können Lernende zur Partizipation an, zunehmend wissenschaftlich geprägten, gesellschaftlichen Diskursen und Entscheidungsprozessen durch den Chemieunterricht fachlich begründet angeleitet werden (Hodson, 2003, S. 650 f.; Berkowitz & Simmons, 2003, S. 117; Roth & Désautels, 2004, S. 2). Um diese Prämisse einzulösen, bedarf es Chemielehrer*innen, die als notwendige Bedingung dazu selbst in der Lage sind. Doch dies allein reicht nicht aus, denn als hinreichende Bedingung müssen Chemielehrer*innen über Kompetenzen im Sinne Weinerts (2001) zur Vermittlung von SSI verfügen. Einerseits müssen sie zur konkreten didaktischen Transformation in die Unterrichtspraxis (Saunders & Rennie, 2013, Sadler et al., 2004) fähig sein, andererseits, da pädagogische Überzeugungen ihr Handeln leiten, über entsprechende volitionale Bereitschaften verfügen (Zeidler, 2014, S. 700). Im Folgenden wird auf die hinreichenden Bedingungen eingegangen, da die notwendigen Bedingungen andernorts beschrieben worden sind (Anton & Reiners, 2022).

Forschungsfrage und -methodik

Aus diesen Herausforderungen leitet sich die folgende Forschungsfrage ab: *Inwiefern lassen sich Kompetenzen bei Chemielehramtsstudierenden zur begründeten Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung über SSI anhand des Themas Mikroplastik fördern?*

Zur Klärung der Forschungsfrage werden zwei Untersuchungsfragen betrachtet:

1. *Wie adäquat sind die zum Thema Mikroplastik konstruierten Lernarrangements der Chemielehramtsstudierenden in Bezug auf die mit SSI einhergehenden Implikationen zur Förderung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung begründet?*
2. *Was ist den Chemielehramtsstudierenden bei der Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung über SSI anhand des Themas Mikroplastik besonders wichtig und was gilt es aus ihrer Sicht zu beachten?*

Zur Beantwortung der Forschungsfragen wurde ein fachdidaktisches Projektseminar konzipiert. Der Aufgabe, in Gruppen Lernarrangements zu konstruieren, ging eine fachdidaktische Perspektivierung voraus. Inhaltlich wurden dabei Bildungsstandards und Kernlehrpläne mit Blick auf eine Thematisierung von Mikroplastik in den verschiedenen

Kompetenzbereichen reflektiert, daraus mögliche Zielperspektiven für eine naturwissenschaftliche Grundbildung abgeleitet und darauf aufbauend mögliche und spezifische Aufgabenstellungen, Medien und Methoden diskutiert. Im Rahmen dessen wurde die folgende Arbeitsdefinition für Lernarrangements zugrunde gelegt: *Lernarrangements sollen aufgrund von unterschiedlich strukturierten und lebensnahen Problemstellungen Wege zur Erreichung von festgelegten kompetenzorientierten Zielen fachdidaktisch-methodisch begründet vielfältig mithilfe von Materialien, Medien und Aufgabenstellungen in verschiedenen Arbeits- und Sozialformen ermöglichen* (vgl. Kiper & Mischke, 2006; ebd., 2004; Bönsch, 1997).

Diese explorative, qualitative Teilstudie wurde im Wintersemester 2020/21 durchgeführt und an ihr nahmen 16 Chemielehramtsstudierende am Ende ihres Bachelor- bzw. zu Beginn ihres Master-Studiums teil. Das Projektseminar fand aufgrund der COVID19-Pandemie 13 Wochen lang mit jeweils vier Stunden online statt. Zur Beantwortung der ersten Untersuchungsfrage wurden die in Gruppen zu verschiedenen Aspekten des Themas Mikroplastik erstellten Lernarrangements in Form von schriftlichen Seminararbeiten zur Begründung des jeweiligen Teils des Lernarrangements ($N = 14$) mit einer skalierenden Strukturierung im Sinne der qualitativen Inhaltsanalyse (Mayring, 2015) untersucht. Die zweite Untersuchungsfrage wird aufgrund des Umfangs hier nicht thematisiert.

Ergebnisse

Aus der Arbeitsdefinition wurden die verschiedenen Einschätzungsdimensionen zur Analyse der schriftlichen Seminararbeiten zur Begründung des jeweiligen Teils des Lernarrangements mit Blick auf die Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung über die Verwendung von SSI abgeleitet, differenziert und skaliert. Die unterschiedlich strukturierten und lebensnahen Problemstellungen werden anhand der Einschätzungsdimension *fachliche Analyse als SSI* erfasst. Medien können im Rahmen von Lernarrangements einerseits mittels der Einschätzungsdimension *fachdidaktisch-methodische Entscheidungen*, andererseits durch die Einschätzungsdimension *Quellenarten im Vermittlungsprozess* untersucht werden, denn gerade in Bezug auf SSI lassen sich Quellen im Hinblick auf ihre Güte skalieren. Die Skalierung der Einschätzungsdimension zu handlungsorientierten Arbeitsaufträgen ist angelehnt an das ICAP-Framework (Chi & Wylie, 2014), nach welchem Lernerfolg in dem Maße, in dem Lernende sich mit Lernmaterial beschäftigen, von passiv bis interaktiv, zunimmt. Die komprimierten Niveaufinitionen und Angaben über erreichte Endniveaus sind in Tabelle 1 zu finden.

Es ist über 80 % der Studierenden gelungen, innerhalb des Kapitels zur *fachlichen Analyse als SSI* bezogen auf das Thema des Lernarrangements sowohl chemisches als auch interdisziplinär naturwissenschaftliches Wissen in gesellschaftliche Kontexte eingebettet begründend zu nutzen (Niveau 3). Innerhalb der Einlassungen zu den intendierten *Zielen* des Lernarrangements waren über 50 % der Studierenden in der Lage, neben einer gegenseitig bezüglichen Inhalts- und Verhaltenskomponente in den Zielformulierungen sowie durch Begründungen der Zielformulierungen mit curricularen Bezügen, die Bedeutungen der intendierten Ziele für die Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung zu erläutern (Niveau 3). Bezogen auf intendierte Kompetenzen naturwissenschaftlicher Grundbildung führt ein*e Proband*in Folgendes an: „Zudem werden die Schülerinnen und Schüler alltäglich mit der Thematik Mikroplastik konfrontiert, ohne es zu wissen. Am Ende

dieser Unterrichtseinheit sollen sie in der Lage sein [sic!] ihr eigenes Einkaufs- und Konsumverhalten und das ihrer Eltern mithilfe des erlangten Wissens kritisch zu hinterfragen“ (MP_9N5VM_LA). Über 60 % der Studierenden konnte die Bedeutung bzw. den Beitrag der *fachdidaktisch-methodischen Entscheidungen* in Bezug auf deren Implikationen für die Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung unter Bezugnahme auf SSI-Aspekte literaturbasiert begründet reflektieren (Niveau 3).

Tabelle 1: Komprimierte Niveaudefinitionen und Angabe erreichter Endniveaus der Chemielehramtsstudierenden in den Lernarrangements.

| Einschätzungsdimension | Niveau 0 | | Niveau 1 | | Niveau 2 | | Niveau 3 | |
|---|--|---|---|---|---|---|--------------------------------------|----|
| Fachliche Analyse als SSI | Fehler | 0 | Chem. Wissen | 1 | Zusätzl. (Zu): Interdisz. nw. W. | 1 | Zu: Einbettung in gesells. Kontexte | 11 |
| Ziele | Keine gegenseit. bezügl. Inhalts- & Verhaltenskomponente | 1 | Gegenseit. bezügl. Inhalts- & Verhaltenskomp. | 2 | Zu: Kompetenzen unter curricul. Bezügen | 3 | Zu: Bedeutung für nw. Grundb. | 8 |
| Fachdidaktisch-methodische Entscheidungen (FmE) | FmE: unbegründet & unpassend z. Ziel | 0 | FmE: begründet & passend z. Ziel | 2 | Zu: literaturbasiert | 3 | Zu: Bedeutung für nw. Grundb. | 9 |
| Quellenarten im Vermittlungsprozess | Keine Quellenangaben | 3 | Populärw. & lebenswelt. Quellen | 2 | Bildungsmaterialien | 5 | Wissenschaftl. Quellen | 4 |
| Handlungsorientierte Arbeitsaufträge (HA) | Keine HA | 3 | HA & Lernende sind überwieg. passiv | 2 | HA & Lernende sind in EA selbstbezgl. aktiv | 3 | HA & Lernende sind mit Anderen aktiv | 6 |

Über 60 % der Studierenden hat als *Quellenarten im Vermittlungsprozess* Bildungsmaterialien und wissenschaftliche Quellen mit SSI-Bezug hinzugezogen (Niveau 2 & 3). Die Formulierung von *handlungsorientierten Arbeitsaufträgen* mit Bezug zum SSI-Kontext ist über 75% der Studierenden gelungen, wobei über 40 % der Studierenden Arbeitsaufträge formulierten, die Niveau 3 zugeordnet wurden. Da in den Seminararbeiten einzelne Studierende nur Teile des Lernarrangements begründet haben und sowohl Komplexität des Lerngegenstandes als auch Anforderungen an kognitive Prozesse im Verlauf des Lernarrangements ansteigen, ist es strukturell erschwert, auf Niveau 3 eingeschätzte handlungsorientierte Arbeitsaufträge in allen Teilen des Lernarrangements zu ermöglichen.

Schlussfolgerungen und Konsequenzen

Die Chemielehramtsstudierenden konnten Lernarrangements zum Thema Mikroplastik zur Förderung der naturwissenschaftlichen Grundbildung als SSI begründet konzipieren. Eine Mehrheit der Studierenden hat Niveau 2 oder 3 in den verschiedenen Kategorien erreicht, jedoch können die Verwendung hochwertiger Quellen im Vermittlungsprozess und die Gestaltung von handlungsorientierten Aufgaben als für die Chemielehramtsstudierenden herausfordernd angesehen werden. Aus den Ergebnissen wurden folgende Konsequenzen für Folgestudien gezogen: Vertiefungen zur Bedeutung und Formulierung von handlungsorientierten Aufgaben, Vertiefungen zur Formulierung von Zielen (bspw. mit den SMART-Kriterien (Sperling, 2009)) sowie Vertiefungen zur Gestaltung der Materialien für die Lernenden bzgl. der eingesetzten Quellen und Quellenarten.

Literatur

- Anton, T. K. & Reiners, Ch. S. (2022). Socioscientific Issues in der Chemielehrer*innenbildung am Beispiel Mikroplastik. In S. Habig & H. van Vorst (Hrsg.), *Unsicherheit als Element von naturwissenschaftlichen Bildungsprozessen* (S. 112–115), GDGP-Online-Jahrestagung 2021. Duisburg-Essen: GDGP.
- Berkowitz, M. W. & Simmons, P. E. (2003). Integrating Science Education and Character Education. In D. L. Zeidler (Hrsg.), *The Role of Moral Reasoning on Socioscientific Issues and Discourse in Science Education* (S. 117–138). Dordrecht: Springer. https://doi.org/10.1007/1-4020-4996-X_7
- Bönsch, M. (1997). Das Methodenrepertoire ausschöpfen. In D. Haarmann (Hrsg.), *Handbuch Elementare Schulpädagogik. Handlungsfelder institutionalisierter Grund- und Allgemeinbildung in den Klassen 1 bis 10* (S. 131–164). Weinheim: Beltz.
- Chi, M. T. H. & Wylie, R. (2014). The ICAP Framework: Linking Cognitive Engagement to Active Learning Outcomes. *Educational Psychologist*, 49(4), 219–243. <https://doi.org/10.1080/00461520.2014.965823>
- Europäische Kommission (Hrsg.) (2018). Eine europäische Strategie für Kunststoffe in der Kreislaufwirtschaft. MITTEILUNG DER KOMMISSION AN DAS EUROPÄISCHE PARLAMENT, DEN RAT, DEN EUROPÄISCHEN WIRTSCHAFTS- UND SOZIALAUSSCHUSS UND DEN AUSSCHUSS DER REGIONEN. COM/2018/028. Zugriff am 07.09.2022 unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX%3A52018DC0028>
- Hancock, T. S., Friedrichsen, P. J., Kinslow, A. T., & Sadler, T. D. (2019). Selecting Socio-scientific Issues for Teaching. *Science & Education*, 28(6–7), 639–667.
- Hodson, D. (2003). Time for action: Science education for an alternative future. *International Journal of Science Education*, 25(6), 645–670. <https://doi.org/10.1080/09500690305021>
- Kiper, H. & Mischke, W. (2004). Einführung in die Allgemeine Didaktik. Weinheim: Beltz.
- Kiper, H. & Mischke, W. (2006). Einführung in die Theorie des Unterrichts. Weinheim: Beltz.
- Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken* (12., überarb. Aufl.). Weinheim: Beltz.
- Pouliot, C. (2008). Students' inventory of social actors concerned by the controversy surrounding cellular telephones: A case study. *Science Education*, 92(3), 543–559. <https://doi.org/10.1002/sce.20274>
- Roth, W.-M. & Désautels, J. (2004). Educating for citizenship: Reappraising the role of science education. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 4(2), 149–168.
- Sadler, T. D., Chambers, F. W. & Zeidler, D. L. (2004). Student conceptualizations of the nature of science in response to a socioscientific issue. *International Journal of Science Education*, 26(4), 387–409. <https://doi.org/10.1080/0950069032000119456>
- Sadler, T. D., Barab, S. A. & Scott, B. (2007). What Do Students Gain by Engaging in Socioscientific Inquiry? *Research in Science Education*, 37(4), 371–391. <https://doi.org/10.1007/s11165-006-9030-9>
- Saunders, K. J. & Rennie, L. J. (2013). A Pedagogical Model for Ethical Inquiry into Socioscientific Issues in Science. *Research in Science Education*, 43(1), 253–274. <https://doi.org/10.1007/s11165-011-9248-z>
- Sperling, E. (2009). 'More than particle theory': Action-oriented citizenship through science education in a school setting. *Journal of Activist Science & Technology Education*, 1(2), 12–30.
- Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S., Fetzer, I., Bennett, E., Biggs, R., Carpenter, S., Vries, W., de Wit, C., Folke, C., Gerten, D., Heinke, J., Persson, L., Ramanathan, V., Reyers, B. & Sörlin, S. (2015). Planetary Boundaries: Guiding Human Development on a Changing Planet. *Science*, 347(6223), <https://doi.org/10.1126/science.1259855>.
- Weinert, F. E. (2001). Vergleichende Leistungsmessung in Schulen – eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In F. E. Weinert (Hrsg.), *Leistungsmessungen in Schulen* (S. 17–32). Weinheim: Beltz.
- Zeidler, D. L., Sadler, T. D., Simmons, M. L. & Howes, E. V. (2005). Beyond STS: A research-based framework for socioscientific issues education. *Science Education*, 89(3), 357–377. <https://doi.org/10.1002/sce.20048>
- Zeidler, D. L. (2014). Socioscientific Issues as a Curriculum Emphasis. In N. G. Lederman & S. K. Abell (Hrsg.), *Handbook of Research on Science Education, Volume II*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203097267.ch34>
- Zeidler, D. L., Herman, B. C. & Sadler, T. D. (2019). New directions in socioscientific issues research. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 1(1). <https://doi.org/10.1186/s43031-019-0008-7>

Mareike Freese¹
 Albert Teichrew¹
 Jan Winkelmann²
 Roger Erb¹
 Mark Ullrich¹
 Michael Tremmel¹

¹Goethe-Universität Frankfurt am Main
²Pädagogische Hochschule Schwäbisch Gmünd

Fortbildung zu Augmented Reality-Experimenten im Physikunterricht

Mit dem digitalen Werkzeug Augmented Reality (AR) können Experimente aus dem Physikunterricht mit digital eingeblendeten, dynamischen Modellen in Echtzeit kombiniert werden (Teichrew & Erb, 2020). Durch die gegenseitige Überprüfung und Reflexion können Modelle leichter verstanden und Experimente besser ausgewertet werden (Radu, 2014). Viele Physiklehrkräfte schätzen ihre eigenen digitalen Kompetenzen jedoch teilweise als unzureichend ein (Vogelsang et al., 2019) und wünschen sich auch mehr Kenntnisse im Bereich der Modellierung (Gilbert & Justi, 2016; Oh & Oh, 2011). Um die entsprechenden Kompetenzen zu fördern, wurde im Rahmen des vom BMBF geförderten QLB-Teilprojekts „diMEx“ eine mehrteilige Lehrkräftefortbildung zu AR-Experimenten im Physikunterricht durchgeführt. Dazu wurden qualitative Befragungen und Interviews mit den Teilnehmenden geführt. Außerdem wurden die selbst erstellten und im Unterricht eingesetzten AR-Experimente mittels einer Bewertungsmatrix fachlich und didaktisch eingeschätzt. Insgesamt zeigt sich die Wirksamkeit der Fortbildung besonders in den gestalterischen Aspekten der Lernprodukte, während in Bezug auf den Unterrichtseinsatz der AR-Experimente seitens der Lehrkräfte mehr konkrete Vorbereitung gewünscht wird.

Hintergrund und Motivation

Modelle sind als essenzieller Bestandteil des Kompetenzbereichs Erkenntnisgewinnung in den Bildungsstandards verankert (KMK, 2005). Dazu gehört die Kenntnis über Eigenschaften und Alternativen von Modellen selbst, sowie der Zweck und das aktive Testen und Ändern von Modellen von und für etwas (Krüger, Kauertz & Upmeyer zu Belzen, 2018). Dennoch deuten nationale und internationale Studien darauf hin, dass die Modellkompetenz von Lernenden und Lehrkräften, also die Voraussetzungen, um mit physikalischen Modellen Erkenntnisgewinnung zu betreiben und über Modelle zu reflektieren, häufig verbesserungswürdig ist (Gilbert & Justi, 2016; Fruböse, 2010). So würden der Prozess des Modellierens und die Entstehung von Modellen im Unterricht oft nicht explizit thematisiert, sondern nur im Rahmen von Beispielen Modelle als solche zum Gegenstand gemacht (Gobert et al., 2011; Rönnebeck, Bernholt & Ropohl, 2016). Im Gegensatz zum beliebten Experimentieren finden Schüler*innen Modelle und Modellieren eher abstrakt und schwierig (Winkelmann, Freese & Strömmer, 2021). In ihrer Wahrnehmung findet eine bewusste Trennung zwischen Modellwelt und Erfahrungswelt statt (Thiele, Mikelskis-Seifert & Wünscher, 2005). Das digitale Werkzeug Augmented Reality (AR) ermöglicht den direkten Vergleich von Modell und Experiment, da damit reale Umgebungen in Echtzeit um virtuelle Inhalte erweitert werden, etwa durch die Kamera eines Mobilgeräts. Im Gegensatz zur Virtual Reality (VR) bleibt dabei die reale Umgebung, in der man sich befindet, sichtbar (Carmigniani & Furht, 2011). Bei einer

Bewegung um das im Raum platzierte, virtuelle 3D-Objekt bleibt dieses an seiner zugewiesenen Stelle. Die Unterscheidung von Modell- und Erfahrungswelt bleibt dabei gewährleistet, da die Modellinhalte als virtuelle Objekte erkennbar sind. Seit einiger Zeit kommt AR in vielen Domänen zum Einsatz. Neben Gaming, Werbung oder Navigation ist sie inzwischen auch im Bildungsbereich angekommen. Speziell im naturwissenschaftlichen Unterricht lässt sich AR auch in Verbindung mit dem Experimentieren einsetzen. Dabei werden bekannte, reale Experimente mit virtuellen Objekten verknüpft, um Modellierungen in Form von Beobachtungen oder Messwerten greifbarer und leichter verständlich zu machen (Teichrow & Erb, 2020). Durch den direkten Vergleich des dynamischen Modells und der Realität im Experiment wird die Unterscheidung von Modell- und Erfahrungswelt aktiv reflektiert.

Der Unterrichtseinsatz von AR-Experimenten und das Erstellen eines eigenen AR-Experiments mit einer geeigneten Anwendung (z.B. *GeoGebra*) erfordern spezielle digitale Kompetenzen. Dazu gehören die souveräne Nutzung der Software und Bedienung der Hardware (Smartphones oder Tablets) in gleichem Maße wie die zielgerichtete didaktische Nutzung digitaler Werkzeuge im Unterricht. Dies wird auch von der Kultusministerkonferenz als eine der „Kompetenzen in der digitalen Welt“ formuliert (KMK, 2017, S. 16ff). Gemeinsam mit dem festgestellten Bedarf an Schulungsmaßnahmen zu Modellen motiviert die Förderung der digitalen Kompetenzen von Lehrkräften die vorgestellte Studie.

Studiendesign und Messinstrument

Den Kern der Studie bildet eine fünfteilige Lehrkräftefortbildung, die auf Grundlage einer Bedarfsanalyse (Freese et al., 2021) von September 2021 bis März 2022 mit 15 Teilnehmenden durchgeführt wurde. Die Stichprobe ist halbrepräsentativ, da neben erwartungsgemäß technikaffinen Lehrkräften, die freiwillig angemeldet waren, auch Lehrkräfte im Vorbereitungsdienst im Rahmen des Studienseminars zur Fortbildung kamen.

Nach einer Vorbefragung wurden in der Auftaktsitzung Grundlagen zu AR(-Experimenten) vermittelt und eigene Ideen der Lehrkräfte für einen Unterrichtseinsatz gesammelt. Daran schlossen drei Workshop-Sitzungen im Abstand von jeweils einem Monat an, deren inhaltlicher Schwerpunkt auf der Erstellung der 3D-Modelle in *GeoGebra* lag. Dies wurde durch eine Online-Lerneinheit mit ausführlichen Anleitungen und Hilfestellungen ergänzt. Die Workshops wurden außerdem durch Inputvorträge zum wissenschaftlichen Hintergrund und zu empirischen Studien eingeleitet. In der dreimonatigen Implementationsphase erhielten die Lehrkräfte die Gelegenheit, die in den Workshops entwickelten oder angepassten 3D-Modelle als AR-Experimente im eigenen Unterricht einzusetzen. Dies wurde durch semistrukturierte Interviews begleitet. In der Abschlussitzung präsentierten die Lehrkräfte ihren Unterrichtseinsatz sowie die 3D-Modelle und gaben einander Peer-Feedback. Seitens der Projektbeteiligten wurden die Kompetenzen der Lehrkräfte anhand ihrer AR-Experimente und deren Implementation mit einer Bewertungsmatrix fachlich und didaktisch eingeschätzt (Expert*innenfeedback). Die Matrix, basierend auf dem TPACK-Rahmen (Mishra & Koehler, 2006), enthält fünf Kompetenzaspekte mit jeweils fünf Stufen:

- Digitale Modellierungskompetenz (TK): Grad der Selbstständigkeit im Erstellungsprozess des 3D-Modells in *GeoGebra*.
- Inhaltliche Gestaltung des Modells (TCK): Fachlich korrekte Inhalte und nachvollziehbare Zusammenhänge zwischen den Größen im 3D-Modell.

- Didaktische Gestaltung des Modells (TPK 1): Optisch ansprechende Nutzeransicht und intuitive Bedienung des 3D-Modells.
- Didaktischer Einsatz des Modells (TPK 2): Formulierung eines angemessenen Lernziels für den Unterrichtseinsatz.
- Digitale Modellkompetenz (TPACK): Insgesamt erkennbare Bereicherung des realen Experiments durch die modellierten Inhalte mit AR.

Ergebnisse

In der Reflexionssitzung stellten von ursprünglich 15 Lehrkräften neun Teilnehmende ein AR-Experiment vor. Dabei zeigte sich, dass die Erstellung eines eigenen 3D-Modells von Grund auf mit einem hohen Arbeitsaufwand verbunden ist, weshalb auf Wunsch der Lehrkräfte die erstellten Materialien in einer sortierten Sammlung als Open Educational Resource auf der Homepage der Arbeitsgruppe gebündelt wurden (siehe Freese, 2022).

Das Expert*innenrating anhand der Lernprodukte mit der Bewertungsmatrix nach der Fortbildung zeigt generell hohe Kompetenzen der Lehrkräfte in den gestalterischen Aspekten TCK und TPK 1; hier liegen die Einschätzungen im Durchschnitt insgesamt bei 4,39 von 5 möglichen Punkten mit mittlerer Interrater-Korrelation (vier projektverantwortliche Expert*innen). Damit kann festgehalten werden, dass die Lehrkräfte das Gelernte aus den Workshops bei der (Um-)Gestaltung ihrer AR-Experimente gut umsetzen konnten. Die Kompetenzaspekte TPK 2 und TPACK, welche sich auch auf den Unterrichtseinsatz beziehen, liegen bei den Lehrkräften nach der Fortbildung im mittleren Bereich (durchschnittlich 3,36 bzw. 4,00 von 5 Punkten). Der gezielte Einsatz eines konkreten 3D-Modells als AR-Experiment im Unterricht lag nicht im Fokus der Workshops, was auch von den Lehrkräften rückgemeldet wurde. Auch die geringe bis nicht existente Interrater-Korrelation bei diesen Aspekten spiegelt dies wider und zeigt die Notwendigkeit der Präzisierung der Vorstellungen selbst innerhalb des Projektteams. Der Unterrichtseinsatz sollte daher in Zukunft verstärkt in den Blick genommen und die Operationalisierung der Kompetenzen in diesem Bereich soll vorangetrieben werden. Für eine ausführlichere Darstellung der Ergebnisse sei aus Platzgründen an dieser Stelle auf Freese et al. (angenommen) verwiesen.

Ausblick

Um die Nachhaltigkeit der Fortbildung zu überprüfen, wird etwa ein halbes Jahr nach ihrem Abschluss eine Follow-Up-Untersuchung mit erneuten Interviews mit den Lehrkräften durchgeführt. Dabei liegt der Fokus auf den Entwicklungen bezüglich AR im Unterricht und möglichen Gründen, die einen Einsatz behindern.

Auf Hochschulebene wird im Wintersemester 2022/23 im Rahmen des Nachfolgeprojekts „WARP-P“ ein Laborpraktikum angeboten, in dem Physik-Lehramtsstudierende zu AR-Experimenten transformierte Praktikumsversuche durchführen. Dabei werden affektive Merkmale und das Fachwissen der Studierenden evaluiert. Im Sommersemester 2023 wird außerdem ein Wahlpflichtseminar angeboten, in dem Lehramtsstudierende analog zu der hier vorgestellten Lehrkräftefortbildung eigene 3D-Modelle in *GeoGebra* erstellen und AR-Experimente entwickeln. Im Rahmen eines Schülerlabors an der Universität werden diese mit mehreren Schulklassen eingesetzt und nach der Durchführung zur Förderung des Kompetenzaspekts TPK 2 ausführlich reflektiert.

Literatur

- Carmigniani, J. & Furht, B. (2011). Augmented Reality: An Overview. In B. Furht (Ed.), *Handbook of Augmented Reality*. New York, NY: Springer, 3 - 46
- Freese, M., Winkelmann, J., Teichrew, A., & Ullrich, M. (2021). Nutzung von und Einstellungen zu Augmented Reality im Physikunterricht. In S. Habig (Ed.), *Naturwissenschaftlicher Unterricht und Lehrerbildung im Umbruch? Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung 2020*. Universität Duisburg-Essen, 390 – 393
- Freese, M. (2022). *Gesammelte Augmented Reality-Experimente*. Homepage der Arbeitsgruppe Erb. Abgerufen am 31. Oktober 2022 von <https://physikexperimentieren.uni-frankfurt.de/ar-experimente/>
- Freese, M., Teichrew, A., Winkelmann, J., Erb, R., Ullrich, M., & Tremmel, M. (angenommen). Lehrkräftefortbildung zu Augmented Reality-Experimenten im Physikunterricht. In H. Grötzebauch & V. Nordmeier (Eds.), *PhyDid B – Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung, 2022*
- Fruböse, C. (2010). Der ungeliebte Physikunterricht. *MNU*, 63 (7), 388-392
- Gilbert, J.K., & Justi, R. (2016). *Modelling-based Teaching in Science Education*. Cham: Springer International Publishing
- Gobert, J.D., O'Dwyer, L., Horwitz, P., Buckley, B.C., Levy, S.T., & Wilensky, U. (2011). Examining the Relationship Between Students' Understanding of the Nature of Models and Conceptual Learning in Biology, Physics, and Chemistry. *International Journal of Science Education*, 33 (5), 653-684
- KMK (2005). *Beschlüsse der Kultusministerkonferenz: Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10)*. München, Neuwied: Luchterhand
- KMK (2017). *Strategie der Kultusministerkonferenz „Bildung in der digitalen Welt“ – Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 08.12.2016 in der Fassung vom 07.12.2017*. <https://www.kmk.org/themen/bildung-in-der-digitalen-welt/strategie-bildung-in-der-digitalen-welt.html>
- Krüger D., Kauertz A., & Upmeyer zu Belzen A. (2018). Modelle und das Modellieren in den Naturwissenschaften. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Eds.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung*. Cham: Springer, 141 – 157
- Mishra, P., & Koehler, M.J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for integrating technology in teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108 (6), 1017-1054
- Oh, P.S., & Oh, S.J. (2011). What Teachers of Science Need to Know about Models: An overview. *International Journal of Science Education*, 33 (8), 1109-1130
- Radu, I. (2014). Augmented reality in education: a meta-review and cross-media analysis. *Personal and Ubiquitous Computing*, 18 (6), 1533-1543
- Rönnebeck, S., Bernholt, S., & Ropohl, M. (2016). Searching for a common ground – A literature review of empirical research on scientific inquiry activities. *Studies in Science Education*, 52 (2), 161-197
- Teichrew, A. & Erb, R. (2020). How augmented reality enhances typical classroom experiments: examples from mechanics, electricity and optics. *Physics Education*, 55 (6), 065029. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/abb5b9>
- Thiele, M., Mikelskis-Seifert, S., & Wünscher, T. (2005). Modellieren - Schlüsselfähigkeit für physikalische Forschungs- und Lernprozesse. *PhyDid A - Physik und Didaktik in Schule und Hochschule*, 1 (4), 30-46
- Vogelsang, C., Finger, A., Laumann, D., & Thyssen, C. (2019). Vorerfahrungen, Einstellungen und motivationale Orientierungen als mögliche Einflussfaktoren auf den Einsatz digitaler Werkzeuge im naturwissenschaftlichen Unterricht. *ZfDN*, 25 (1), 115-129
- Winkelmann, J., Freese, M. & Strömmer, T. (2021). Schwierigkeitserzeugende Merkmale im Physikunterricht – Die Perspektive von Schüler*innen. *Progress in Science Education*

Florian Frank¹
 Christoph Stolzenberger¹
 Thomas Trefzger¹

¹Julius-Maximilians Universität Würzburg

PUMA : Spannungslabor – Untersuchung der Lernwirksamkeit von AR

Rahmen des Projekts und Forschungsinteresse

Die schulische Elektrizitätslehre der Sekundarstufe I erreicht die Lernenden nur ungenügend, viele fehlerhafte Vorstellungen zur Elektrizität sind anschließend weiterhin prävalent (Ivanjek, Morris, Schubatzky, Hopf, Burde, Haagen-Schützenhofer, Dopatka, Spatz & Wilhelm, 2021). Das vom BMBF durch die „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ im Rahmen des Projekts CoTeach geförderte Vorhaben „PUMA : Spannungslabor“ untersucht, inwieweit der Einsatz digitaler Technologien die Vermittlung der frühen Elektrizitätslehre unterstützen kann. Nach Aussagen der *Cognitive Theory of Multimedia Learning* (Mayer & Moreno, 2010; Mayer & Fiorella, 2014) soll eine Lernsituation so gestaltet sein, dass die kognitive Kapazität der Lernenden möglichst wenig durch die Darstellung der Lerninhalte (extrinsische Belastung) und möglichst ausschließlich durch das Verstehen und Verarbeiten der Lerninhalte (intrinsische und lernbezogene Belastung) beansprucht wird. Entsprechend sollten digitale Technologien die Darbietung der Lerninhalte unterstützen, um eine direktere Beschäftigung mit dem Lerninhalt zu ermöglichen. Für den Elektrizitätslehreunterricht konnten dafür zwei Anknüpfungspunkte identifiziert werden: das Erlernen von und Argumentieren mit den für das Verstehen wichtigen didaktischen Analogiemodellen der Elektrizitätslehre einerseits und das Erheben von Messwerten im Rahmen physikalischer Experimente andererseits. In einer quantitativen Schülerlaborstudie soll daher untersucht werden, wie die Nutzung einer Augmented Reality (AR)-Applikation bzw. einer Simulation zur Darstellung der didaktischen Modelle, verglichen mit der Nutzung von Infografiken, den Lernzuwachs, die Auftretenswahrscheinlichkeit fehlerhafter Schülervorstellungen und die kognitive Belastung beeinflusst. Ebenso soll der Einfluss des Einsatzes einer AR-Applikation zur Erhebung von Messwerten im Vergleich zum Einfluss der Messung mit Multimetern auf die oben genannten Variablen untersucht werden. Es sollen die Technikbegeisterung, -kompetenz und Einstellung gegenüber Technik, sowie die Fähigkeit zur Veranschaulichung (als Facette des räumlichen Vorstellungsvermögens) und der Leistungsstand der Lernenden als Moderatorvariablen erheben werden.

Studiendesign der evaluierenden Forschung

Das Studiendesign gestaltet sich gemäß eines Pre/Post-Test-Designs mit einer Kontroll- und mehreren Testgruppen. Die Intervention findet im Laufe eines Schülerlabor-Projekttagess an der Universität Würzburg statt. Teilnehmende Klassen werden randomisiert in über den Tag hinweg feste Gruppen aufgeteilt. Sie bearbeiten dieselben Aufgaben, erlernen dieselben Inhalte und verwenden dieselben Experimentiermaterialien, werden aber in der Darstellung der didaktischen Modelle und der Messung auf unterschiedliche Weisen unterstützt.

Die Intervention besteht aus vier Stationen zu je 45 Minuten zu den zentralen Themen der frühen Elektrizitätslehre: „Strom und Spannung“, „Elektrischer Widerstand“, „Parallelschaltungen“ und „Reihenschaltungen“. Innerhalb der ersten Station wird die

Nutzung der digitalen Unterstützung zur Darstellung der didaktischen Analogiemodelle erlernt. Im Verlauf der zweiten Station wird die Messung physikalischer Messwerte mit Multimetern wiederholt bzw. die Nutzung der AR-Applikation zur Messung geübt. Die Stationen 3 und 4 nutzen diese Kompetenzen dann im Rahmen physikalischer Experimente zur Aufstellung von Hypothesen (Nutzung der Modelldarstellung) und Aufnahme von Messwerten. Im Rahmen der gesamten Intervention findet also zunächst ein Lernen über die dargebotenen Medien statt und dann ein Lernen mit/durch die dargebotenen Medien.

Im Rahmen des Pretests wird das Fachwissen (und dabei gleichzeitig das Aufkommen fehlerhafter Schülervorstellung) (Ivanjek, Morris, Schubatzky, Hopf, Burde, Haagen-Schützenhofer, Dopatka, Spatz & Wilhelm, 2021), die Einstellung gegenüber Technik, Technikbegeisterung und -kompetenz (Karrer, Glaser, Clemens & Bruder, 2009), die Fähigkeit zur Veranschaulichung (Heller & Perleth, 2000) und der momentane Leistungsstand (in Schulnoten) erhoben. Nach jeder Station wird ein Kurztest durchgeführt, bestehend aus der Erhebung der kognitiven Belastung durch die Station (Klepsch, Schmitz & Seufert, 2017) und einem kurzen Fachwissenstest zu den Inhalten der Station. Die Fachwissenstests bestehen aus ausgewählten Fragen des Pretests zum Fachwissen. Über die vier Stationen hinweg wird der komplette Fachwissenstest einmal durchgeführt.

Beschreibung der Interventionsmaterialien

Die Lernenden bearbeiten die Inhalte der Stationen anhand eines ausgedruckten Arbeitsheftes. Aufbau und Inhalt der Arbeitshefte sind über alle Interventionsarten dieselben. Im Heft wird an den entsprechenden Stellen darauf verwiesen, eine Darstellung der didaktischen Modelle zu nutzen. Für die Darstellung nutzen alle Interventionsarten (Infografiken, AR-Applikation, Simulation) ein Tablet. Die Infografiken werden auf der Online-Plattform *tet.folio* (Haase, Kirstein & Nordmeier, 2016) in einem Workbook zur Verfügung gestellt, für die AR-Intervention und die Simulationsintervention werden im Rahmen dieses Projekts entwickelte Applikationen verwendet. Für die Experimentierblöcke wird in den Arbeitsheften darauf verwiesen, entweder Hilfestellung beim Einbauen und bei der Handhabung der Multimeter auf *tet.folio* oder die Mess-Funktionalität der AR-Applikation „PUMA : Spannungslabor“ zu nutzen. Bei der Entwicklung der Interventionsmaterialien wurde darauf geachtet, dass alle Gruppen zum selben Zeitpunkt die Aufforderung erhalten, mit den digitalen Unterstützungsangeboten zu interagieren, um motivationale Effekte der Techniknutzung möglichst über alle Vergleichsgruppen zu vereinheitlichen.

Beschreibung der AR-Applikation „PUMA : Spannungslabor“ und der Simulation

Die in der Intervention eingesetzte AR-Applikation „PUMA : Spannungslabor“ wurde im Verlauf der letzten zwei Jahre im Rahmen des Projekts entwickelt. Die Applikation überblendet einen realen Stromkreis mit Darstellungen der Leitungselektronen in Form kleiner weißer Kugeln und Visualisierungen des elektrischen Potentials gemäß ausgewählter Analogiemodelle (Stolzenberger, Frank, Trefzger, 2022; Frank, Stolzenberger & Trefzger, akzeptiert). Die Entwicklung der Applikation wurde begleitet durch qualitative Interviews mit Lehrkräften (Frank, Stolzenberger & Trefzger, 2022) und Beobachtungen von Lernendeninteraktionen mit der Applikation. In der Applikation kann das elektrische Potential nach dem Elektronengasmodell (Burde, 2018) oder dem Höhenmodell (Koller,

2008) dargestellt werden. Durch die Nutzung der phyphox-Box E-Lehre werden außerdem reale, im experimentellen Aufbau erhobene Messwerte für die Darstellung der Modelle genutzt. So wird etwa die Erhöhung der angelegten Spannung direkt in eine vertikale Verschiebung der Leiterbahnen gemäß des Stäbchenmodells übersetzt. Die Aufnahme und Übermittlung realer Messwerte erlauben außerdem die Nutzung der AR-Applikation zur Darstellung der Messwerte.

Die Simulation umfasst die Darstellung aller obigen Inhalte (mit Ausnahme der real ermittelten Messwerte) an virtuellen Repliken der realen Experimentieraufbauten. Bei der Entwicklung der Simulation war es das oberste Ziel, die Simulation mit den exakt selben Funktionalitäten und Darstellungen wie in der AR-Applikation auszustatten, um eine hohe Vergleichbarkeit zu ermöglichen.

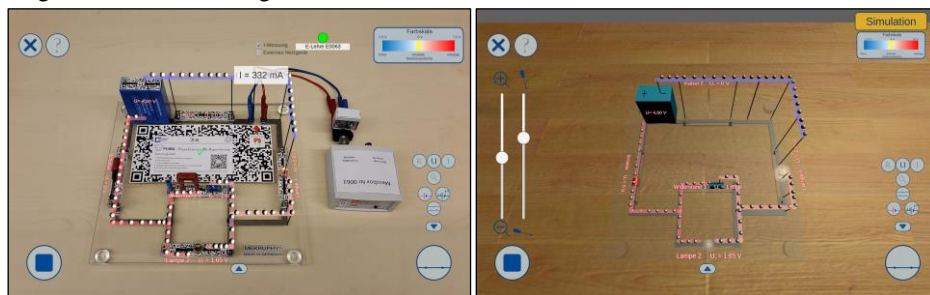


Abbildung 1: Vergleich der beiden Applikationen (AR und Simulation)

Ergebnisse einer qualitativen Durchführung

Im Juli 2022 wurde die beschriebene Intervention in reduzierter Form mit einer Schulklasse durchgeführt. Die Klasse wurde dafür in zwei Gruppen geteilt, eine Gruppe erarbeitete die Inhalte mit Infografiken und Multimetern, die andere Gruppe verwendete sowohl für die Modelldarstellung als auch die Messwernerfassung die AR-Applikation. Die Intervention wurde ohne Einsatz der quantitativen Messinstrumente durchgeführt, Ziel war es, das Interventionsdesign und -material einzusetzen und qualitativ zu evaluieren. Dafür wurden die Lernenden bei der Bearbeitung beobachtet, die Interaktionszeiten notiert, es wurden qualitative Rückmeldungen der Lernenden im Anschluss an die Intervention erhoben und ein qualitatives Interview mit der Lehrkraft geführt.

Die Beobachtung und Auswertung ausgewählter Bearbeitungen ergaben, dass die Lernenden für die Nutzung der didaktischen Modelle zur Erstellung von Hypothesen weitreichendere Scaffolding-Maßnahmen benötigen. Nur wenige Lernende setzten die Modelle im Sinne der Aufgabenstellung ein, die Hypothesenwahl wurde meist über bisheriges Fachwissen begründet, selten mittels der Modelle. In den qualitativen Rückmeldungen sowohl der Lernenden als auch der Lehrkraft wurde der Mehrwert des Einsatzes von Augmented Reality außerdem eher im Bereich der Messung gesehen, weniger im Bereich der Darstellung der Modelle. Die Lehrkraft und die Lernenden wünschen sich mehr Unterstützungsmaßnahmen für die Messung physikalischer Größen per Multimeter.

Planung der weiteren Erhebungen

Die Intervention wurde entsprechend der Erkenntnisse der qualitativen Durchführung überarbeitet. Für die weiteren Erhebungen sind Durchführungen des kompletten

Studiendesigns inklusive der vorgestellten quantitativen Instrumente geplant. Die Erhebungen sollen im Zeitraum von November 2022 bis März 2023 stattfinden. Untersucht werden sollen vier Gruppenkonstellationen: Nutzung von Infografiken und Multimetern (Kontrollgruppe), Nutzung von Simulation und Multimetern (Testgruppe 1), Nutzung von AR-Applikation zur Modelldarstellung und Multimetern zur Messung (Testgruppe 2) und Nutzung von AR-Applikation zur Modelldarstellung und Messung (Testgruppe 3).

Literatur

- Burde, J.-P. (2018). Konzeption und Evaluation eines Unterrichtskonzepts zu einfachen Stromkreisen auf Basis des Elektronengasmodells. In H. Niedderer, H. Fischler & E. Sumfleth (Hrsg.), Studien zum Physik- und Chemielernen. Berlin: Logos-Verlag
- Frank, F., Stolzenberger, C. & Trefzger, T. (2021). Vorstellung einer qualitativen Studie zur Eignung einer AR-Applikation zur Unterstützung der Modellvorstellungsbildung in der E-Lehre. In S. Habig & H. van Vorst (Hrsg.), Unsicherheit als Element von naturwissenschaftsbezogenen Bildungsprozessen, Tagungsband zur virtuellen GDCP-Jahrestagung 2021, S. 684 - 687
- Frank, F., Stolzenberger, C. & Trefzger, T. (akzeptiert). Augmented-Reality-Applikation zum Einsatz bei Schülerexperimenten im Elektrizitätslehreunterricht der Sekundarstufe I. In H. Grötzebauch & S. Heinicke (Hrsg.), PhyDid B, Didaktik der Physik, Beiträge zur virtuellen DPG-Frühjahrstagung 2022
- Haase, S., Kirstein, J., & Nordmeier, V. (2016). The Technology Enhanced Textbook: An HTML5-based Online System for Authors, Teachers and Learners. In L.-J. Thoms & R. Girwidz (Hrsg.), Selected Papers from the 20th International Conference on Multimedia in Physics Teaching and Learning. Mulhouse: European Physics Society, S. 85 - 92
- Heller, K. & Perleth, C. (2000). Kognitiver Fähigkeitstest für 4. bis 12. Klassen, Revision (KFT 4-12+ R). Göttingen: Hogrefe
- Ivanjek, L., Morris, L., Schubatzky, T., Hopf, M., Burde, J.-P., Haagen-Schützenhofer, C., Dopatka, L., Spatz, V. & Wilhelm, T. (2021). Development of a two-tier instrument on simple electric circuits. *Physical Review Physics Education Research* 17, 020123
- Karrer, K., Glaser, C., Clemens, C & Bruder, C. (2009). Technikaffinität erfassen – der Fragebogen TA-EG. In A. Lichtenstein, C. Stöbel & C. Clemens (Hrsg.), Der Mensch im Mittelpunkt technischer Systeme. 8. Berliner Werkstatt Mensch-Maschine-Systeme (ZMMS Spektrum, Reihe 22, Nr. 29, S. 196-201). Düsseldorf: VDI Verlag GmbH
- Klepsch, M., Schmitz, F. & Seufert, T. (2017). Development and Validation of Two Instruments Measuring Intrinsic, Extraneous, and Germane Cognitive Load. *Frontiers in Psychology*, 8, Article 1997
- Koller, D. (2008). Entwurf und Erprobung eines Unterrichtskonzepts zur Einführung in die Elektrizitätslehre. Zulassungsarbeit am Lehrstuhl Didaktik der Physik der LMU München. Unterrichtsmaterialien verfügbar unter https://www.didaktik.physik.uni-muenchen.de/archiv/inhalt_materialien/einf_elektrizitaet/ [zuletzt aufgerufen: 17.10.2022]
- Mayer, R. & Moreno, R. (2010). Techniques That Reduce Extraneous Cognitive Load and Manage Intrinsic Cognitive Load during Multimedia Learning. In J. Plass, R. Moreno & R. Brünken (Hrsg.), *Cognitive Load Theory*. Cambridge University Press, New York, S. 131 – 152
- Mayer, R. & Fiorella, L. (2014). Principles for Reducing Extraneous Processing in Multimedia Learning: Coherence, Signaling, Redundancy, Spatial Contiguity, and Temporal Contiguity Principles. In R. Mayer (Hrsg.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*, Second Edition. Cambridge University Press, New York, S. 279 – 315
- Stolzenberger, C., Frank, F. & Trefzger, T. (2022). Experiments for students with built-in theory: ‚PUMA: Spannungslabor‘ – an augmented reality app for studying electricity. In *Physics Education*, 57(4), 045024

Förderung

Die Julius-Maximilians-Universität Würzburg und das Projekt „Connected Teacher Education“ wird im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

Blickverhalten beim Experimentieren mit Augmented Reality

Unerlässlich sind Experimente für den Chemieunterricht (An et al., 2020; Bates, 1978; Carnduff & Reid, 2003; Hofstein & Hugerat, 2022). Sie folgen einem bestimmten Schema: Ausgehend von einem Problem oder einer Frage wird eine Hypothese aufgestellt, die die Planung und Durchführung des Experiments lenkt (Hofstein et al., 2004). Es erfolgt eine Beobachtung, die dann zur Auswertung führt, oft auf submikroskopischer und symbolischer Ebene (Johnstone, 1982).

Experimente sind als komplett real bis hin zu komplett virtuell möglich (Stolze et al., 2022). Die Unterteilungen der verschiedenen Stufen von real bis hin zu virtuell werden im Reality-Virtuality-Kontinuum von Milgram deutlich (Milgram et al., 1995). Im Folgenden interessiert nur der Bereich der Augmented Reality (AR) (Milgram et al., 1995). AR beschreibt die Anreicherung der Realität mit virtuellen Ergänzungen (Milgram et al., 1995). AR kombiniert reale und virtuelle Inhalte, die 3D registriert sind, interaktiv und in Echtzeit vorhanden sein können (Azuma, 1997). Alle Ebenen (submikroskopisch, symbolisch und makroskopisch) könnten mit AR beim Experimentieren somit gleichzeitig angeboten werden. Dabei haben die Gestaltungsprinzipien von multimedialem Lernen und Demonstrationsexperimenten für die Visualisierung der Ebenen mit AR in einem experimentellen Umfeld bestimmte Einflüsse (Mayer, 2009; Schmidkunz, 1990). Um diese identifizieren zu können untersuchen wir das Blickverhalten von Lernenden bei verschiedenen Ausprägungen der Gestaltungsparameter von AR-Lernumgebungen (Krug et al., 2022; Krug et al., 2021), die sich auf die Gestaltungsprinzipien beziehen, speziell für Experimente. Im Folgenden wird daher auf die Gestaltungsparameter eingegangen und das Forschungsdesign sowie erst Ergebnisse für das erste Experiment "brennende Kerze" erläutert.

Gestaltungsparameter von AR-Lernumgebungen

Krug et al. (2022) haben mittels eines Reviews 6 Gestaltungsparameter für AR-Lernumgebungen identifiziert. Zwei dieser Gestaltungsparameter lassen sich in verschiedenen Levelstufen unterteilen (Adaptivität: Level 1-4, Interaktivität: Level 1-6) (Krug et al., 2022). Die anderen 4 Gestaltungsparameter (Immersion, Spiel-Elemente, Inhaltliche Nähe zur Realität, Kongruenz mit der Realität) werden anhand verschiedener Indikatoren und der Summe aus diesen unterschieden (Krug et al., 2022).

AR-Lernumgebung "Aggregatzustände von Wachs"

Die Untersuchungsgrundlage bildet das Experiment "brennende Kerze", bei dem die Zustände des Waxes auf makroskopischer Ebene beobachtbar sind und durch AR-Visualisierungen submikroskopisch sowie symbolisch dargestellt werden können. Auf submikroskopischer Ebene kann das Teilchenmodell des flüssigen, festen und gasförmigen Zustandes des Waxes animiert dargestellt werden. Die symbolische Ebene beinhaltet die Begriffe flüssig, fest und gasförmig, die die Schüler*innen mit den Modellen und der makroskopischen Ebene in Verbindung bringen. Als Frage wird den Schüler*innen gestellt, was denn bei einer Kerze brennt.

Ziel der Lerneinheit ist herauszuarbeiten, dass der Docht für das Entzünden der Kerze und zum Transport des flüssigen Wachses zuständig ist sowie das gasförmige Wachs brennt. Ein weiteres Lernziel ist die richtige Zuordnung der Bereiche, in denen die verschiedenen Aggregatzustände bei einer brennenden Kerze vorhanden sind.

Hierbei stellte sich die Frage, wie verhalten sich Blickbewegung der Teilnehmenden bei der Verwendung unterschiedlicher Augmented Reality Lernumgebungen zur brennenden Kerze? Um dieser Frage gerecht zu werden, wurden drei unterschiedliche AR-Designs entwickelt, die sich nur in einem Gestaltungsparameter, Kongruenz mit der Realität unterscheiden (Tabelle 1). Beim ersten Design, „AR Kerze rechts“ ist die reale wie auch eine virtuelle Kerze durch das Tablet für die Probanden sichtbar (3D Registration a, Abb. 3). Das Design „AR Kerze überlagert“ (Abb. 2) und „AR Kerze transparent überlagert“ (Abb. 4) bedienen die 3D Registration b in dem die virtuelle Kerze die reale überlagert. Der Unterschied zwischen den zwei letzten Designs ist der, dass die virtuelle Kerze bei „AR Kerze transparent überlagert“ den Indikator Fotorealismus verliert, da die virtuelle Kerze transparent ist und somit die reale Kerze sichtbar wird.

Tabelle 1 Einordnung der Gestaltungsparameter der AR-Lernumgebung "Aggregatzustände von Wachs".

| Gestaltungsparameter für AR-Lernumgebungen | AR Kerze rechts | AR Kerze überlagert | AR Kerze transparent überlagert |
|--|--|---|---------------------------------|
| Adaptivität (1-4) | Level 2: Der Benutzer kann das Programm bei der Einrichtung im Vorfeld anpassen und auf seine Bedürfnisse abstimmen. | | |
| Interaktivität (1-6) | Level 3: Verschiedene Darstellungsformen variieren | | |
| Immersion (1-5) | 1 Indikator: visuell | | |
| Spiel-Elemente (1-8) | 3 Indikatoren: Rules/Goals, Assessment, Environment | | |
| Inhaltliche Nähe zur Realität (1-5) | 2 Indikatoren: Lokale Plausibilität, Angemessene Wahl der Trackingmethode | | |
| Kongruenz mit der Realität (1-7) | 3+ Indikatoren: Plausibilität, Lebensnähe, Proportionen | | |
| | +2 3D Registration a, Fotorealismus | +2 3D Registration b, Fotorealismus | +1 3D Registration b |



Abb. 2 AR Kerze rechts



Abb. 1 AR Kerze überlagert



Abb. 3 AR Kerze transparent überlagert

Probanden

Es nahmen 23 Probanden im Alter von elf bis 15 an der Studie teil. Nein waren in der „AR Kerze rechts“-Gruppe, acht in der „AR Kerze überlagert“ und sechs in der „AR Kerze transparent überlagert“. Die Gruppen sind zufällig zugeordnet worden und fast jede Klasse und jedes Alter ist in jeder Gruppe vertreten. Die Probanden kamen aus verschiedenen Schulen.

Studiendesign

Die Studie fand bei den Probanden zu Hause oder bei Freunden statt, sodass eine bekannte Umgebung als gegeben angenommen werden kann. Die Forschungsdaten wurden mittels der tobii glasses 3 mit eye-protection aufgenommen und im tobii lab mittels snapshot Zuweisung analysiert. Vor Beginn der eigentlichen Analyse bearbeiteten die Probanden alle ein Puzzle zu Aggregatzuständen und kamen meisten zum ersten Mal mit Augmented Reality in Berührung. Daraufhin folgte die Frage: „Was brennt bei einer Kerze“ und je nach Antwort wurde dann die Funktion des Dochts oder direkt der Aggregatzustand von Wachs thematisiert und die Kerze entflammt sowie die AR gestartet.

Ergebnisse

Das Blickverhalten der Probanden zeigt, dass bei der ersten Szene die reale Kerze am häufigsten beim Design „AR Kerze überlagert“ (Ü) (88%) angeschaut wurde. Die Hälfte der Probanden der Gruppe „AR Kerze transparent überlagert“ (ÜT) blickten zur realen Kerze. Die wenigsten Blicke erhielt die reale Kerze beim Design „AR Kerze rechts“ (R) (22%). Die reale Kerze virtuell durch das Tablet wurde zu 100% von den Probanden der Gruppe ÜT und R in den Blick genommen. 63 % der Gruppe Ü blicken zur realen Kerze virtuell. Zu 100 % wahrgenommen mit dem Blick wurde die virtuelle Kerze von den Probanden der gruppe Ü und ÜT. Der Blick zur virtuellen Kerze in Gruppe R fand nur bei 89 % statt. Die Wahl der Szene zwei fällt bei 18 von 23 Probanden auf den festen Aggregatzustand und dessen Zuordnung, vier beginnen mit gasförmig und ein Proband mit flüssig. In Szene 2 und folgenden Szenen der anderen Aggregatzustände wird der Blick zur realen Kerze in der Realität geringer als 38 % in Gruppe Ü, bei ÜT fällt er unter 17 % und bei R unter 11 %.

Diskussion und Ausblick

Das die Gruppe R am wenigsten die reale Kerze im Realen anschaut, ist Aufgrund der sichtbaren realen Kerze virtuell zu erklären. Verwunderlich ist, dass die Gruppe ÜT nicht den gleichen Prozentsatz an Probanden vorweist wie R bei der Betrachtung des Blickes zur realen Kerze, da beide die reale Kerze sichtbar im Tablet übertragen. Erklärungen könnten Trigger, wie Hinweise auf die reale Kerze sein, dass diese Probanden öfters auf die reale Kerze im Realen schauten. Um dies adäquat beantworten zu können wird im Folgenden das Videomaterial analysiert. Nicht zu erwarten war auch der Blick zur realen Kerze im virtuellen bei der Gruppe Ü, da hier eigentlich die virtuelle Kerze, die reale überlagern sollte. Hier könnten Teile der realen trotz Überlagerung sichtbar geworden sein. Von Interesse ist hier die Weitere Analyse, welcher Teil der Kerze sichtbar war und ob dieser, wenn er sichtbar war zu 100 % angeschaut wurde oder nicht. Die Wahl der zweiten Szene könnte an der Anordnung der zu wählenden Bereiche in der AR-Lernumgebung liegen, da der feste Zustand der oberster dargestellt wurde. Der nicht mehr vorhandene Blick zeigt den Grad der Immersion, der durch die AR-Lernumgebung hervorgerufen werden kann.

Literatur

- An, J., Poly, L.-P., & Holme, T. A. (2020). *Usability Testing and the Development of an Augmented Reality Application for Laboratory Learning* (Vol. 97). <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00453>
- Azuma, R. T. (1997). A Survey of Augmented Reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(4), 355-385.
- Bates, G. C. (1978). The Role of the Laboratory in Secondary School Science Programs. In *What Research Says to the Science Teacher* (pp. 55-82).
- Carnduff, J., & Reid, N. (2003). *Enhancing Undergraduate Chemistry Laboratories* <https://pubs.rsc.org/en/content/ebook/978-0-85404-378-1>
- Hofstein, A., & Hugerat, M. (2022). Chapter 1 The Role of the Laboratory in Chemistry Teaching and Learning. In *Teaching and Learning in the School Chemistry Laboratory* (pp. 1-15). The Royal Society of Chemistry. <https://doi.org/10.1039/9781839164712-00001>
- Hofstein, A., Shore, R., & Kipnis, M. (2004). RESEARCH REPORT. *International Journal of Science Education*, 26(1), 47-62. <https://doi.org/10.1080/0950069032000070342>
- Johnstone, A. (1982). Macro- and micro-chemistry. *School Science Review*, 64, 377-379.
- Krug, M., Czok, V., Müller, S., Weitzel, H., Huwer, J., Kruse, S., & Müller, W. (2022). Ein Bewertungsraster für Augmented-Reality-Lehr-Lernszenarien im Unterricht. *ChemKon*, 29(S1), 312-318. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/ckon.202200016>
- Krug, M., Czok, V., Weitzel, H., Müller, W., & Huwer, J. (2021). Gestaltungsparameter für Lehr-Lernszenarien mit Augmented-Reality-Anwendungen im naturwissenschaftlichen Unterricht – ein Review. In Nicole Graulich, J. Huwer, & A. Banerji (Eds.), *Digitalisation in Chemistry Education : Digitales Lehren und Lernen an Hochschule und Schule im Fach Chemie* (pp. 52-58). <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.31244/9783830994183>
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia Learning* (2 ed.). Cambridge University Press. <https://doi.org/DOI:10.1017/CBO9780511811678>
- Milgram, P., Takemura, H., Utsumi, A., & Kishino, F. (1995). *Augmented reality: a class of displays on the reality-virtuality continuum* (Vol. 2351). SPIE. <https://doi.org/10.1117/12.197321>
- Schmidkunz, H. (1990). Visuelle Wahrnehmungsgesetze. *Chemie und Schule*.
- Stolze, C., Hadi, A. N., & Kuse, K.-M. (2022). Kritische Metalle in Smartphone & Co. – Rückgewinnung des Seltenerdmetalls Neodym im Online Chemie-Experiment. In E. M. Watts & C. Hoffmann (Eds.), *Digitale NAWigation von Inklusion: Digitale Werkzeuge für einen inklusiven Naturwissenschaftsunterricht* (pp. 123-134). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-37198-2_10

Daniel Laumann¹
Malte Ubben¹
Susanne Heinicke¹
Stefan Heusler¹

¹WWU Münster

Quantitative Analysen zur Nutzung von Smartphones im Physikunterricht

Digitale Technologien beeinflussen heute bereits fast alle Lebensbereiche und ihr Einfluss nimmt weiter zu. Im Bildungsbereich ergeben sich durch digitale Technologien Chancen (z. B. Neumann & Waight, 2020), aber gleichzeitig stellen sie Lernende und Lehrkräfte vor zahlreiche Herausforderungen (z. B. Voogt, Erstad, Dede, & Mishra, 2013). Seit den 1990er Jahren haben mobile Endgeräte, zunächst Notebooks, dann Smartphones und Tablet-Computer, an Bedeutung für formelle und informelle (Lehr-)Lernprozesse im Allgemeinen und die mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächer im Speziellen (Liu, Wu, Wong, Lien & Chao, 2017) gewonnen. Entsprechende Lehr-Lernprozesse auf Grundlage mobiler Technologien, die auch als mobiles Lernen bezeichnet werden, wurden in den letzten Jahren wiederholt in Metastudien (Sung, Chang, & Liu, 2016) und Review-Artikeln (z. B. Zydney & Warner, 2016) untersucht. Die zugrundeliegende Forschung zeigt ein heterogenes Bild hinsichtlich der Lerneffektivität von mobilem Lernen. Während sich die Nutzung mobiler Geräte in einigen Studien positiv auf die Lernleistung im Vergleich zu traditionellen Lernformen auswirkt (Ravizza, Hambrick, & Fenn, 2014), können andere Studien keine entsprechenden Unterschiede feststellen (Hochberg, Becker, Louis, Klein, & Kuhn, 2020;) oder zeigen negative Effekte des mobilen Lernens auf die Lernleistung (Limniou, 2021). Ein entsprechend uneinheitliches Bild ergibt sich auch bei der Betrachtung anderer affektiver und kognitiver Variablen, die mit der Lernleistung von Studierenden zusammenhängen (situationales Interesse: Hochberg et al., 2020; kognitive Belastung: Aharony & Zion, 2019). Eine Aussage darüber, inwieweit mobiles Lernen positiv oder negativ beeinflusst, scheint daher nicht generell möglich. Dies wirft die Frage auf, wie mobile Geräte genutzt werden. „It is crucial to understand how smartphone technology affects us so that we can take the steps necessary to mitigate the potential negative consequences“ (Wilmer, Sherman, & Chein, 2017; S. 12).

Innerhalb vielfältiger Studien zur Frage, wie mobile Geräte zum Lernen genutzt werden können, bezieht sich ein Untersuchungsaspekt auf eine spezifische Nutzungsform: Der Bring Your Own Device-Ansatz (BYOD) beschreibt Technologiemodelle, bei denen Schülerinnen und Schüler ein eigenes Gerät zum Lernen in die Schule mitbringen (Alberta Education, 2012). BYOD setzt voraus, dass die Lernenden über mobile Geräte verfügen, was heute in vielen Ländern der Welt gegeben scheint (Pew Research Center, 2019). Hinsichtlich der Beeinflussung von Lehr-Lern-Prozessen finden sich in der Literatur zum BYOD-Ansatz Daten zu positiven Effekten auf die Lernleistung sowie positive affektive Auswirkungen für das Interesse und die Motivation der Lernenden (Rinehart, 2012; Zhai, Zhang, & Li, 2016). Obwohl der BYOD-Ansatz beim mobilen Lernen bereits in zahlreichen Studien empirisch untersucht wurde, zeigt sich, dass vergleichende Studien immer den Vergleich von mobilen BYOD-Geräten und traditionellen Lehr-Lernformaten ohne mobile Geräte betrachten. Es ist aber auch möglich, dass mobiles Lernen nicht dem BYOD-Ansatz folgt, sondern, dass Schulen

über Gerätepools verfügen. Diese Gerätepools werden von diesen angeschafft, verwaltet und den Lernenden in einzelnen Unterrichtsstunden zur Verfügung gestellt (POOL-Ansatz). Entsprechende Vergleichsuntersuchungen des BYOD- und POOL-Ansatzes liegen aktuell nicht vor. Weiterhin erscheint offensichtlich, dass die Nutzung eigener mobiler Geräte im Unterricht bestimmte Regeln erfordert. Da die Verfügbarkeit persönlicher Geräte sowohl lernbezogene als auch unterhaltungsbezogene Aktivitäten ermöglicht, erscheinen Richtlinien notwendig, die diesbezüglich die Nutzung lenken. Je nach Schulform existieren hier aus wissenschaftlicher Perspektive (Song, 2016; Kay, Benzimra, & Li, 2017), aber auch aus Perspektive von Schulbehörden (Alberta Education, 2012) Hinweise. Die Hinweise beziehen dabei organisatorische, ökonomische oder ökologische Aspekte ein oder berücksichtigen den Umgang mit persönlichen Daten. Eindeutige empirische Hinweise, die untersuchen, welche Regularien beim BYOD-Ansatz lernförderlich wirken, liegen nicht vor. Damit stellt sich die Frage, inwiefern, jenseits der Art der Geräte, konkrete Nutzungsregeln, wie eine zeitliche Begrenzung der Nutzung des Smartphones, Lehr-Lernprozesse beeinflussen. Ziel der Untersuchung war somit die empirische Analyse zum Vergleich von Lernprozessen und Effekten der beiden Ansätze BYOD und POOL. Die erste Forschungsfrage (FF1) adressiert dabei Unterschiede in den Lernprozessen der beiden Ansätze im Hinblick auf Wissenserwerb, Interesse und kognitive Belastung. Forschungsfrage (FF2) untersucht anhand derselben Konstrukte, wie sich eine zeitlich begrenzte Nutzung von Smartphones nach dem BYOD-Ansatz auf Lernprozesse auswirkt

Methode

Die Studie nutzt ein quasi-experimentelles Vergleichsgruppendesign mit den beiden Nutzungsbedingungen digitaler Geräte BYOD und POOL (FF1) bzw. die vollständige unbeschränkte Nutzung von BYOD-Geräten gegenüber der zeitlich eingeschränkten Nutzung (FF2). Im Vorfeld der Intervention wurde eine Fragebogenerhebung durchgeführt, um Daten für unterschiedliche unabhängige Variablen zu erheben, z. B. Technologieaffinität oder allgemeine kognitive Fähigkeiten. Die Intervention erfolgte dann in Form von ca. fünfstündiger Workshops im Fach Physik zum Thema „Elektromobilität“ unter lernbezogener Nutzung von Smartphones (Pusch, Ubben, Laumann, Heinicke, & Heusler, 2021) mit Klassen der Jahrgangsstufen 8 und 9. Der Workshop behandelte Themen der Mittelstufe zur disziplinären Kernidee Energie (NGSS Lead States, 2013) anhand der Leitfrage: „Wie kann Energie für Elektromobilität nachhaltig durch Solarstrom bereitgestellt werden?“ Jede der teilnehmenden Klassen wurde zufällig entsprechend der jeweiligen Bedingungen in zwei Gruppen aufgeteilt. Für die Gruppen wurde zu Beginn des Workshops eine weitere Fragebogenerhebung zu unabhängigen Variablen, z. B. Fachwert oder Fachselbstwirksamkeitserwartung, durchgeführt. Die Erhebung abhängiger Variablen erfolgte für den Wissenserwerb in Form eines Fragebogens (15 Items; Eigenkonstruktion) im Prä-Post-Design sowie für das situationale Interesse (vier Items; Eigenkonstruktion nach Krapp, 1992; Schiefele, 1999) und die kognitive Belastung (ein Item; Paas, 1992; Klepsch, Schmitz, & Seufert, 2017) zu fünf Messzeitpunkten im Verlauf der Workshops.

Insgesamt nahmen $N_C = 18$ (FF1) bzw. $N_C = 13$ Klassen (FF2) und $N_S = 341$ (FF1) bzw. $N_S = 259$ Lernende (FF2) an der Studie teil (vorläufiger Stand bezüglich FF2). Die Schülerinnen und Schüler wurden nach dem Zufallsprinzip einer Versuchsgruppe zugewiesen (FF1: BYOD bzw. POOL; FF2: Unbeschränkte bzw. beschränkte BYOD-Nutzung). Aufgrund

teilweise fehlender Daten ergibt sich ein leicht unterschiedlicher Stichprobenumfang für einzelne Ergebnisse.

Ergebnisse & Diskussion

Die vorliegenden Daten bezogen auf FF1 zeigen im Wissenserwerb zwischen Prä- und Posttest keinen Gruppenunterschied zwischen BYOD- und POOL-Gruppe (mixed ANOVA: $F(1, 349) = 0.19, p = .665$, partielles $\eta^2 = .00$). Auch für die kognitive Belastung findet sich kein Unterschied zwischen dem BYOD- und POOL-Ansatz (Gesamtwerte: BYOD: $M = 4.12, SD = 1.28$; POOL: $M = 3.95, SD = 1.34$; t-Test für unabhängige Stichproben: $t(397) = 1.28, p = .200$, Cohen's $d = 0.13$; zeitlicher Verlauf mixed ANOVA: $F(3.58, 994.87) = 0.49; p = .721$, partielles $\eta^2 = .00$). Lediglich für die Entwicklung des zeitlichen Interesses findet sich ein Vorteil des POOL-Ansatzes (Gesamtwerte: BYOD: $M = 2.52, SD = 0.60$; POOL: $M = 2.48, SD = 0.63$; t-Test für unabhängige Stichproben: $t(395) = 0.77, p = .441$, Cohen's $d = 0.08$; zeitlicher Verlauf mixed ANOVA: $F(3.70, 985.24) = 4.98, p < .001$, partielles $\eta^2 = .02$) mit geringer Effektstärke (Cohen, 1988). Die vorliegenden Ergebnisse weisen für die schulische Praxis darauf hin, dass die Nutzung von BYOD- wie auch der Einsatz von POOL-Geräten Lehr-Lernprozesse in gleicher Form beeinflussen und im Vergleich keine negativen Wirkungen ausweisen.

Im Hinblick auf FF2 zeigen die Analysen auf Grundlage des vorläufigen Stands der Daten, dass die unbeschränkte Nutzung der BYOD-Geräte im Unterricht keinen Nachteil gegenüber der beschränkten Nutzung für den Wissenserwerb besitzt (mixed ANOVA: $F(1, 251) = 1.77, p = .185$, partielles $\eta^2 = .01$). Zudem weisen die Analysen sogar Vorteile der freien Nutzung hinsichtlich des situationalen Interesses der Lernenden auf (Gesamtwerte: unbeschränkte Nutzung: $M = 2.70, SD = 0.46$; beschränkte Nutzung: $M = 2.50, SD = 0.57$; t-Test für unabhängige Stichproben: $t(238.97) = -2.98, p = .003$, Cohen's $d = 0.38$). Diese Erkenntnisse könnten in der konkreten Lehr-Lern-Situation zur Entlastung von Lehrkräften führen, da diese weniger Maßnahmen zur Einschränkung der Smartphonennutzung in die Unterrichtsplanung und -durchführung einbeziehen müssten.

Ausblick

Die Ergebnisse der Studie deuten an, dass die untersuchten Ansätze der Smartphone-Nutzung sowie Maßnahmen zur Regulation des BYOD-Ansatzes im Vergleich Lehr-Lernprozesse ähnlich beeinflussen. Die vorliegende Studie leistet einen wichtigen Beitrag zum Verständnis des mobilen Lernens, vergleicht erstmals verschiedene Ansätze der Smartphone-Nutzung und liefert damit die Grundlage für weitere Studien. Da Smartphones im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht in verschiedenen Fächern genutzt werden, sollten die Studien außerhalb der Physik repliziert werden. Zudem erscheinen Befunde bei Nutzung mobiler Endgeräte über einen längeren Zeitraum im Regelunterricht von Interesse.

Das Projekt smart for science wird aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01JD1827 gefördert. Für die Zusammenarbeit im Projekt bedanken wir uns bei Cornelia Denz, Boris Forthmann, Gilbert Greefrath, Fabienne E. Kremer, Barbara Leibrock, Annette Marohn, Dörthe Masemann, Thorsten Quandt, Felix Reer und Elmar Souvignier.

Literatur

- Aharony, N., & Zion, A. (2019). Effects of WhatsApp's use on working memory performance among youth. *Journal of Educational Computing*, 57 (1), 226-245
- Alberta Education (2012). *Bring Your Own Device: A Guide for schools*. Edmonton, AB: Minister of Education
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates
- Hochberg, K., Kuhn, J., & Müller, A. (2018). Using smartphones as experimental tools – effects on interest, curiosity, and learning in physics education. *Journal of Science Education and Technology*, 27 (5), 385-403
- Kay, R., Benzimra, D., & Li, J. (2017). Exploring factors that influence technology-based distractions in Bring Your Own Device classrooms. *Journal of Educational Computing*, 55 (7), 974-995
- Klepsch, M., Schmitz, F., & Seufert, T. (2017). Development and validation of two instruments measuring intrinsic, extraneous, and germane cognitive load. *Frontiers in Psychology*, 8, 1997
- Krapp, A. (1992). Interesse, Lernen und Leistung. *Neue Forschungsansätze in der Pädagogischen Psychologie. Zeitschrift für Pädagogik*, 38 (5), 747-770
- Limniou, M. (2021). The effect of digital device usage on student academic performance: A case study. *Education Sciences*, 11 (3), 121
- Liu, C.-Y., Wu, C.-J., Wong, W.-K., Lien, Y.-W., & Chao, T.-K. (2017). Scientific modeling with mobile devices in high school physics labs. *Computers & Education*, 105, 44-56
- Neumann, K., & Waight, N. (2020). The digitalization of science education: Déjà vu all over again? *Journal of Research in Science Teaching*, 57 (9), 1519-1528
- NGSS Lead States (2013). *Next generation science standards: For states, by states*. Washington, DC: National Research Council
- Paas, F. G. W. C. (1992). Training strategies for attaining transfer of problem-solving skill in statistics: A cognitive-load approach. *Journal of Educational Psychology*, 84 (4), 429-434
- Pew Research Center, 2019. *Smartphone ownership is growing rapidly around the world, but not always equally*. Verfügbar unter https://www.pewresearch.org/global/wp-content/uploads/sites/2/2019/02/Pew-Research-Center_Global-Technology-Use-2018_2019-02-05.pdf (Stand 10/2022)
- Pusch, A., Ubben, M. S., Laumann, D., Heinicke, S., & Heusler, S. (2021). Real-time data acquisition using Arduino and phyphox: Measuring the electrical power of solar panels in contexts of exposure to light in physics classroom. *Physics Education*, 56 (4), 045001
- Ravizza, S. M., Hambrick, D. Z., & Fenn, K. M. (2014). Non-academic internet use in the classroom is negatively related to classroom learning regardless of intellectual ability. *Computers & Education*, 78, 109-114
- Rinehart, D. L. (2012). *Students using mobile phones in the classroom: Can the phones increase content learning*. Dissertation. California State University.
- Schiefele, U. (1999). Interest and learning from text. *Scientific Studies of Reading*, 3 (3), 257-279
- Song, Y. (2016). "We found the 'black spots' on campus on our own": Development of inquiry skills in primary science learning with BYOD (Bring Your Own Device). *Interactive Learning Environments*, 24 (2), 291-305
- Sung, Y.-T., Chang, K.-E., Liu, T.-C. (2016). The effects of integrating mobile devices with teaching and learning on students' learning performance: A meta-analysis and research synthesis. *Computers & Education*, 94, 252-275
- Voogt, J., Erstad, O., Dede, C., & Mishra, P. (2013). Challenges to learning and schooling in the digital networked world of the 21st century. *Journal of Computer Assisted Learning*, 29 (5), 403-413
- Wilmer, H. H., Sherman, L. E., & Chein, H. M. (2017). Smartphones and cognition: A review of research exploring the links between mobile technology habits and cognitive functioning. *Frontiers in Psychology*, 8, 605
- Zhai, X., Zhang, M., Li, M. (2016). One-to-one mobile technology in high school physics classrooms: Understanding its use and outcome. *British Journal of Educational Technology*, 49 (3), 516-532
- Zydney, J. M., & Warner, Z. (2016). Mobile apps for science learning: Review of research. *Computers & Education*, 94, 1-17

Fabienne E. Kremer¹
Annette Marohn¹

¹Universität Münster

BYOD oder Pool?

Smartphone-Distraktion in unterschiedlichen Bereitstellungsbedingungen

Ausgangslage und Fragestellungen

Die Forderung Kompetenzen im Umgang mit Digitalität zu fördern (s. bspw. Kultusministerkonferenz, 2020) bedingt den Einsatz von Endgeräten im naturwissenschaftlichen Unterricht. Neben Laptops und Tablets können auch Smartphones in diesem Sinne genutzt werden. In Deutschland stehen sie gemäß dem Medienpädagogischen Forschungsverbund Südwest (2021) 94% der jugendlichen Bevölkerung zur Verfügung. Folglich könnten Smartphones in vielen Fällen von Lernenden für den unterrichtlichen Gebrauch bereitgestellt werden. Diesem aus ökonomischer Sicht wünschenswerten Vorgehen stehen jedoch Bedenken gegenüber. So äußern sowohl Lernende (s. bspw. Mavhunga, Kibirige, Chigonga & Ramaboka, 2016) als auch Lehrende (s. bspw. Cheng, Guan & Chau, 2016) und Eltern (s. bspw. Kiger & Herro, 2015), dass sie ein erhöhtes Maß an Distraktion durch den Gebrauch von Smartphones im Unterricht befürchten. Eine mögliche Folge eines solchen Effekts könnte eine Verringerung der Lernleistung sein.

Dem Einsatz schülereigener Smartphones (BYOD, Bring you own device) steht der Einsatz schuleigener Smartphones für ausgewählte Lerngelegenheiten (Pool, Gerätepool) gegenüber. Das Forschungsprojekt *smart for science* (u. a. beschrieben in Kremer & Marohn, 2022a) vergleicht beide Bereitstellungsbedingungen und untersucht ihren Einfluss auf lernrelevante Merkmale. Zu diesem Zweck wurden Datenerhebungen innerhalb von Workshops in den Fächern Chemie, Physik und Mathematik durchgeführt.

In diesem Beitrag wird ein Ausschnitt aus dem *smart for science*-Teilprojekt des Fachs Chemie dargestellt. Genauer wird die Auswirkung der Bereitstellungsbedingung auf die Lernleistung sowie auf das Distraktionsverhalten betrachtet. Die entsprechenden Fragestellungen lauten:

- Inwieweit wirkt sich die Bereitstellungsbedingung auf die Lernleistung aus? (FF1)
- In welcher Weise wirkt sich die Verwendung des eigenen Smartphones im Vergleich zu einem schuleigenen Fremdgerät auf das Distraktionsverhalten aus? (FF2)

Datenerhebung

Die Erhebung qualitativer und quantitativer Daten erfolgte innerhalb eines quasiexperimentellen Designs. Lernende aus insg. 15 Schulklassen wurden zufällig auf die Besitzbedingungen BYOD und Pool aufgeteilt. Innerhalb dieser Gruppen nahmen sie an einem Workshop (umfassend beschrieben in Kremer & Marohn, 2022b) teil, der einen frequenten Smartphone-Einsatz erforderte. Vor und nach dem Workshop führten die Lernenden einen Fachwissenstest zur Erhebung der Lernleistung durch. Das Distraktionsverhalten wurde mithilfe einer Videographie durch Kamerabrillen erfasst. Diese

waren mit einem Fish Eye bestückt, welches das Videomaterial zum Schutz der Privatsphäre verschwommen erscheinen lässt. Das Tragen der Kamerabrillen erfolgte auf freiwilliger Basis.

Auswertung

Quantitative Auswertung (FF1)

Gemäß einem t-Test für unabhängige Stichproben unterscheidet sich die Lernleistung der BYOD-Gruppe ($M = 61,85$; $SD = 23,66$) nicht signifikant von derjenigen der Pool-Gruppe ($M = 65,34$; $SD = 22,74$), $t(314) = -1,34$, $p = 0,182$. Dieses Ergebnis wird durch einen Mann-Whitney-U-Test bestätigt, $U = 11284$, $p = 0,140$.

Qualitative Auswertung (FF2)

Die Auswertung des Videomaterials erfolgte im Design einer Cross-Case-Analyse nach Yin (2018). Diese sieht vor, dass die jeweiligen Fälle zunächst einzeln betrachtet und Schlussfolgerungen isoliert aus ihnen gezogen werden. Die Schlussfolgerungen werden anschließend einander gegenübergestellt. Als Fall wird dabei ein Phänomen innerhalb seines realen Kontexts verstanden. In der vorliegenden Untersuchung bildet das Distraktionsverhalten innerhalb der BYOD-Intervention den ersten und das Distraktionsverhalten innerhalb der Pool-Intervention den zweiten Fall.

Die Lernenden, deren Videomaterial innerhalb der jeweiligen Fälle untersucht wurde, wurden kriteriengeleitet ausgewählt. Das Selektionsschema sieht vor, dass sie sich in Merkmalen ähneln, die einen Einfluss auf das Distraktionsverhalten haben können. Betrachtet wurden genauer die allgemeine Smartphone-Nutzungsdauer, das Interesse an den Workshop-Inhalten, das chemiespezifische Selbstwirksamkeitskonzept, die kognitiven Fähigkeiten und das Vorwissen. Aus der Kohorte von Lernenden konnten je Bereitstellungsbedingung 5 Lernende identifiziert werden, die den Selektionskriterien genügen.

Das Videomaterial der selektierten Lernenden wurde mittels einer qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2015) untersucht. Zu diesem Zweck erfolgte eine Codierung mithilfe der Software MAXQDA. Der Codierleitfaden sieht zunächst eine Identifikation inhaltlicher Arbeitsphasen vor. Darauf folgt die Identifikation von (non-)verbalem Distraktionsverhalten, das weiter hinsichtlich seines Smartphone-Bezugs konkretisiert wird.

Die Ergebnisse aus Fall 1 (BYOD) sind in den Abbildungen 1 und 3 visualisiert. Hierbei nimmt das Distraktionsverhalten einen geringeren Anteil an den inhaltlichen Arbeitsphasen ein als das aufgabenkonforme Verhalten. Dabei überwiegt der Anteil der Distraction ohne Smartphone-Bezug den Anteil derjenigen mit Smartphone-Bezug. In der Betrachtung der einzelnen Lernenden ist zu erkennen, dass sowohl der Anteil des Distraktionsverhaltens insgesamt als auch der Anteil des Distraktionsverhaltens mit Smartphone-Bezug individuell unterschiedlich ist. Dieselben Erkenntnisse können aus den Ergebnissen von Fall 2 (Pool) gezogen werden. Sie sind in den Abbildungen 2 und 4 visualisiert.

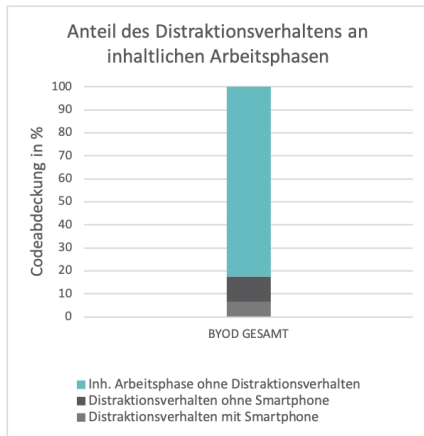


Abb. 1: Gruppen-Darstellung des Distraktionsverhaltens in Fall 1 (BYOD)

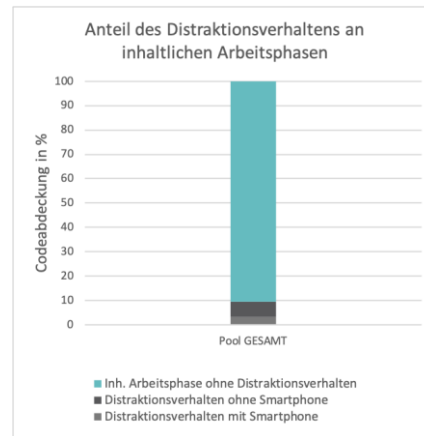


Abb. 2: Gruppen-Darstellung des Distraktionsverhaltens in Fall 2 (Pool)

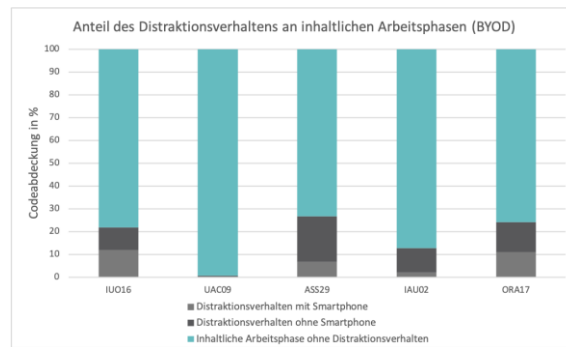


Abb. 3: Individuelle Darstellung des Distraktionsverhaltens in Fall 1 (BYOD)

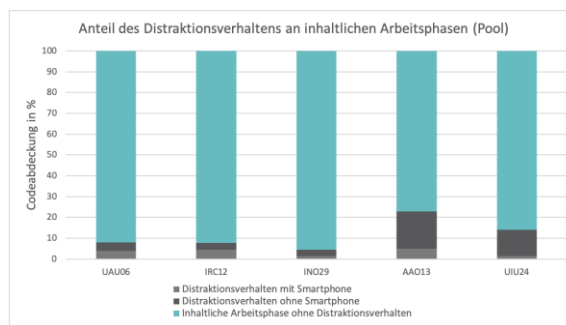


Abb. 4: Individuelle Darstellung des Distraktionsverhaltens in Fall 2 (Pool)

Fazit

Weder die quantitative Auswertung der Lernleistung noch die Cross-Case-Analyse des Distraktionsverhaltens deuten auf lernrelevante Unterschiede in den Besitzbedingungen BYOD und Pool hin. Beide Analysen werden fortlaufend durch ergänzende Schritte vervollständigt.

Literatur

- Kultusministerkonferenz (2020). Bildungsstandards im Fach Chemie für die Allgemeine Hochschulreife. https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2020/2020_06_18-BildungsstandardsAHR_Chemie.pdf (letzter Zugriff: 23.09.2022)
- Mayring, P. (2015). Qualitative Inhaltsanalyse Grundlagen und Techniken (12. Aufl.). Weinheim: Beltz Verlag
- Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest (2021). Jim-Studie 2021 – Jugend, Information, Medien. https://www.mpfs.de/fileadmin/files/Studien/JIM/2021/JIM-Studie_2021_barrierefrei.pdf (letzter Zugriff: 23.09.2022)
- Mavhunga, F. Z., Kibirige, I., Chigonga, B. & Ramaboka, M. (2016). Smartphones in public secondary schools: Views of matric graduates. *Perspectives in Education*, 34 (3), 72 – 85
- Cheng, G., Guan, Y. & Chau, J. (2016). An empirical study towards understanding user acceptance of bring your own device (BYOD) in higher education. *Australasian Journal of Educational Technology*, 32 (4), 1 – 17
- Kiger, D., & Herro, D. (2015). Bring your own device: Parental guidance (PG) suggested. *TechTrends*, 59 (5), 51 – 61
- Kremer, F. E. & Marohn, A. (2022a). „smart for science“: Eigene und gestellte Smartphones im Vergleich. *CHEMKON*, 29 (S1), 271 – 274
- Kremer, F. & Marohn, A. (2022b). „smart for science“: Lernen mit Smartphones und digitalen Lernmedien im Themenfeld Elektromobilität. *MNU journal*, 75 (5), 390 – 393
- Yin, R. K. (2018). *Case study research and applications* (6. Aufl.). London: SAGE

Rike Große-Heilmann¹
 Jan-Philipp Burde²
 Josef Riese¹
 Thomas Schubatzky³
 David Weiler²

¹RWTH Aachen
²Universität Tübingen
³Universität Innsbruck

Erwerb und Messung fachdidaktischen Wissens zum Einsatz digitaler Medien

Die zunehmende Bedeutung digitaler Medien für den Fachunterricht erfordert entsprechende fachdidaktische Lerngelegenheiten zum Einsatz digitaler Medien in der Lehramtsausbildung (SWK, 2022). Um auch der Frage der Lernwirksamkeit solcher Lerngelegenheiten zu begegnen, ist die Evaluation dieser hinsichtlich (fachdidaktischer) digitaler Kompetenzen wünschenswert. Dazu wurden angehende Lehrkräfte bislang häufig mit Selbsteinschätzungen befragt (Wang, Schmidt-Crawford & Jin, 2018), die in ihrer Validität jedoch eingeschränkt sind. Im Verbundprojekt *DiKoLeP* der Universitäten in Aachen, Graz und Tübingen (Schubatzky et al., 2022) wird der o.g. Frage nach der Lernwirksamkeit nachgegangen, indem ein übergreifendes Lehrkonzept zur Förderung fachdidaktischer digitaler Kompetenzen entwickelt, implementiert und standortübergreifend evaluiert wird. Das Lehrkonzept besteht dabei aus gemeinsam abgestimmten Kerninhalten (lernpsychologische Grundlagen zum Medieneinsatz sowie Designprinzipien, Einsatzmöglichkeiten und empirische Befunde zu physikspezifischen oder -typischen Medien wie digitalen Messwerterfassungssystemen, Simulationen und Erklärvideos) und standortspezifischen praktischen Anteilen (Schülerprobung in Aachen und Micro-Teachings in Graz und Tübingen). Das hier beschriebene Teilprojekt beschäftigt sich mit der Untersuchung des Erwerbs des fachdidaktischen Wissens zum Einsatz digitaler Medien über die Seminare der drei Standorte, wozu ein fachdidaktischer Leistungstest neu entwickelt und hinsichtlich der Validität überprüft wurde (Große-Heilmann et al., 2022a). Davon ausgehend werden lernwirksame Elemente des Lehrkonzepts identifiziert, die zu einer Verbesserung im gemessenen fachdidaktischen Wissen zum Einsatz digitaler Medien geführt haben.

Theoretischer Hintergrund

Fachdidaktisches Wissen (FDW) stellt als Teil der Professionellen Handlungskompetenz angehender Lehrkräfte (Baumert & Kunter, 2006) ein relevantes Konstrukt in der Lehrerbildungsforschung dar. Für das Fach Physik wurde das FDW bereits in verschiedenen naturwissenschaftsdidaktischen Projekten beforscht, modelliert und operationalisiert (KiL: Kröger, Neumann & Petersen, 2015; ProwiN: Tepner et al., 2015; Profile-P: Riese, Gramzow & Reinhold, 2017). Als Synthese verschiedener Strukturierungen unterscheidet das Modell zum FDW in Physik nach Gramzow, Riese & Reinhold (2013) acht fachdidaktische Facetten, von denen vier bereits operationalisiert wurden (Riese et al., 2017). Für die Facette (*Digitale Medien*) liegt bisher kein proximales Messverfahren vor. Sie beinhaltet Wissen über Möglichkeiten und Anforderungen fachspezifischer Medien sowie über die angemessene inhaltspezifische Nutzung von digitalen Medien im Physikunterricht (Gramzow et al., 2013) und ähnelt damit dem zentralen Wissensbereich TPCK des TPACK-Modells (Mishra & Koehler, 2006), welches jedoch fachunabhängig formuliert ist. Mit dem Orientierungsrahmen *DiKoLAN* (Becker et al., 2020) liegt aktuell eine naturwissenschaftsspezifische Modellierung

digitaler Kompetenzen vor, welche für die physikspezifische Beschreibung, Untersuchung und Förderung von FDW zum Einsatz digitaler Medien von Relevanz ist.

Ziele und Forschungsfragen

Das vorgestellte Projekt zielt auf die Evaluation physikdidaktischer Seminare zum Einsatz digitaler Medien im Verbundprojekt DiKoLeP ab, wobei in diesem Beitrag das Ausmaß und die Ursachen der Veränderung des FDW zum Einsatz digitaler Medien fokussiert werden. Dazu wird im Teilprojekt ein proximales Messverfahren zur Untersuchung der Entwicklung dieses Wissens in Form eines fachdidaktischen Leistungstests entwickelt, um Validitätsprobleme von Selbsteinschätzungen in diesem Bereich zu überwinden. Aufbauend auf der Untersuchung des Wissenserwerbs über die Seminare sollen lernförderliche und lernhinderliche Elemente des Lehrkonzepts identifiziert und somit Gestaltungswissen für Lerngelegenheiten zu digitalen Medien im Physikunterricht gewonnen werden.

Die erste Forschungsfrage widmet sich zunächst der Validierung des im Projekt entwickelten Testinstruments zur Messung des FDW zum Einsatz digitaler Medien:

- FF1: Inwiefern lässt sich das physikdidaktische Wissen zum Einsatz digitaler Medien mithilfe des entwickelten Testinstruments valide messen?

Die zweite Forschungsfrage adressiert die Untersuchung des Wissenserwerbs in den physikdidaktischen Seminaren im Verbundprojekt mithilfe des entwickelten Leistungstests:

- FF2: Inwieweit verändert sich das gemessene physikdidaktische Wissen zum Einsatz digitaler Medien über die Seminare der drei kooperierenden Standorte?

Die dritte Forschungsfrage fokussiert die Identifikation lernwirksamer Elemente des Lehrkonzepts unter Berücksichtigung der gemeinsamen sowie standortspezifischen Anteile:

- FF3: Welche Elemente des gemeinsamen Kerns bzw. der standortspezifischen Teile des Lehrkonzepts sind besonders lernförderlich bzw. eher lernhinderlich?

Methode

Zur Entwicklung des Testinstruments wurde die Facette Digitale Medien des FDW auf Basis von (fachspezifischer) Literatur zum Medieneinsatz (z.B. Girwidz, 2020; Mayer, 2009) sowie Strukturierungen zu digitalen Kompetenzen angehender Lehrkräfte (z.B. Becker et al., 2020) modelliert und somit ein Modell aus vier Kategorien erarbeitet (*Fachbezogene Grundlagen, Digitale Messwerterfassung, Simulationen und Erklärvideos*), welches die inhaltliche Grundlage zur Aufgabenerstellung darstellte (Große-Heilmann et al., 2021). In Anlehnung an das Vorgehen zur Aufgabenentwicklung im Projekt *Profile-P Transfer* (Jordans et al., 2022) sowie mit dem Ziel einer objektiven und zeitökonomischen Auswertung wurden 17 Mehrfachwahlaufgaben entwickelt. Der Test wurde 2021 mit $N=116$ Lehramtsstudierenden pilotiert und anschließend optimiert (ein Beispielitem ist z. B. in Große-Heilmann et al., 2022b zu finden). Zur Beantwortung von FF1 wurden in verschiedenen Teilstudien Aspekte der Konstruktvalidität nach Messick (1995) untersucht: (a) Think-Aloud-Studien zur kognitiven Validierung, (b) Vergleich verschiedener Raschmodelle zur strukturellen Validierung, (c) schriftliche Expert*innenbefragung zur curricularen Passung der Testaufgaben, (d) Befragung von Lehramtsstudierenden anderer Fächer zur diskriminanten Validierung sowie (e) Korrelationsanalysen zur Abgrenzung des FDW zum Einsatz digitaler Medien von den angrenzenden Wissensdomänen FDW in Physik (ohne digitale Medien) und Pädagogisches Wissen. Zur Untersuchung des Wissenserwerbs (FF2) wird das FDW zum Einsatz digitaler Medien im Pre-

Post-Design in den beteiligten Seminaren eingesetzt. Bislang wurden $N=35$ Pre-Post-Datensätze erhoben. Für die Identifikation wirksamer Seminarelemente im Rahmen von FF3 werden nach der schriftlichen Pre-Post-Befragung mit einem Teil der Studierenden retrospektive Leitfaden-Interviews geführt. Dabei werden Ursachen für Veränderungen in den Testantworten der Studierenden erkundet und auf Elemente des Lehrkonzepts bezogen. Bisher wurden $N=10$ Interviews (~60 Min. Dauer) geführt. Die Interviews werden nach der qualitativen Inhaltsanalyse nach Kuckartz (2018) ausgewertet. Im Studienjahr 2022/23 werden weitere Daten zu FF2 und FF3 im Verbundprojekt erhoben.

Ausgewählte Ergebnisse

Die Auswertung der Think-Aloud-Studien (FF1–a) deutet u.a. an, dass die Probanden erwartungskonform häufiger auf fachdidaktisches Wissen zur Beantwortung der Aufgaben zurückgreifen als auf fachliches Wissen oder Wissen aus früheren Schulerfahrungen. Der Vergleich eines eindimensionalen mit einem vierdimensionalen Raschmodell zur empirischen Untersuchung der angenommenen Modellstruktur (FF1–b) zeigt, dass das vierdimensionale Modell die Daten signifikant besser beschreibt. Das eindimensionale Modell weist jedoch ebenso gute Item- und Modellfit-Parameter sowie eine annehmbare EAP-Reliabilität von 0,73 auf. Weitere Ergebnisse zur Validierung (FF1–c-e) finden sich in Große-Heilmann et al. (2022a). Im Hinblick auf die Veränderung des FDW zum Einsatz digitaler Medien (FF2) zeigt sich ein signifikanter Wissenszuwachs über die Seminare mit mittlerer Effektstärke ($t(34)=2,553$; $p=0,015$; $d=0,43$). Die bisherige Auswertung von vier Interviews (FF3) deutet an, dass insbesondere die Auseinandersetzung mit Designprinzipien zum Multimedialen Lernen sowie der eigene Medieneinsatz in der Praxisphase lernförderlich sind und zu einer Verbesserung in den Testantworten führen. Vereinzelt scheint das Kennenlernen von Möglichkeiten einzelner Medien innerhalb des Seminars dazu zu führen, dass manche Distraktoren im Test weniger kritisch bewertet und demnach häufiger ausgewählt werden.

Diskussion und Ausblick

Die Ergebnisse der Teilstudien zu FF1 liefern einige Hinweise auf die Inhalts- und Konstruktvalidität des optimierten Testinstruments, welches mit 14¹ Testaufgaben eine Bearbeitungsdauer von ca. 20-25 Minuten hat. Wenngleich das Format der geschlossenen Testaufgaben gewisse Einschränkungen aufweisen kann, scheint das entwickelte Testinstrument ein zeitökonomisches wie valides und reliables Messverfahren zur Untersuchung des FDW zum Einsatz digitaler Medien zu sein. Deshalb wird in Zukunft erkundet, inwiefern sich das entwickelte Testinstrument auf die Fächer Chemie und Biologie adaptieren lässt. Der gemessene Wissenszuwachs über die Seminare (FF2) deutet an, dass das übergreifende Lehrkonzept sich zur Förderung des FDW zum Einsatz digitaler Medien eignet. Mit einer vergrößerten Stichprobe durch weitere Erhebungen im Studienjahr 2022/23 wird die Veränderung des gemessenen FDW untersucht sowie vertiefter (z.B. im Hinblick auf mögliche Unterschiede in der Entwicklung verschiedener Leistungsgruppen) erkundet. Die bisherige Auswertung der Interviews zu FF3 gibt erste Hinweise darauf, dass im Seminar womöglich verstärkt das eigene Planen und Gestalten von Unterrichtsszenarien mit digitalen Medien sowie das kritische Reflektieren von Medieneinsätzen ermöglicht werden sollten.

¹ Im Rahmen der Pilotierung und Validierung wurden insgesamt drei der 17 erstellten Testaufgaben entfernt.

Literatur

- Baumert, J. & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9(4), 469–520.
- Becker, S., Bruckermann, T., Finger, A., Huwer, J., Kremser, E., Meier, M. et al. (2020). Orientierungsrahmen Digitale Kompetenzen für das Lehramt in den Naturwissenschaften - DiKoLAN. In S. Becker, J. Meßinger-Koppelt & C. Thyssen (Hrsg.), *Digitale Basiskompetenzen. Orientierungshilfe und Praxisbeispiele für die universitäre Lehramtsausbildung in den Naturwissenschaften* (S. 14–43). Hamburg: Joachim Herz Stiftung.
- Girwidz, R. (2020). Multimedia und digitale Medien im Physikunterricht. In E. Kircher, R. Girwidz & H. E. Fischer (Hrsg.), *Physikdidaktik. Grundlagen* (4. Aufl., S. 457–527). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Gramzow, Y., Riese, J. & Reinhold, P. (2013). Modellierung fachdidaktischen Wissens angehender Physiklehrkräfte. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 19, 7–30.
- Große-Heilmann, R., Riese, J., Burde, J. P., Schubatzky, T., & Weiler, D. (2022a). Fostering Pre-Service Physics Teachers' Pedagogical Content Knowledge Regarding Digital Media. *Education Sciences*, 12(7), 440. [www.doi.org/10.3390/educsci12070440](https://doi.org/10.3390/educsci12070440).
- Große-Heilmann, R., Burde, J. P., Riese, J., Schubatzky, T., & Weiler, D. (2022b). Messung fachdidaktischer digitaler Kompetenzen in Physik. In S. Habig & H. van Vorst (Hrsg.), *Unsicherheit als Element von naturwissenschaftsbezogenen Bildungsprozessen*. GDCP virtuelle Jahrestagung 2021.
- Große-Heilmann, R., Riese, J., Burde, J.-P., Schubatzky, T. & Weiler, D. (2021). Erwerb und Messung physikdidaktischer Kompetenzen zum Einsatz digitaler Medien. *PhyDid B-Didaktik der Physik-Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*, 1, 171–178.
- Jordans, M., Zeller, J., Große-Heilmann, R. & Riese, J. (2022). Weiterentwicklung eines physikdidaktischen Tests zum Online-Assessment. In S. Habig & H. van Vorst (Hrsg.), *Unsicherheit als Element von naturwissenschaftsbezogenen Bildungsprozessen*. GDCP virtuelle Jahrestagung 2021.
- Kuckartz, U. (2018). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung* (4. Auflage). Weinheim: Beltz Juventa.
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia Learning* (Second Edition). Cambridge: Cambridge university press.
- Messick, S. (1995). Validity of psychological assessment: Validation of inferences from persons' responses and performances as scientific inquiry into score meaning. *American Psychologist*, 50(9), 741–749.
- Mishra, P. & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers college record*, 108(6), 1017–1054. [www.doi.org/10.1111/j.1467-620.2006.00684.x](https://doi.org/10.1111/j.1467-620.2006.00684.x)
- Riese, J., Gramzow, Y. & Reinhold, P. (2017). Die Messung fachdidaktischen Wissens bei Anfängern und Fortgeschrittenen im Lehramtsstudiengang Physik. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 23(1), 99–112. [www.doi.org/10.1007/s40573-017-0059-2](https://doi.org/10.1007/s40573-017-0059-2).
- Schubatzky, T., Burde, J.-P., Große-Heilmann, R., Riese, J. & Weiler, D. (2022). Das Gesamtuntersuchungsdesign im Verbundprojekt DiKoLeP. In S. Habig & H. van Vorst (Hrsg.), *Unsicherheit als Element von naturwissenschaftsbezogenen Bildungsprozessen*. GDCP virtuelle Jahrestagung 2021.
- Ständige Wissenschaftliche Kommission der Kultusministerkonferenz (SWK) (2022). Digitalisierung im Bildungssystem: Handlungsempfehlungen von der Kita bis zur Hochschule. Gutachten der Ständigen Wissenschaftlichen Kommission der Kultusministerkonferenz (SWK). [www.doi.org/10.25656/01:25273](https://doi.org/10.25656/01:25273).
- Tepner, O., Borowski, A., Dollny, S., Fischer, H. E., Jüttner, M., Kirschner, S. et al. (2012). Modell zur Entwicklung von Testitems zur Erfassung des Professionswissens von Lehrkräften in den Naturwissenschaften. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 18, 7–28.
- Wang, W., Schmidt-Crawford, D. & Jin, Y. (2018). Preservice Teachers' TPACK Development: A Review of Literature. *Journal of Digital Learning in Teacher Education*, 34(4), 234–258. [www.doi.org/10.1080/21532974.2018.1498039](https://doi.org/10.1080/21532974.2018.1498039).

Marc Bastian Rieger¹
 Alexander Engl¹
 Björn Risch¹

¹Rheinland-Pfälzische Technische
 Universität Kaiserslautern-Landau,
 Campus Landau

Formulierung von Gestaltungsprinzipien für VR-Lernumgebungen

Virtuelle Realität (VR) entwickelt sich immer mehr zu einem wichtigen Bildungswerkzeug für den MINT-Bereich. So lassen sich eine Vielzahl an Lernprozessen durch VR unterstützen: Das Sichtbarmachen unsichtbarer Phänomene (z. B. submikroskopische Vorgänge auf Teilchenebene) oder auch das Aufsuchen von Orten, die normalerweise nicht erreichbar wären, zum Beispiel der Besuch eines außerschulischen Lernorts im Rahmen einer Exkursion. Die Möglichkeit, die Vorteile außerschulischer Lernorte in virtueller Realität (VR) abzubilden, würde zahlreiche Vorteile bewirken: So könnten klassische Hürden der Durchführung von Exkursionen, wie körperliche und psychische Einschränkungen der Schüler:innen, die Finanzierung sowie rechtliche Rahmenbedingungen genommen werden (Stolz & Feiler 2018). Zudem ließe sich eine weltweite Zugänglichkeit von lokalen Lehr- und Lernmöglichkeiten schaffen, die es den Nutzenden ermöglicht, bis dato unmögliche Erfahrungen zu erleben (Mikropoulos & Natsis 2011).

Derzeit setzen sich nur wenige Studien damit auseinander, wie VR-Lernumgebungen im schulischen und außerschulischen Alltag eingesetzt werden können und welche Lernleistungen der Schüler:innen daraus resultieren (Pellas et al. 2020). Lernen in VR wurden von Johnson-Glenberg (2019) bereits zusammenfassend und allgemein analysiert, allerdings ohne konkreten Bezug auf das nationale Bildungssystem. In der schulischen und außerschulischen Praxis mangelt es vor allem an qualitativ hochwertigen und adressatengerechten VR-Lernumgebungen. Dies liegt auch daran, dass potenziellen Entwickler:innen keine unterrichtsbezogenen Designkriterien vorliegen, an denen sie sich bei VR-Konzeptionen orientieren könnten. An dieser Stelle setzt das nachfolgend vorgestellte Forschungsprojekt an.

Zunächst wurde ein Ausschnitt des außerschulischen Lernorts Reallabor Queichland in VR nachgebaut (vgl. Abb. 1). Das Reallabor wurde 2018 im Stadtgebiet von Landau in der Pfalz auf einer Fläche von circa sechs Hektar eingerichtet. Vor Ort werden im Dialog zwischen Wissenschaft, Schule und Zivilgesellschaft, MINT-spezifische Angebote im Kontext einer Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) zu den Themen Wasser, Luft und Land erarbeitet sowie der Öffentlichkeit zugänglich gemacht. Die Inhalte basieren auf den Sustainable Development Goals (SDGs) 6 („Sauberes Wasser und Sanitäreinrichtungen“), 13 („Maßnahmen zum Klimaschutz“) und 15 („Leben an Land“). In die VR-Lernumgebung wurden drei Stationen einer fächerübergreifenden Lerneinheit zum Thema „CO₂-Ausgasung in Fließgewässern“ implementiert. Diese kann beispielsweise im Fach Chemie zum Thema „Kohlenstoffkreislauf“ im Themenfeld 11 „Stoffe im Fokus von Umwelt und Klima“ (MBWWK 2014) eingesetzt werden. Inhaltlich thematisieren die VR-Lernstationen ausgewählte Bereiche des globalen Kohlenstoffkreislaufs mit einer relevanten aber bisher noch wenig untersuchten Quelle von CO₂ – den Fließgewässern – und einer effizienten Senke von CO₂, nämlich dem Baumwachstum.

Auf der Basis der entwickelten VR-Lernumgebung wurden mittels eines Design-based Research Ansatzes gemeinsam mit Schüler:innen der zehnten Klasse relevante Kriterien ermit-

telt und als Gestaltungsprinzipien für die Erstellung von VR-Lernumgebungen formuliert. Die Ergebnisse der empirischen Studie fokussieren die Bereiche „räumliches Präsenzerleben“, „Authentizität“ sowie „Realismus“. Um deren Verknüpfung nachvollziehen zu können, werden die einzelnen Komponenten zunächst einzeln betrachtet.

Räumliches Präsenzerleben

Räumliches Präsenzerleben ist eine subjektive Erfahrung, die eine physische Anwesenheit in einem virtuellen Raum vermittelt (Hartmann et al. 2015). Bedingt durch die technischen Gegebenheiten der jeweils genutzten VR-Brille hat diese Erfahrung damit eine technische Abhängigkeit, die das Immersionslevel beeinflusst. Räumliches Präsenzerleben wird als ein konstanter Prozess verstanden, der in jeder Sekunde durchlaufen wird und nicht als andauernder Zustand (Wirth et al. 2007). Dieser Prozess erfragt mit einem Hypothesentest, ob die wahrgenommenen Reize dominant und überzeugend genug sind, um sie als neue Realität anzunehmen (Hartmann et al. 2015). Dieser Hypothesentest ist das entscheidende Kriterium, um räumliches Präsenzerleben zu erzeugen und um damit alle Lernvorteile der VR nutzen zu können. Bei der Nachbildung eines außerschulischen Lernorts in VR ist ein entscheidendes Kriterium der Grad an Realismus, der erreicht werden kann, um den Nutzenden das Gefühl zu vermitteln live vor Ort zu sein. Dieser Realismus hat auch einen erheblichen Einfluss auf die Wahrnehmung der Authentizität der Umgebung, was wiederum das räumliche Präsenzerleben beeinflusst. Räumliches Präsenzerleben nach Hartmann et al. (2005) kann in zwei Subskalen aufgeteilt werden: Selbstlokation und Handlungsmöglichkeiten. Die Selbstlokation erhebt, wie die eigene Position im Raum wahrgenommen wird und ob man sich in der neuen Umgebung präsent fühlt. Die Handlungsmöglichkeiten erfragen, inwiefern man der Meinung ist, in der virtuellen Umgebung aktiv sein zu können.

Authentizität

Einen außerschulischen Lernort in VR nachzubilden, erfordert einen hohen Grad an Realismus und damit einhergehend auch eine hohe Authentizität. Virtuelle Realität erzeugt eine geringere Menge an sensorischen Stimulationen als die reale Welt. Bei der Konzeption der VR-Lernumgebung ist es daher wichtig, dass beim Design darauf geachtet wird, die Annahmen und Erwartungen der Nutzenden mit einzubeziehen und Merkmale die diese stützen hervorzuheben (Gilbert 2016). Dies stärkt die Wahrnehmung der Authentizität der Umgebung und hilft dabei, diese als neue Realität anzunehmen und somit die Bildung des räumlichen Präsenzerlebens zu stärken.

Realismus

Bei der Nachbildung eines außerschulischen Lernorts kann angenommen werden, dass die Nutzenden erwarten, eine möglichst detailgetreue Umgebung vorzufinden, die nach den uns bekannten Naturgesetzen funktioniert und mit realitätsnahen 3D Modellen ausgestattet ist. In unserer VR-Lernumgebung wurde darauf geachtet die benötigten Stimuli, die von den Nutzenden erwartet wird vorzufinden, zu stärken und hervorzuheben. Hierfür wurde die Unreal Engine 4 genutzt, da sie eine der stärksten Physik-Engines besitzt. Die virtuelle Fläche wurde mit einem Höhenmodell kombiniert, um die Blickperspektiven sowie Höhenunterschiede auf der Fläche herzustellen. Es wurde darauf geachtet möglichst viele 3D Modelle von heimischen Pflanzen zu nutzen und die Positionen der Bäume auf der Fläche einzuhalten. Eben-

so wurde die Erwartung an die Windbewegung durch einheitliche Gras- und Blätterbewegungen simuliert. Realitätsnahe Lichtbrechungen und -reflektionen konnten dank der modernen Technologie auch in den von uns wahrgenommenen Ausmaßen umgesetzt werden.

VR-Lernstationen

Die Lernangebote des Reallabor Queichland sind sehr vielfältig und auf der gesamten Grünfläche verteilt. Deswegen wurde sich dazu entschieden als eine der Lernstationen ein mobiles Experiment in VR umzusetzen: Die Messung von ausgasendem CO₂ mit Hilfe einer sogenannten Floating Chamber. Es ist eine mit Alltagsutensilien gebaute Angel an deren Ende eine schwimmende Schale befestigt ist, in der Bluetooth Sensoren zur Messung von CO₂ und Temperatur befestigt sind (vgl. Abb. 1). Diese schwimmende Schale wird auf dem Fluss aufgesetzt, wodurch eine Ansammlung von ausgasendem CO₂ darunter erzeugt wird. Man kann nun auf einem Tablet nachverfolgen, wie der CO₂ Gehalt unter der Schüssel ansteigt.

Beim Design wurde darauf geachtet, dass die durchzuführenden Arbeitsschritte der Station so realistisch wie möglich sind. Die Floating Chamber befindet sich auf dem Arbeitstisch und muss von den Nutzenden mit den Sensoren bestückt sowie mit einem Deckel verschlossen werden. Danach muss die Floating Chamber auf dem Fluss platziert werden und es kann über das bereitgestellte Tablet die CO₂ Ausgasung beobachtet werden.

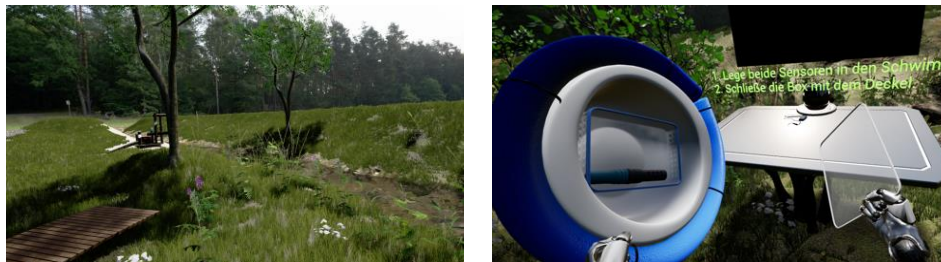


Abb. 1: Realistische 3D Modelle, um die Authentizität der Umgebung zu stärken (links) sowie Zusammenbauen der Floating Chamber in der VR-Lernstation 1 (rechts).

Ergebnisse der Design-based Research Studie

Die Ergebnisse zeigen (Rieger et al., in Druck), dass in einer VR-Lernumgebung mit realitätsnahen 3D Modellen und Interaktionen hohe Werte der Selbstlokation sowie bei den Handlungsmöglichkeiten erreicht werden (vgl. Abb.2).

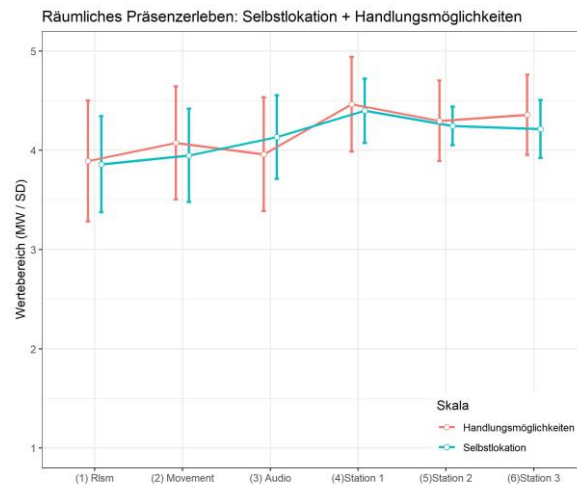


Abb 2: Mittelwert (MW) mit Standardabweichung (SD) der Skalen Selbstlokation und Handlungsmöglichkeiten.

Ebenso wurde ermittelt, dass eine mehrfache Nutzung der VR-Lernumgebung zu einem Interessenszuwachs führt. Dies kann unter anderem mit der hohen Authentizität und der Unterstützung der Erwartungen der Nutzenden zusammenhängen. Wenn die Erwartungen und Annahmen der Nutzenden positiv unterstützt werden, neigen sie eher dazu, ein stärkeres Interesse an der Nutzung zu zeigen, als wenn dies nicht der Fall ist.

Literatur

- Gilbert, S. B. (2016). Perceived Realism of Virtual Environments Depends on Authenticity. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 25(4), 322–324. Doi: 10.1162/PRES_a_00276
- Hartmann, T., Böcking, S., Schramm, H., Wirth, W., Klimmt, C., Vorderer, P. (2005). Räumliche Präsenz als Rezeptionsmodalität. Ein theoretisches Modell zur Entstehung von Präsenzerleben. In: Gehrau, V., Bilandzic, H., Woelke, J. (Hrsg.): *Rezeptionsstrategien und Rezeptionsmodalitäten*, 21-37. München: Fischer, Reinhard.
- Hartmann, T., Wirth, W., Vorderer, P., Klimmt, C., Schramm, H., Böcking, S. (2015). Spatial Presence Theory: State of the Art and Challenges Ahead. In: Lombard, M., Biocca, F., Freeman, J., IJsselstein, W., & Schaevitz, R. J. (Hrsg.): *Immersed in Media*, 7. Cham: Springer International Publishing, 115–135.
- Johnson-Glenberg, M. C. (2019). The Necessary Nine: Design Principles for Embodied VR and Active Stem Education. In: Díaz, P., Ioannou, A., Bhagat, K. K., & Spector, J. M. (Hrsg.): *Smart Computing and Intelligence. Learning in a Digital World*, 70, 83-112. Springer Singapore. Doi: 10.1007/978-981-13-8265-9_5
- Mikropoulos, T.A. & Natsis, A. (2011). Educational virtual environments: A ten-year review of empirical research (1999-2009). *Computers & Education*, 56(3). 769-780, 2011. Doi: 10.1016/j.compedu.2010.10.020
- Pellas, N., Dengel, A. & Christopoulos, A. (2020). "A Scoping Review of Immersive Virtual Reality in STEM Education," in *IEEE Transactions on Learning Technologies*, vol. 13, no. 4, 748-761. Doi: 10.1109/TLT.2020.3019405
- Rieger, M.; Wallrath, S.; Engl, A. & Risch, B. (in Druck). Formulierung von Gestaltungsprinzipien für schulisch geeignete VR-Lernumgebungen. In Roth et al. (Hrsg.): *Perspektiven auf digitalen MINT-Unterricht und Lehrkräftebildung der Zukunft. Die Zukunft des MINT-Lernens Band 2 – Digitale Tools*. Springer Verlag.
- Stolz, C. & Feiler, B. (2018). *Exkursionsdidaktik. Ein fächerübergreifender Praxisratgeber für Schule, Hochschule und Erwachsenenbildung*. 1. Auflage. Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer (UTB, 4945).
- Wirth, W., Hartmann, T., Böcking, S., Vorderer, P., Klimmt, C., Schramm, H. (2007): A Process Model of the Formation of Spatial Presence Experiences. In: *Media Psychology*, 9 (3), 493–525. Doi: 10.1080/15213260701283079.

Tobias Kozłowski¹¹Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf

Delta@School - Interaktiver Online Experimentierkurs als hybrides Unterrichtsformat im Anfangsunterricht Physik Klasse 6

Motivation

Wie Untersuchungen zeigen, sind Besuche von Schülerlaboren ein geeignetes Mittel, um naturwissenschaftliches Interesse von Kindern und Jugendlichen zu steigern, Wissen zu vermitteln und eine Berufs- und Studienorientierung zu bieten (Engeln, 2004; Guderian, 2007; Glowinski, 2007; Simon, 2019). Trotz der positiven Effekte ist der Besuch eines Schülerlabors nicht immer möglich. Zum einen ist die Einbindung des Besuchs in den Unterricht für die Lehrer*in an bestimmte Kriterien gebunden (Hargreaves, L. J., 2005). Zum anderen sind solche Angebote meist in Ballungsräumen konzentriert, sodass vor allem ländliche Regionen zum Teil nur schwer erreicht werden (di Fuccia, D., Witteck, T., Markic, S., & Eilks, I., 2012). Dies wurde durch die Corona Pandemie weiter erschwert. Die Notwendigkeit der Digitalisierung des Unterrichts sowie die Entwicklung von digitalen Lern- und Unterrichtsmaterialien und Konzepten wurde deutlich (Kultusministerkonferenz, K. M. K., 2021). Um dem zu begegnen, wurden Materialien für den Anfangsunterricht Physik konzipiert und ein hybrides Format entwickelt, in welchem diese eingesetzt werden. Es stellt sich die Frage, inwieweit Konstrukte wie Interesse, Selbstkonzept in einem solchen Kontext gefördert werden. Ist der Effekt des hybriden Schülerlaborbesuchs von der Onlinebetreuung abhängig oder ist er auf andere Faktoren rückzuführen?

Konzeption der Materialien und des hybriden Unterrichts

Auf der Grundlage des Lehr-Lern-Prozesses nach Josef Leisen (2014) und Grundsätzen der Mediendidaktik (De Witt, 2013; Raes, A., Detienne, L., Windey, I. et al., 2020; Muuß-Merholz J, 2021) wurde ein Unterrichtskonzept zum Thema Farben (Zerlegung von weißem Licht, additive und subtraktive Farbmischung und Wahrnehmung der Körperfarbe bei Bestrahlung mit farbigem Licht) entwickelt. Der konzipierte Experimentalunterricht soll dabei von einer Lehrer*in vor Ort als auch in hybrider Form gleichwertig durchführbar sein.

Der Begriff „hybrid“ ist in der Literatur noch nicht klar definiert (Reinmann, G., 2021). Für die Konzeption wird ein hybrider Unterricht *„als Präsenzveranstaltungen [verstanden], an denen Teilnehmende sowohl vor Ort als auch online teilnehmen können.“* (Muuß-Merholz J, 2021), Interaktionsqualität und Interaktivität sind die ausschlaggebenden Elemente.

Im Rahmen des Unterrichtskonzepts werden die Schüler*innen in ihrem Unterrichtsraum mit Materialien des Schülerlabors ausgestattet und online per Videostream von einer Betreuer*in aus dem Schülerlabor bei der Bearbeitung verschiedener Experimente begleitet (Abb. 1 und Abb.2). Das Unterrichtskonzept sowie die Unterrichtsmaterialien wurden dabei zusammen mit Lehrer*innen in einem mehrstufigen Prozess entwickelt. Die für eine Doppelstunde (90 Minuten) konzipierte Unterrichtseinheit ist in fünf Abschnitte mit insgesamt vier Experimenten gegliedert. Für die Durchführung der Experimente erhält die Schule das entwickelte Unterrichtsmaterial, den sogenannten „ForscherKOFFER“ als Ausleihmaterial. Er enthält 16 Boxen mit identischen Experimentiermaterialien für maximal 32 Schüler*innen, verschieden Lichtquellen, Arbeitsmaterialien und eine Beilage für die Lehrer*in.

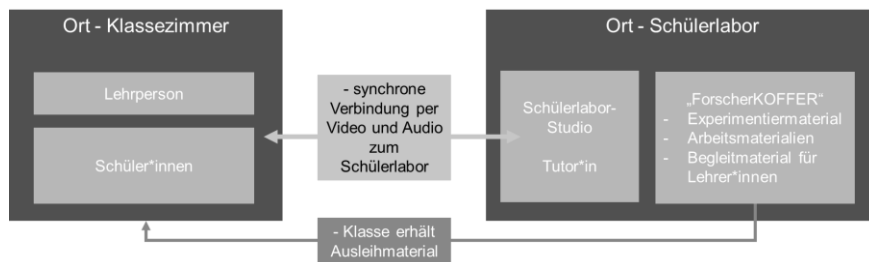


Abb. 1: Verbindung der Orte Klassenzimmer und Schülerlabor



Abb. 2: Unterricht mit Teletutor*in

Forschungsfragen

- (F1) Welcher Zusammenhang besteht zwischen der Form der Betreuung (Teletutor*in / Lehrer*in) des Programms und der Entwicklung von Interesse, Selbstwirksamkeitserwartung und Lernzuwachs der Schüler*innen?
- Wie unterscheiden sich die Betreuungsformen für verschiedene Schüler*innentypen?
- (F2) Wie begründen Lehrer*innen fachlich den Einsatz des hybriden Experimentierprogramms in Ihrem Unterricht für sich, ihre Schüler*innen und ihren Unterricht?

Design der Studie

Zur Beantwortung der Forschungsfragen wurde ein Pre-Post-Design mit Treatment- und Kontrollgruppe gewählt (Abb. 3). Das Unterrichtsprogramm DeltaX@School wird im Schülerlabor DeltaX am Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf als reguläres Programm angeboten und kann von Lehrer*innen in zwei Formen gebucht werden:

- (Treatmentgruppe) Ausleihmaterial und hybride Betreuung durch das Schülerlabor
- (Kontrollgruppe) Ausleihmaterial und Unterrichtskonzept ohne hybride Betreuung durch das Schülerlabor, die Lehrer*in führt den Unterricht allein durch

Jeweils vor (T1) und nach der 90-minütigen Unterrichtseinheit (T2) werden die Zielvariablen und das Fachwissen zum Unterrichtsthema erfasst. Zusätzlich werden die Lehrpersonen zum Einsatz des Unterrichtskonzepts befragt.

Um die Konsistenz und somit die Vergleichbarkeit von Treatment und Kontrollgruppe zu gewährleisten, erhalten die Lehrer*innen in der Kontrollgruppe im Vorfeld einen genauen zeitlichen und inhaltlichen Ablauf. In den Treatmentgruppen werden die Untersuchungsklassen immer von der gleichen Betreuer*in angeleitet.

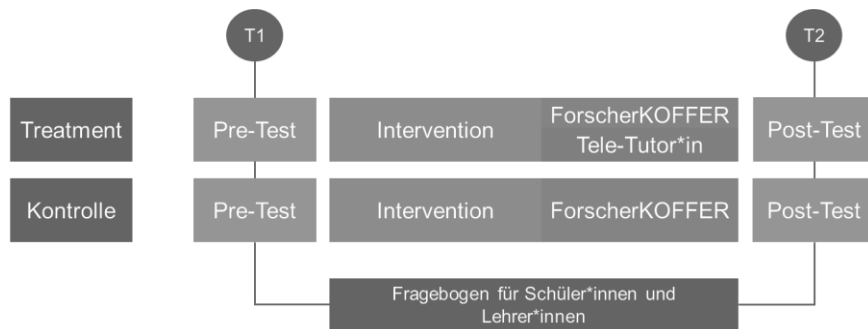


Abb. 3: Einsatz der Messinstrumente an den jeweiligen Zeitpunkten.

Messinstrumente

Zur Untersuchung werden Fragebögen als Messinstrument genutzt. Diese wurden im Umfeld der Schülerlabor- und Unterrichtsforschung bereits vielfach als Instrument eingesetzt, damit ist es möglich, sich auf bewährte Methoden zu stützen. Dabei kommen die folgenden Messinstrumente zum Einsatz:

- T1 SuS Fragebogen zu Interesse, Image, Selbstwirksamkeitserwartung, Erwartungen und Spaß sowie Fachwissen zum Thema Farben, für Lernende vor der Unterrichtseinheit (– Pre-Erhebung)
- T1 Lehrperson offener Fragebogen zu Erwartungen an das Programm (Begründung, Ziele, Probleme) für Lehrer*innen vor dem Programm
- T2 SuS Folgebefragung zu Items aus T1, für Lernende nach der Unterrichtseinheit (– Post-Erhebung)
- T1 Lehrperson offener Fragebogen zur Erfüllung der Erwartungen an das Programm (Begründung, Ziele, Probleme) für Lehrer*innen nach dem Programm

Fragebogenkonstruktion

Für die Fragebogenerhebung im Pre-Post-Design wurde bei der Itemkonstruktion auf bereits im Bereich Schülerlabor durchgeführte Untersuchungen aufgebaut (u.a. Pawek, 2009; Weßnigk, 2013; Streller, 2015; Simon, 2019). Erhoben werden die Konstrukte Interesse, Image, Selbstwirksamkeitserwartung und Spaß. Hierfür wurde auf bereits eingesetzte und getestete Items zurückgegriffen. Diese wurden in ihrer Formulierung der Altersgruppe (Schüler*innen Klasse 6) und der Situation (90-minütige Unterrichtseinheit) entsprechend angepasst. Infolge der Pilotierung wurde die Zahl der verwendeten Items in der Pre- und Postbefragung reduziert, um die für die Fragebögen benötigte Zeit zu reduzieren und einer Überforderung der Teilnehmer*innen bei der Bearbeitung entgegenzuwirken.

Ausblick

Im Rahmen der laufenden Hauptstudie nahmen derzeit (Oktober 2022) ca. 600 Schüler*innen an der Untersuchung teil. Geplant ist das Ende der Studie für den Dezember 2022. Die bisherigen Auswertungen deuten an, dass die hybride Gestaltung des Unterrichts gleichwertig mit der klassischen Durchführung der Unterrichtseinheit hinsichtlich der Steigerungen des Interesses und Selbstkonzeptes ist. Genaue Ergebnisse sind erst nach der Auswertung aller Daten im Frühjahr 2023 möglich.

Literatur

- di Fuccia, D., Witteck, T., Markic, S., & Eilks, I. (2012). Trends in practical work in German science education. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 8(1), 59-72.
- De Witt, C., & Czerwionka, T. (2013). *Mediendidaktik*. wbv.
- Engeln, K. (2004). Schülerlabors: authentische, aktivierende Lernumgebungen als Möglichkeit, Interesse an Naturwissenschaften und Technik zu wecken. Logos-Verlag.
- Guderian, P. (2007). Wirksamkeitsanalyse außerschulischer Lernorte.
- Guderian, P., & Priemer, B. (2008). Interessenförderung durch Schülerlaborbesuche-eine Zusammenfassung der Forschung in Deutschland. *PhyDid A-Physik und Didaktik in Schule und Hochschule*, 2(7), 27-36.
- Glowinski, I. (2007). Schülerlabore im Themenbereich Molekularbiologie als Interesse fördernde Lernumgebungen.
- Hargreaves, L. J. (2005). Attributes of meaningful field trip experiences (Doctoral dissertation, Faculty of Education-Simon Fraser University).
- Kultusministerkonferenz, K. M. K. (2021). Lehren und Lernen in der digitalen Welt Ergänzung zur Strategie der Kultusministerkonferenz „Bildung in der digitalen Welt“ (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 09.12.2021)
- Leisen, J. (2014). Wie soll ich meinen Unterricht planen? Lehr-Lern-Prozesse planen am Beispiel Elektrizitätslehre in Physik. *Lehr-Lernprozesse in der Schule: Referendariat: Praxiswissen für den Vorbereitungsdienst*, 102-117.
- Muß-Merholz, J. (2021). Wie Teilnehmende sich bei hybriden Veranstaltungen austauschen können – Methoden und Moderation. *HowTos zu hybriden Bildungsveranstaltungen – Teil 2*. <https://www.selbstlernen.net/hybrid-teil2/>. Zugegriffen: 07. August 2022.
- Pawek, C. (2009). Schülerlabore als interesselördernde außerschulische Lernumgebungen für Schülerinnen und Schüler aus der Mittel- und Oberstufe (Dissertation).
- Raes, A., Detienne, L., Windey, I. et al. A systematic literature review on synchronous hybrid learning: gaps identified. *Learning Environ Res* 23, 269–290 (2020). <https://doi-org.wwwdb.dbod.de/10.1007/s10984-019-09303-z>
- Reinmann, G. (2021). Hybride Lehre – ein Begriff und seine Zukunft für Forschung und Praxis. *Impact Free* 35.
- Simon, F. (2019). Der Einfluss von Betreuung und Betreuenden auf die Wirksamkeit von Schülerlaborbesuchen. Logos Verlag Berlin.
- Streller, M. (2015). The educational effects of pre and post-work in out-of-school laboratories. TU Dresden.
- Weßnigk, S. (2013). Kooperatives Arbeiten an Industrienahen außerschulischen Lernorten. Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.

Sascha Neff¹
 Alexander Engl¹
 Björn Risch¹

¹Rheinland-Pfälzische Technische
 Universität Kaiserslautern Landau,
 Campus Landau

Nutzung virtueller Labore – Lernpfadanalysen mit Logfiles

Ausgangslage

Eine curriculare Einbindung außerschulischer Lernorte kann sich positiv auf Motivation und Interesse der Lernenden auswirken (Itzek-Greulich, 2014; Glowinski, 2007; Guderian, Priemer & Schön, 2006). Vor diesem Hintergrund wurden an der Universität Koblenz-Landau virtuelle Labore für die Klassenstufen 10 bis 13 zur unterrichtlichen Vor- und Nachbereitung einer Experimentiereinheit am universitären Schülerlabor „Freilandmobil“ erstellt. Diese virtuelle Vor- und Nachbereitung des Schülerlaborbesuchs zum Thema Gewässeranalytik rahmt die reale Experimentiereinheit unter Einbezug interaktiver Elemente neben fachlichen Informationen auch mit forschungsmethodischen und auswertungsbezogenen Aspekten (siehe Neff, Engl, Kauertz & Risch, 2020a; Neff, Engl, Kauertz & Risch, 2020b). Curriculare Vorgaben der fachbezogenen Bildungsstandards wurden im Zuge der Konzeption berücksichtigt, ausgewählte Zielkompetenzen der Lernenden werden entsprechend adressiert (siehe Neff, Engl & Risch, im Druck).

Forschungsperspektivisch standen sowohl systemisch-schulbezogene als auch Lehrenden- und Lernendenaspekte im Fokus der Evaluation. Die dabei für die Lernendenseite zu prüfende Forschungsfrage lautete: „Wie können virtuelle Labore die Genese von aktueller Motivation, Flow-Erleben und Cognitive Load in der Vor- und Nachbereitung eines experimentellen Settings am außerschulischen Lernort im Freiland fördern?“

Zur Aufklärung der Auseinandersetzung der Lernenden mit den virtuellen Laboren auf Prozessebene wurde neben messwiederholten Erhebungen der Konstrukte aktuelle Motivation, Cognitive Load und Flow-Erleben auch die Usability der Lernumgebungen erfasst. Während die quantitativen Daten Indizien lieferten, welche auf eine Ermöglichung effektiven Lernens hindeuten (Neff, Gierl, Engl, Decker, Roth, Becker, Patzke, Winterholler, Kauertz & Risch, 2020), lieferten sie jedoch keine Aussage darüber, wie die Lernenden tatsächlich mit den dargebotenen virtuellen Laboren interagieren. Zur weiteren Aufklärung dieser Fragestellung wurde daher eine Auswertung systemseitig generierter Logfiles initiiert.

Logfile-Analysen in der fachdidaktischen Forschung

Durch computerisierte Systeme automatisch erzeugte Logdaten dienen zunächst primär der technischen Auswertung und Fehlerbehebung. Inzwischen bieten solche automatisiert erstellte Nutzerdaten insbesondere im Bereich Marketing vielfältige Möglichkeiten. Exemplarisch seien hier zielgruppengerechte Werbung im digitalen Raum, adaptive Suchvorschläge in Suchmaschinen oder Kaufvorschläge in Online-Warenhäusern basierend auf dem Kaufverhalten der Nutzenden genannt (z.B. Bensberg, 2001). Dieser Anwendungsbereich hat sich zu einer eigenen Fachdisziplin aufgebaut, unter den Begriffen „Data Science“ und „Data Mining“ sind inzwischen entsprechende Angebote im tertiären Bildungssektor verfügbar.

Auch im bildungswissenschaftlichen und fachdidaktischen Bereich ist die Nutzung solcher Nutzerdaten nicht neu, wenn auch weitaus weniger verbreitet. Priemer beschrieb bereits 2004

grundlegende Vor- und Nachteile sowie eine Vorgehensweise der Datenauswertung mit Logfiles. Während einige der dort angeführten Nachteile inzwischen durch optimierte technische Möglichkeiten der Datenauswertung abgemildert werden können, bleiben andere Herausforderungen unverändert bestehen. So ist es beispielsweise ohne die Kombination der Logfile-Analysen mit weiteren Methoden nicht möglich, inhaltliche Rückschlüsse zu ziehen oder den Logfiles „zu Grunde liegende kognitive Prozesse“ (Priemer, 2004, S.5) aufzuklären.

Bereits frühere Ansätze zur Nutzung von Logdaten digitaler Lernumgebungen nahmen das Navigationsverhalten der Nutzenden in den Blick (z.B. Horney, 1993). Dabei konnten mit Hilfe der Definition von Elementen in der Lernumgebung als Knoten und den Links zwischen diesen als Kanten Auswertungen auf Basis der Graphentheorie vorgenommen und Muster identifiziert werden (Canter, Rivers & Storrs, 1985).

Methode

Das zur Erstellung der Lernumgebung genutzte Lernmanagementsystem Open OLAT des Virtuellen Campus Rheinland-Pfalz generiert systemseitig für jede Lernumgebung (Kurs) standardisierte Logfiles in Form von Excel-Dateien, welche chronologisch das Navigationsverhalten jedes – alphanumerisch kodierten und somit anonymisierten – Nutzenden beinhalten. So konnten Daten von insgesamt sieben Lernumgebungen und rund 140 Nutzenden für die Auswertung der Logfiles herangezogen werden. Die Lernenden arbeiteten dabei während der Vor- und Nachbereitung jeweils 90 Minuten arbeitsteilig mit den virtuellen Laboren. Aufgrund ungenügender technischer Infrastruktur der beteiligten Schulen wurden zeitweise Lern tandems für die Bearbeitung der virtuellen Labore gebildet. Die Anzahl der identifizierbaren Nutzenden lag zwischen 29 Lernenden für ein fachlich vertiefendes und 90 Lernenden für das durch alle zu bearbeitende virtuelle Labor zur inhaltlichen Einführung in den Themenkomplex. Im weiteren Verlauf des Beitrags werden hier exemplarisch Ergebnisse aus dem einführenden virtuellen Labor vorgestellt, welches vorrangig den Aufbau der Messgeräte, Messfehlerbetrachtungen und das Vorgehen zur Auswertung zum Inhalt hatte.

Die komplexen Logfiles wurden zunächst bereinigt, gefiltert und transformiert (vgl. Wang, 2006). Anschließend erfolgte eine deskriptive Auswertung auf Ebene der Nutzenden hinsichtlich der Verweildauern in den einzelnen Elementen (Seiten der Lernumgebung, entsprechend den Nodes) und der Navigationspfade der Nutzenden (den Kanten entsprechend). Letztlich wurden so Zeitleistendiagramme der Nutzenden generiert. Darüber hinaus erfolgte eine erste automatisierte Mustererkennung mit Hilfe eines Algorithmus des Frequent Closed Sequence Mining zur Identifikation wiederkehrender Sequenzen (cSPADE-Algorithmus; Zaki, 2001). Bereinigung, Filterung und Auswertung der Daten erfolgten mit dem Statistikprogramm R.

Ergebnisse

In der gesamtheitlichen Betrachtung zeigt sich eine Verschiebung des inhaltlichen Fokus der Lernenden entlang der Zeitachse. Erwartungsgemäß werden zunächst die einführenden Kapitel verstärkt aufgerufen, bevor anschließend eine inhaltlich weiterführende Arbeit in den fortfolgenden Kapiteln angestrebt wird.

In Anbetracht der zur Verfügung stehenden Bearbeitungszeit von rund 90 Minuten ist die anhand abnehmender (farblicher) Dichte der Kapitelaufrufe ersichtliche eher geringe Bearbeitungszeit vieler Lernender erstaunlich (Abbildung 1).

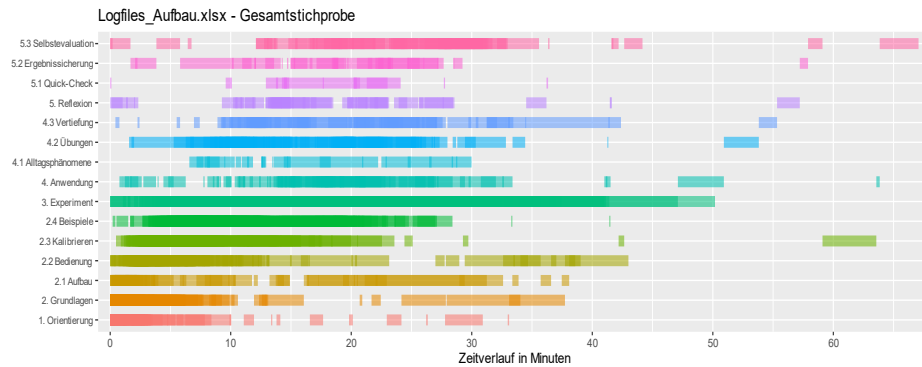


Abb. 1: Kapitelauftrufe über den Zeitverlauf der Lerneinheit. Die zunehmende farbliche Dichte der Balken bildet die Zahl der Logins im jeweiligen Kapitel ab.

Auf Personenebene zeigen sich hingegen stark variierende Nutzungsmuster. Von der stringen Abarbeitung der Kapitelstruktur (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**) über eine scheinbar stringente aber zeitlich in Relation zu den Inhalten wenig erfolgsversprechende (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**) bis hin zu einer als weitgehend chaotisch navigierenden und damit explorierenden Nutzungsstrategie (Horney, 1993; **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**) manifestiert sich hier auf individueller Ebene ein sehr diverses Bild. Die Mustererkennung lieferte über 400 Sequenzen mit einer Länge von zwei bis sieben Elementen bei vorgegebenem Supportfaktor >.4 (siehe Berry & Linoff, 2004).

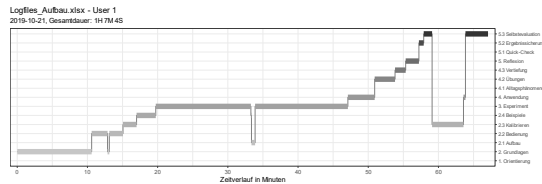


Abb. 2: Stringenter Bearbeitungsverlauf von Nutzer 1 mit nur wenigen rekurrierenden Einschnitten.

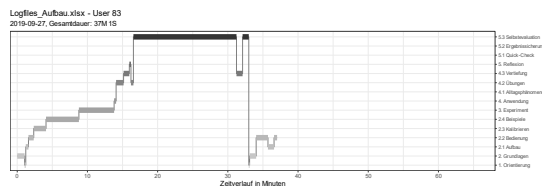


Abb. 4: Scheinbar stringenter Bearbeitungsverlauf von Nutzer 83. Die kurze Bearbeitungsdauer lässt jedoch vermuten, dass keine umfassende inhaltliche Auseinandersetzung erfolgte.

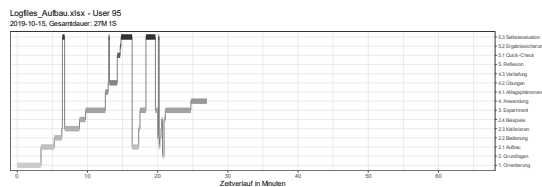


Abb. 3: Wenig zielgerichteter Bearbeitungsverlauf von Nutzer 95. Insbesondere ab Minute 10 ist eine inhaltliche Auseinandersetzung kaum zu vermuten.

Ausblick

Im weiteren Verlauf werden durch einen Algorithmus relevante Sequenzmuster identifiziert und inhaltlich abgeglichen. In letzter Konsequenz sollen so alternative Lernpfade durch Verlinkungen – perspektivisch auch dynamisch adaptiv – angeboten werden. Zur inhaltlichen Klärung des Nutzerverhaltens werden simultane Screencasts herangezogen.

Literatur

- Bensberg, Frank (2001): Warenkorbanalyse im Online-Handel. In: H.U. Buhl, A. Huther & B. Reitwiesner (Hrsg.): *Information Age Economy*. Heidelberg: Physica-Verlag HD, S. 103-116.
- Berry, M. J., & Linoff, G. S. (2004). *Data mining techniques: for marketing, sales, and customer relationship management*. John Wiley & Sons.
- Canter, D., Rivers, R. & Storrs, G. (1985). Characterizing User Navigation through Complex Data Structures. *Behaviour & Information Technology*, 4(2), 93-1.
- Glowinski, I. (2007). *Schülerlabore im Themenbereich Molekularbiologie als Interesse fördernde Lernumgebungen* (Dissertation).
- Guderian, P., Priemer, B., & Schön, L. H. (2006). In den Unterricht eingebundene Schülerlaborbesuche und deren Einfluss auf das aktuelle Interesse an Physik. *PhyDid A-Physik und Didaktik in Schule und Hochschule*, 2(5), 142-149.
- Horney, M. A. (1993). Case studies of navigational patterns in constructive hypertext. *Computers & Education*, 20(3), 257-270.
- Itzek-Greulich, H. (2014). *Einbindung des Lernorts Schülerlabor in den naturwissenschaftlichen Unterricht: Empirische Untersuchung zu kognitiven und motivationalen Wirkungen eines naturwissenschaftlichen Lehr-Lernarrangements* (Dissertation).
- Neff, S., Engl, A., Kauertz, A. & Risch, B. (2020a). Virtuelle Labore – Schultransfer und multiperspektivische Evaluation. In: K. Kaspar, M. Becker-Mrotzek, S. Hoffhues, J. König & D. Schmeinck (Hrsg.). *Bildung, Schule, Digitalisierung*. S. 172 – 177. Münster: Waxmann Verlag.
- Neff, S., Engl, A., Kauertz, A. & Risch, B. (2020b). Implementation digitaler Innovationen in der Lehrer*innenbildung am Beispiel des Projekts Open MINT Labs. In: M. Beißwenger, B. Bulizek, I. Gryl & F. Schacht (Hrsg.) *Digitale Innovationen und Kompetenzen in der Lehramtsausbildung*. S. 447 – 457. Duisburg: Universitätsverlag Rhein-Ruhr.
- Neff, S., Engl, A. & Risch, B. (im Druck): Digitale Lernumgebungen zur Vor- und Nachbereitung realer Experimentiereinheiten. In: *Die Zukunft des MINT-Lernens Band 2 – Digitale Tools*. Springer Verlag.
- Neff, S., Gierl, K., Engl, A., Decker, B., Roth, T., Becker, J., et al. (2021). Virtuelle Labore für den MINT-Unterricht – Transferprozess einer hochschulischen Innovation in den Schulkontext. In U. Schmidt & K. Schönheim (Hrsg.), *Transfer von Innovation und Wissen* (S. 75–101). Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Priemer, B. (2004). Logfile-Analysen: Möglichkeiten Und Grenzen Ihrer Nutzung Bei Untersuchungen Zur Mensch-Maschine-Interaktion. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie Und Praxis Der Medienbildung* 2004, 1-23.
- Wang, F. H. (2002). On using data-mining technology for browsing log file analysis in asynchronous learning environment. In *EdMedia+ Innovate Learning* (pp. 2005-2006). Association for the Advancement of Computing in Education (AACE).
- Zaki, M.J. (2001). An efficient algorithm for mining frequent sequences by a new strategy without support counting. *Machine Learning*, 42, 31–60.

Dennis Kirstein¹
Maik Walpuski¹

¹Universität Duisburg-Essen

Lernvoraussetzungen als Bedingungsfaktoren für Schwierigkeiten beim Experimentieren

Theoretischer Rahmen

Die Ermöglichung individualisierten Lernens stellt im Chemieunterricht eine wichtige Aufgabe für Lehrkräfte dar. Wichtige Aspekte hierzu sind vor allem eine auf die individuellen Bedürfnisse ausgerichtete lernprozessbegleitende Diagnose (Kallweit & Melle, 2016; Sumfleth, 2015) sowie Unterstützungsangebote mit einer hohen Passung zwischen der individuellen Lernausgangslage und der Lernumgebung (Arnold & Richert, 2008). Da dem Experimentieren eine wichtige Funktion für einen ganzheitlichen Kompetenzerwerb im Fach Chemie zukommt (Lederman et al., 2013; Wirth et al., 2008), müssen Maßnahmen zur Individualisierung insbesondere und in spezifischer Art und Weise für das Experimentieren umgesetzt und diskutiert werden. Im Chemieunterricht haben sich insbesondere kooperative Experimentieraufgaben bewährt (u.a. Walpuski, 2006; Knobloch, 2011), bei denen die Schülerinnen und Schüler eigenständig in Kleingruppen einen chemischen Zusammenhang untersuchen und erarbeiten. Zu Schwierigkeiten und Fehlern beim eigenständigen Experimentieren liegen bereits erste Erkenntnisse zu einzelnen Inhaltsbereichen vor (Wahser, 2006; Kechel, 2016; Baur, 2018). Schwierigkeiten werden hierbei als erschwerte Lernsituationen (Gold, 2018) aufgefasst, die sich in Minderleistungen oder übermäßig hohen Anstrengungen in Bezug auf einzelne Teillernziele im Lernprozess ausdrücken (vgl. Kechel, 2016). Lassen sich diese Abweichungen anhand objektiv beurteilbarer Maßstäbe, wie etwa fachbezogene Konzepte, beurteilen, spricht man von Fehlern (Oser & Psychiger, 2005).

Als allgemeine Ursachen für das Auftreten von Schwierigkeiten werden endogene und exogene Bedingungsfaktoren diskutiert (Leitner, Ortner & Ortner, 2008; Heimlich, 2016; Gold, 2018). Während exogene Bedingungsfaktoren unter anderem das Lernumfeld und die Lernangebote umfassen, beziehen sich endogene Bedingungsfaktoren auf die individuell verfügbaren Ressourcen von Schülerinnen und Schülern (Gold, 2018). In Bezug auf erfolgreiches Lernen im naturwissenschaftlichen Unterricht kommen hier vor allem das prozessbezogene Vorwissen zum Experimentieren, die kognitiven Grundfähigkeiten und das konzeptbezogene Vorwissen in Frage (vgl. Stender et al., 2018). Für den naturwissenschaftlichen Unterricht konnte Kechel (2016) im Rahmen einer qualitativen Studie zeigen, dass Schülerinnen und Schüler retrospektiv individuelle Lernvoraussetzungen als maßgeblich für auftretende Schwierigkeiten sehen.

Ziel und Forschungsfragen

Welche individuellen Lernvoraussetzungen konkret als Bedingungsfaktoren verantwortlich sind und inwieweit diese sich auch auf das Auftreten von Schwierigkeiten und Fehler auswirken, ist für das eigenständige Experimentieren insbesondere im Fach Chemie noch nicht näher untersucht worden. Hierzu fehlen vor allem quantifizierende Untersuchungen dazu, wie individuelle Lernvoraussetzungen und das Auftreten von Schwierigkeiten und Fehlern zusammenhängen. Ziel der vorgestellten Untersuchung ist es daher, mögliche

Ursachen für das Auftreten von Schwierigkeiten und Fehlern unter besonderer Berücksichtigung individueller Lernvoraussetzungen zu identifizieren.

Untersuchungsdesign

Die Untersuchung wurde im Rahmen des zweiten Lernjahres Chemie an unterschiedlichen Schulformen in der Metropolregion Rhein-Ruhr des Landes Nordrhein-Westfalen durchgeführt. Dabei wurden die Bearbeitungsprozesse von 101 Schülerinnen und Schülern bei Lernen mit kooperativen Experimentieraufgaben zu den Themen „Batterien“, „Ozeanversauerung“ und „Mineralwasser“ in einem Mixed-Methods-Ansatz untersucht. Das konzeptbezogene Fachwissen (Celik & Walpuski, 2020; eigene Entwicklung), das prozessbezogene Wissen zum Experimentieren (Mannel, 2010; Koenen, 2014) sowie die kognitiven Fähigkeiten (Heller & Perleth, 2000) als relevante Lernvoraussetzungen beim Experimentieren wurden mit Hilfe von Leistungstests mit Multiple-Choice-Single-Select-Items erfasst. Aufgrund der inhaltlichen Ausrichtung des konzeptbezogenen Fachwissens an die unterschiedlichen Experimentieraufgaben wurde die Tests spezifisch im Sinne eines Multi-Matrix-Designs zusammengestellt und eingesetzt. Das konzeptbezogene Fachwissen wurde vor und nach der Bearbeitung der Experimentieraufgaben erhoben, um Hinweise auf den Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler zu erhalten. Die Experimentierphasen wurden zusätzlich standardisiert videographiert. Die Auswertung der Leistungstests erfolgt IRT-basiert (Boone, Staver & Yale, 2014). Für das prozessbezogene Wissen zum Experimentieren und die kognitiven Grundfähigkeiten in eindimensionalen Rasch-Modellen, während das konzeptbezogene Fachwissen aufgrund als mehrdimensionale Rasch-Modelle mit Ankerung und fixierten Itemparametern (vgl. Kolen & Brennan, 2014) skaliert wurden. Die Auswertung der Schwierigkeiten in den Bearbeitungsprozessen erfolgte im Rahmen einer strukturierenden Inhaltsanalyse (Mayring, 2015) der Videodaten unter Anwendung eines von den Autoren entwickelten und bereits evaluierten Verfahrens (vgl. Kirstein & Walpuski, 2020). Abschließend wurden Leistungs- und Prozessdaten mit Hilfe binär logistischer Regressionsanalysen (Kalisch & Meier, 2021) auf Zusammenhänge untersucht.

Ergebnisse

Die eingesetzten Messverfahren weisen insgesamt eine hinreichend hohe Messqualität auf. Für die Leistungstests zu den kognitiven Grundfähigkeiten ($Rel_{WLE} = 0,858$), zum prozessbezogenen Wissen ($Rel_{WLE} = 0,678$) und zum konzeptbezogenen Fachwissen vor ($0,681 \leq Rel_{WLE} \leq 0,798$) und nach ($0,850 \leq Rel_{WLE} \leq 0,891$) der Bearbeitung liegen hohe Reliabilitäten vor. Die Erfassung der in den Experimentierphasen beobachtbaren Schwierigkeiten durch zwei unabhängige Kodierer liegt ebenfalls in einem guten Bereich ($0,660 \leq \kappa_{Cohen} \leq 0,820$). Damit können alle Merkmale in die Analysen aufgenommen werden. In den Bearbeitungsprozessen lassen sich insgesamt zwölf unterschiedliche, themenübergreifende Schwierigkeiten erfassen: Schwierigkeiten in Bezug auf die Zielsetzung der Aufgabenstellung, Schwierigkeiten beim experimentellen Arbeiten, Unsystematische Untersuchungen, Untersuchung nicht zielführender Zusammenhänge, Schwierigkeiten beim Umgang mit dem Experimentiermaterial, ungünstige Versuchsbedingungen, inhaltliche und verständnisbezogene Fehler, fehlerhafter Umgang mit dem Experimentiermaterial, Fehler beim Schlussfolgern, Fehler bei der Untersuchung aufgabenbezogener Zusammenhänge, fehlerhafte Lösung der Aufgabe sowie unvollständige Lösung zur Aufgabe.

Die Kodierung auftretender Schwierigkeiten und Fehler erfolgte turnbasiert, sodass für die einzelnen Schwierigkeiten über die gesamte Bearbeitungszeit hinweg das Auftreten dichotom skaliert vorliegt. Um den Einfluss individueller Lernvoraussetzungen auf das Auftreten von Schwierigkeiten und Fehlern kausal zu überprüfen, wurden für die einzelnen Schwierigkeiten und Fehler binär logistische Regressionen gerechnet. Die Analysen zeigen, dass prozessbezogenes Vorwissen zum Experimentieren und kognitive Grundfähigkeiten als endogene Bedingungsfaktoren für sechs der zwölf Schwierigkeiten diskutiert werden können. Insbesondere hohe Ausprägungen im prozessbezogenen Wissen zum Experimentieren wirken sich darauf aus, dass Schwierigkeiten in Bezug auf die Aufgabenstellung ($\chi^2=18,451$; $p<0,001$; $R^2=0,257$; $OR=0,388$), Fehler bei der Untersuchung aufgabenbezogener Zusammenhänge ($\chi^2=11,400$; $p=0,001$; $R^2=0,234$; $OR=0,478$), unsystematische Untersuchungen ($\chi^2=9,505$; $p=0,002$; $R^2=0,120$; $OR=0,617$), sowie eine unvollständige Lösung der Aufgabe ($\chi^2=31,654$; $p<0,001$; $R^2=0,427$; $OR=0,277$) seltener auftreten. Eine fehlerhafte Lösung der Aufgabe ($\chi^2=4,855$; $p=0,028$; $R^2=0,067$; $OR=1,446$) ist hingegen häufiger bei Lernenden mit hohen Ausprägungen im prozessbezogenen Vorwissen zu beobachten. Geringe kognitive Grundfähigkeiten können als Risikofaktor für Fehler beim Schlussfolgern ($\chi^2=8,042$; $p=0,018$; $R^2=0,102$; $OR=0,698$) gesehen werden. Das konzeptbezogene Vorwissen zeigt für keine der beobachtbaren Schwierigkeiten und Fehler einen statistisch bedeutsamen Einfluss. Für die anderen Schwierigkeiten und Fehler können keine direkten Effekte individueller Lernvoraussetzungen als Bedingungsfaktoren gefunden werden.

In einem nächsten Schritt wurden daher die Abhängigkeiten zwischen den Schwierigkeiten und Fehlern mit Hilfe binär logistischer Regressionen analysiert. Dazu wurde das Auftreten jeder einzelnen Schwierigkeit nacheinander als abhängige Variable und den anderen Schwierigkeiten als Regressoren untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass komplexe Zusammenhänge zwischen dem Auftreten der Schwierigkeiten und Fehler bestehen. Neben direkt kausalen Beziehungen zeigen sich auch wechselseitige Interdependenzen. Einzelne Schwierigkeiten treten hierbei sowohl verstärkend als reduzierend auch auf das Auftreten von Schwierigkeiten in Erscheinung.

Diskussion

Einige Schwierigkeiten und Fehler lassen sich auf unzureichende Ausprägungen in den individuellen Lernvoraussetzungen zurückführen. Dabei kommt vor allem dem prozessbezogenen Vorwissen zum Experimentieren Bedeutung zu, dessen Bedeutung für erfolgreiches Lernen beim Experimentieren bereits mehrfach belegt ist. Die Analysen legen aber auch nahe, dass ein ebenso großer Teil an Ursachen außerhalb der direkten individuellen Ressourcen von Schülerinnen und Schülern liegt. Dies belegen die komplexen Wirkungszusammenhänge zwischen den Schwierigkeiten und Fehlern. Einschränkend muss an dieser Stelle die Beschränkung auf ein einzelnes Lernjahr sowie ein spezifisches Experimentierformat berücksichtigt werden. Darüber hinaus liegt der Zielsetzung der Untersuchung stärker ein explorativer Zugang zugrunde, sodass die Intensität der Wirkungszusammenhänge nicht hinreichend genau interpretiert werden können. Darüber hinaus bleiben Aspekte des kooperativen Arbeitens und damit möglicher weiterer Bedingungsfaktoren weitestgehend unberücksichtigt.

Literatur

- Arnold, K.-H., & Richert, P. (2008). Unterricht und Förderung: Die Perspektive der Didaktik. In K.-H. Arnold, O. Graumann, & A. Rakhkochkine, *Pädagogik. Handbuch Förderung. Grundlagen, Bereiche und Methoden der individuellen Förderung von Schülern* (S. 26–35). Weinheim: Beltz.
- Baur, A. (2018). Fehler, Fehlkonzepte und spezifische Vorgehensweisen von SchülerInnen und Schülern beim Experimentieren: Ergebnisse einer videogestützten Beobachtung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, S. 115-129.
- Boone, W. J., Staver, J. R., & Yale, M. S. (2014). *Rasch analysis in the human sciences*. Dordrecht [u.a.]: Springer.
- Celik, K. & Walpuski, M. (2020). Ein chemisches Fachwissensnetz – Analyse von möglichen Lernwegen. In: S. Habig (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Wien 2019*. (S. 536). Universität Duisburg-Essen.
- Gold, A. (2018). *Lernschwierigkeiten. Ursachen, Diagnostik, Intervention*. Stuttgart: Kohlhammer.
- Heimlich, U. (2016). *Pädagogik bei Lernschwierigkeiten*. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.
- Heller, K., & Perleth, C. (2000). *Kognitiver Fähigkeitstest für 4. bis 12. Klassen, Revision : KFT 4-12+R*. Göttingen: Beltz.
- Kalisch, M. & Meier, L. (2021). *Logistische Regression. Eine anwendungsorientierte Einführung in R*. Wiesbaden: Springer essentials.
- Kallweit, I., & Melle, I. (2016). Selbsteinschätzungsbögen als Instrument zur individuellen Förderung im Chemieunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, S. 143–163.
- Kechel, J.-H. (2016). *Schülerschwierigkeiten beim eigenständigen Experimentieren. Eine qualitative Studie am Beispiel einer Experimentieraufgabe zum Hooke'schen Gesetz*. Berlin: Logos-Verlag.
- Kirstein, D. & Walpuski, M. (2020). Individuelles Lernen mit kooperativen Experimentieraufgaben im Chemieunterricht. In: S. Habig (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Wien 2019*. (S. 82). Universität Duisburg-Essen
- Knobloch, R. (2011). *Analyse der fachinhaltlichen Qualität von Schüleräußerungen und deren Einfluss auf den Lernerfolg. Eine Videostudie zu kooperativer Kleingruppenarbeit*. Berlin: Logos-Verlag.
- Koenen, J. (2014). *Entwicklung und Evaluation von experimentunterstützten Lösungsbeispielen zur Förderung naturwissenschaftlich-experimenteller Arbeitsweisen*. Berlin: Logos Verlag.
- Kolen, M., & Brennan, R. (2014). *Test Equating, Scaling, and Linking: Methods and Practices*. New York: Springer.
- Lederman, N. G., Lederman, J. S., & Antink, A. (2013). Nature of science and scientific inquiry as contexts for the learning of science and achievement of scientific literacy. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, S. 138-147.
- Leitner, W., Ortner, R., & Ortner, A. (2008). *Handbuch Verhaltens- und Lernschwierigkeiten*. Weinheim und Basel: Beltz.
- Mannel, S. (2011). *Assessing scientific inquiry. Development and evaluation of a test for the low-performing stage*. Berlin: Logos-Verlag.
- Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken*. Weinheim und Basel: Beltz.
- Oser, F., & Psychiger, M. (2005). *Lernen ist schmerzhaft. Zur Theorie des Negativen Wissens und zur Praxis der Fehlerkultur*. Weinheim: Beltz.
- Stender, A., Schwichow, M., Zimmermann, C., & Härtig, H. (2018). Making inquiry-based science learning visible: the influence of CVS and cognitive skills on content knowledge learning in guided inquiry. *International Journal of Science Education*, S. 1812-1831.
- Sumfleth, E. (2015). Diagnose und Förderung im Chemieunterricht. In M. Emden, J. Koenen, & E. Sumfleth (Hrsg.), *Chemieunterricht im Zeichen von Diagnostik und Förderung*. Münster: Waxmann. S. 7-8.
- Wahser, I. (2007). *Training von naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen zur Unterstützung experimenteller Kleingruppenarbeit im Fach Chemie*. Berlin: Logos-Verlag.
- Walpuski, M. (2006). *Optimierung von experimenteller Kleingruppenarbeit durch Strukturierungshilfen und Feedback*. Berlin: Logos-Verlag.
- Wirth, J., Thilmann, H., Küsting, J., Fischer, H. E., & Leutner, D. (2008). Das Schülerexperiment im naturwissenschaftlichen Unterricht. Bedingungen der Lernförderlichkeit einer verbreiteten Lehrmethode aus instruktionspsychologischer Sicht. *Zeitschrift für Pädagogik*, S. 361-375.

Livia Murer¹
 Susanne Metzger²
 Andreas Vorholzer³
 Angela Bonetti¹
 Christoph Gut¹

¹Pädagogische Hochschule Zürich
²Universität Basel
³Technische Universität München

Kognitive Validierung von Aufgaben zum naturwissenschaftlichen Messen

Der Aufbau von Kompetenzen zum naturwissenschaftlichen Messen ist ein relevantes Ziel des naturwissenschaftlichen Unterrichts (z. B. KMK; 2005; EDK, 2011) und Gegenstand naturwissenschaftsdidaktischer Forschung (z. B. Heinicke, 2012; Hellwig, 2012; Schulz, 2021). Mit der Relevanz dieser Kompetenzen geht ein Bedarf an Instrumenten einher, mit denen sich die Kompetenzen von Schüler/-innen im Bereich des Messens valide erfassen lassen. Zu diesem Zweck wurde im Rahmen des Projekts ExKoNawi u. a. ein hands-on Testverfahren zum Messen entwickelt, dessen kognitive Validität in der hier vorgestellten Studie geprüft wurde.

Theoretischer Hintergrund

Kognitive Validität von Aufgaben

Ein zentrales Anliegen von Testaufgaben zum naturwissenschaftlichen Messen ist es, zu erfassen, inwiefern Schüler/-innen Konzepte zum Messen intuitiv verstanden haben und für kompetentes Handeln nutzen (vgl. Aufschnaiter & Hofmann; 2014; Vorholzer, Aufschnaiter & Kirschner, 2016). Damit eine Aufgabe valide Schlüsse über die zu erfassenden Kompetenzen zulässt, ist es erforderlich, dass die Konzepte, die in Aufgaben geprüft werden sollen (intendierte Konzepte), auch zum Lösen der Aufgabe verwendet werden. Dieser Aspekt wird als kognitive Validität bzw. ‚substantive aspect‘ (Messick, 1995, S. 745) bezeichnet. Hinweise auf kognitive Validität kann die Untersuchung folgender Fragen liefern (vgl. Baxter & Glaser, 1998):

- Inwiefern ist eine Aktivierung der intendierten Konzepte durch die Aufgabenstellungen naheliegend? (A)
- Inwiefern werden die intendierten Konzepte zum Lösen der Aufgaben verwendet? (B)
- Inwiefern gehen qualitativ hochwertigere Denkprozesse bei der Bearbeitung einer Aufgabe (bzgl. der intendierten Konzepte) mit einer besseren Lösung einher? (C)

Konzepte zum naturwissenschaftlichen Messen

Das naturwissenschaftliche Messen umfasst eine Reihe unterschiedlicher Fähigkeiten (z. B. Messungen durchführen, Messunsicherheiten abschätzen) und zugehörige Konzepte (siehe z. B. Heinicke, 2012; Hellwig, 2012). Den im Rahmen dieser Studie genutzten Aufgaben liegen folgende Konzepte zu Grunde:

- Messwiederholung und Mittelwertbildung erhöhen die Reliabilität einer Messung (z. B. Gott, Dugan, Roberts & Hussain, 2003; Heinicke, 2012; Kanari & Millar, 2004).
- Für eine präzise Messung braucht es ein möglichst genaues Messinstrument (z. B. Gott et al., 2003; Schulz, 2021).

- Mengenvergrößerung kann die Messgenauigkeit erhöhen (z. B. Suida & Grabowski, 2012). Die Strategie der Mengenvergrößerung kann angewandt werden, wenn die Messung mit nur einem Objekt / Ereignis sehr ungenau wird. Soll z. B. die Schwingungsdauer eines Pendels bestimmt werden, kann zur Erhöhung der Messgenauigkeit mit mehreren Schwingungen gemessen und dann auf die gesuchte Größe zurückgerechnet werden.

Im Rahmen vorliegender Studie wurde entlang der unter (A) bis (C) genannten Fragen untersucht, inwiefern die Ergebnisse der hands-on Aufgaben zum Messen kognitiv valide Schlüsse über das Verständnis von Schüler/-innen bzgl. der oben genannten Konzepte und damit über die Kompetenzen im Bereich des naturwissenschaftlichen Messens zulassen.

Untersuchungsdesign

Die kognitive Validität wurde bei 6 hands-on Aufgaben zum Messen untersucht. In den Aufgaben sollen die Schüler/-innen eine gesuchte Größe mit gegebenen Messinstrumenten möglichst präzise messen, hierfür das für die Messung der gesuchten Größe genauere Messinstrument verwenden sowie Messwiederholungen durchführen und / oder mit einer Menge messen, um die Messgenauigkeit zu erhöhen. Die Aufgaben haben die Schüler/-innen in Einzelarbeit bearbeitet und dabei vorstrukturierte Protokolle ausgefüllt. Nach dem Lösen wurden sie in Einzelinterviews zu ihrem Vorgehen befragt, wobei die ausgefüllten Protokolle als Stimulus dienten. Insgesamt nahmen 27 Schüler/-innen des 8. Schuljahrs an der Studie teil (Alter: $M = 14$ Jahre und 1 Monat, $SD = 5$ Monate; 13 Mädchen und 14 Jungen). Sie wurden viermal besucht, wobei sie bei jedem Besuch eine andere Aufgabe zum Messen bearbeiteten. Alle Schüler/-innen haben somit 4 der 6 Aufgaben zum Messen gelöst, in Summe liegen 108 Schüler/-innen-Protokolle und Interviews vor.

Zur Untersuchung der kognitiven Validität wurden 8 Experten/-innen¹ einerseits die Aufgaben und andererseits aufbereitete Daten aus den Protokollen und Interviews vorgelegt:

- Zur Beantwortung von Frage (A) schätzten die Experten/-innen in einem Ratingbogen ein, inwiefern es aus ihrer Sicht naheliegend ist, dass Schüler/-innen beim Lösen der Aufgaben über die intendierten Konzepte (z. B. Messwiederholungen erhöhen die Messgenauigkeit) nachdenken. Von den Einschätzungen wurde ein Mittelwert gebildet.
- Um Frage (B) zu untersuchen, wurden zuerst die Interviews mit einem Kategoriensystem ausgewertet. Hierbei wurden aus den Äußerungen der Schüler/-innen induktiv kategorisierten Aussagen gebildet, in denen inhaltlich ähnliche Äußerungen gebündelt wurden. Zur Prüfung der Zuweisung der Äußerungen der Schüler/-innen zu den kategorisierten Aussagen wurden 30 % der Daten doppelt kodiert, mit zufriedenstellender Interrater-Übereinstimmung (Cohens Kappa $\geq .70$; prozentuale Übereinstimmung ≥ 78 %). Die kategorisierten Aussagen wurden anschließend von den Experten/-innen im Hinblick darauf beurteilt, inwiefern sie ein Nachdenken über die intendierten Konzepte nahelegen. Die Experten/-innen wurden darauf hingewiesen, nur einzuschätzen, ob ein Bezug zu den intendierten Konzepten hergestellt wurde, aber nicht, ob die Konzepte richtig angewendet wurden.

¹ Professor/-innen und wissenschaftlichen Mitarbeiter/-innen der Naturwissenschaftsdidaktiken aus Deutschland und der Schweiz

- Um Frage (C) nachzugehen, wurden die Experten/-innen im Rahmen des zu Frage (B) beschriebenen Vorgehens außerdem befragt, ob die kategorisierten Aussagen einem eher hohen oder einem eher niedrigen Verständnisniveau des intendierten Konzepts entsprechen. Danach wurde der Zusammenhang dieser Einschätzungen und der Kompetenzdiagnose anhand der Schüler/-innen-Protokolle² betrachtet.

Ergebnisse (vgl. Murer, 2022)

Mit Blick auf Frage (A) zeigen die Ergebnisse, dass die Experten/-innen bei den Aufgaben eine Aktivierung der intendierten Konzepte im Bereich Messwiederholung (Aufgaben: Ahorn: $M = 3.5$, $SD = 0.8$; Faden: $M = 3.5$, $SD = 0.8$; Pulver $M = 3.1$, $SD = 0.6$)³ oder Mengenvergrößerung (Aufgaben: Bohne: $M = 3.9$, $SD = 0.4$; Filzstift: $M = 3.1$, $SD = 0.6$; Münze: $M = 3.8$, $SD = 0.5$) für naheliegend halten. Da bei den Aufgaben jeweils nur eines der beiden Konzepte verlangt wurde, wurde dies als Hinweis für kognitive Validität gedeutet.

Bezüglich Frage (B) wurde für alle 6 Aufgaben untersucht, inwiefern es in den Äußerungen der Schüler/-innen Hinweise auf die Aktivierung der intendierten Konzepte *Messwiederholung*, *Mengenvergrößerung* und *Wahl des Messinstruments* gibt. Bei 13 der sich daraus ergebenden 18 Kombinationen hat gemäß Einschätzungen der Experten/-innen die Mehrheit der Schüler/-innen (67 bis 100 %) über das intendierte Konzept beim Lösen der Aufgabe nachgedacht. Bei 4 Kombinationen wurde bei der Mehrheit der Schüler/-innen (67 bis 87 %) nicht ersichtlich, worüber sie beim Lösen der Aufgabe nachdenken. Dieser Befund liefert zwar keine Hinweise für kognitive Validität, aber auch keine Hinweise gegen sie und wird somit nicht als Einschränkung der Validität beurteilt. Da es zudem insgesamt eher wenige Hinweise auf die Nutzung nicht intendierter Konzepte gab⁴, wurde dies insgesamt als Hinweis für kognitive Validität gedeutet.

Mit Blick auf die Qualität der Lösung (Frage (C)) konnte ein positiver Zusammenhang zwischen dem Ergebnis der Kompetenzdiagnose anhand der Schüler/-innen-Protokolle und der Experten/-innen-Einschätzung bzgl. der Qualität bei den kategorisierten Aussagen festgestellt werden ($r = .46$; $p \leq .001$; $N = 108$). Somit kann das Ergebnis der Diagnose anhand der Schüler/-innen-Protokolle die Qualität der Denkprozesse bei den intendierten Konzepten abbilden. Dies wurde als weiterer Hinweis für kognitive Validität gedeutet.

Fazit

Die Ergebnisse deuten in Summe darauf hin, dass das ExKoNawi-Testinstrument kognitiv valide Schlüsse über die experimentellen Kompetenzen von Schüler/-innen des 8. Schuljahrs im Bereich des naturwissenschaftlichen Messens zulässt. Gleichzeitig ist jedoch festzuhalten, dass die Betrachtung eines einzelnen Validitätsaspekts in der Regel nur einer von mehreren Bausteinen der Validierung ist und es somit weitere Aspekte zu prüfen gilt (siehe z. B. Bonetti et al. in diesem Band).

² Die Schüler/-innen-Protokolle wurden im Rahmen der Gesamtstudie von ExKoNawi mit Kodiermanualen ausgewertet (Doppelkodierung: 15 % der Daten; Cohens Kappa $\geq .61$; prozentuale Übereinstimmung ≥ 81 %).

³ Skala: 1: nicht naheliegend; 2: eher nicht naheliegend; 3: eher naheliegend; 4: naheliegend.

⁴ Bei 17 von 18 Kombinationen haben lediglich 0 bis 33 % der Schüler/-innen beim Lösen der Aufgabe über ein nicht intendiertes Konzept nachgedacht. Nur bei einer Kombination hat die Mehrheit der Schüler/-innen (67 %) über ein nicht intendiertes Konzept nachgedacht. Im Bereich dieser Kombination lässt die Aufgabe folglich keine kognitiv validen Schlüsse bzgl. der Kompetenzen der Schüler/-innen im untersuchten Bereich zu.

Literatur

- Aufschnaiter, C. v. & Hofmann, J. (2014). Kompetenz und Wissen – Wechselseitige Zusammenhänge und Konsequenzen für die Unterrichtsplanung. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht (MNU)*, 67 (1), 10-16.
- Baxter, G. P., & Glaser, R. (1998). Investigating the Cognitive Complexity of Science Assessment. *Educational Measurement: Issues and Practice*, 17 (3), 37–45.
- Erziehungsdirektorenkonferenz (EDK) (Hrsg.). (2011). Grundkompetenzen für die Naturwissenschaften - Nationale Bildungsstandards. Zugriff: 01.03.2022. Verfügbar unter: <https://www.edk.ch/de/themen/harmos/nationale-bildungsziele>
- Gott, R., Dugan, S., Roberts, R., & Hussain, A. (2003). Research into understanding scientific evidence. Zugriff 10.02.22, unter: <http://community.dur.ac.uk/rosalyn.roberts/Evidence/cofev.htm>
- Heinicke, S. (2012). Aus Fehlern wird man klug - Eine Genetisch-Didaktische Rekonstruktion des «Messfehlers». Berlin: Logos Verlag.
- Hellwig, J. (2012). Messunsicherheiten verstehen: Entwicklung eines normativen Sachstrukturmodells am Beispiel des Unterrichtsfaches Physik. Dissertation, Ruhr-Universität Bochum.
- Kanari, Z., & Millar, R. (2004). Reasoning from data: How students collect and interpret data in science investigations. *Journal of Research in Science Teaching*, 41 (7), 748–769.
- Messick, S. (1995). Validity of psychological assessment: Validation of inferences from persons' responses and performances as scientific inquiry into score meaning. *American Psychologist*, 50 (9), 741–749.
- Murer, L. (2022). Diagnose experimenteller Kompetenzen beim praktisch-naturwissenschaftlichen Arbeiten: Vergleich verschiedener Methoden und kognitive Validierung eines Testverfahrens. Dissertation, Institut für Bildungswissenschaften der Universität Basel.
- Schulz, J. (2021). Entwicklung eines Testinstrumentes zur Erfassung von Kompetenzen im Umgang mit Messunsicherheiten. Dissertation, Humboldt-Universität zu Berlin.
- Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (KMK). (2005). Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10). München: Luchterhand
- Suida, R., & Grabowski, A. (2012). Combined measurements – A way to improve the measurement accuracy of an additive quantity. *Measurement*, 45, 1165–1169.
- Vorholzer, A., Aufschnaiter, C. v., & Kirschner, S. (2016). Entwicklung und Erprobung eines Tests zur Erfassung des Verständnisses experimenteller Denk- und Arbeitsweisen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 22, 25–41.

Marco Reith¹
Andreas Nehring¹

¹Leibniz Universität Hannover

Modellierung und Förderung experimenteller Kompetenzen als Trias aus Dispositionen, Prozessen und Produkten

Einleitung

Experimentelle Kompetenzen lassen sich als Befähigung zum Lösen experimenteller Probleme konzeptualisieren, d. h. sie befähigen zum Beantworten einer Forschungsfrage mittels einer experimentellen naturwissenschaftlichen Untersuchung (Mayer, 2007). Dabei stellen Kompetenzen Dispositionen dar, die zu einem erfolgreichen Handeln („Performanz“) in einer Problemsituation befähigen (Weinert, 2001).

Bezüglich des Assessments haben sich Paper-and-Pencil-Tests (z. B. Vorholzer, 2016), Simulationen (z. B. Schreiber et al., 2014) und Realexperimente (z. B. Hild et al., 2020) als oft verfolgte Ansätze herauskristallisiert. Diese Ansätze werden teilweise durch tieferegehende Analysen begleitet, häufig erfolgt aber eine Fokussierung auf die Performanz bzw. das Produkt einer Performanz, von denen aus auf vorliegende Kompetenzausprägungen gefolgert wird. Bisher wurde wenig differenziert untersucht, worauf beobachtbare Unterschiede in der Qualität dieser Produkte beruhen (Krell et al., 2022).

In anderen Forschungsfeldern, wie den professionellen Kompetenzen von Lehrkräften, gibt es bereits Ansätze, Kompetenzen differenzierter aufzuschlüsseln (z. B. Blömeke et al., 2015). In Erweiterung derartiger Ansätze wurde das Modell der Kompetenztrias entwickelt, das experimentelle Kompetenzen als Trias aus Dispositionen, Prozessen und Produkte konzeptualisiert (s. Abb. 1). Die Dispositionsfacette experimenteller Kompetenzen beinhaltet das fachmethodische Wissen, das Fachwissen und das labortechnische Wissen. Dabei wird davon ausgegangen, dass das Vorliegen dieser Wissenskomponenten eine notwendige, aber nicht hinreichende Voraussetzung dafür ist, eine Performanz zu zeigen, die zu einer tragfähigen Problemlösung (Produkt) führt. Vielmehr müssen die Wissenskomponenten durch situationsspezifische Prozesse aktiviert und miteinander verknüpft werden. Kompetent ist nach dem Modell der Kompetenztrias folglich, wer über günstige Dispositionsausprägungen verfügt (Dispositionsfacette), diese in spezifischen Situationen zielführend nutzt (Prozessfacette) und so qualitativ hochwertige Problemlösungen (Produktfacette) entwickelt (Reith & Nehring, 2021).

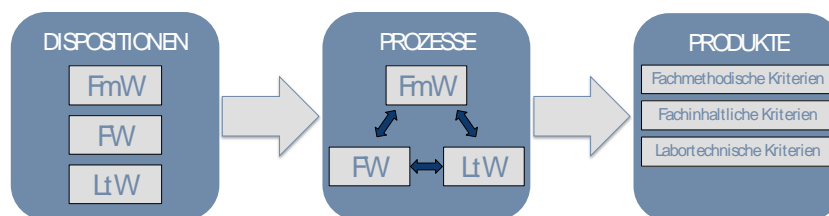


Abb. 1: Modell der Trias experimenteller Kompetenzen. FmW = Fachmethodisches Wissen, FW = Fachwissen, LtW = Labortechnisches Wissen

Das Modell der Kompetenztrias bietet nicht nur das Potential, Kompetenzausprägungen, sondern auch Veränderungen in den Kompetenzausprägungen differenziert abzubilden. Basierend auf diesem Modell ließen sich Verbesserungspotentiale bei Lernenden differenziert nach Kompetenzfacetten und Wissenskomponenten identifizieren, Wirkungen unterschiedlicher Interventionen auf die einzelnen Facetten und Komponenten untersuchen und darauf aufbauend maßgeschneiderte Interventionen entwickeln, die spezifisch die identifizierten Verbesserungspotentiale adressieren.

Forschungsfrage

Vor diesem Hintergrund soll zunächst exemplarisch für eine Lernsequenz untersucht werden, inwiefern sie mit differentiellen Zuwächsen in Bezug auf die Kompetenzfacetten und Wissenskomponenten einhergeht:

FF1: Welche Ergebnisse zeigt eine differentielle Evaluation einer Lernsequenz zur Förderung experimenteller Kompetenzen entsprechend der Kompetenztrias?

Methodik

Zur Beantwortung der Forschungsfrage wurde eine Studie im Pre-Post-Design mit Studierenden der Chemie und verwandter Studiengänge in der Studieneingangsphase durchgeführt (Reith & Nehring, 2022a).

Für die Messung der Dispositionskomponenten zum Pre- und Post-Zeitpunkt wurden Paper-and-Pencil-Tests im Multiple-Choice-Format eingesetzt. Bei den eingesetzten Instrumenten handelt es sich um eine Adaption des „Methodenwissens-Tests“ (Arnold, 2015) für das fachmethodische Wissen, eine Adaption des „Lab Skills-Tests“ (Elert, 2019) für das labortechnische Wissen sowie ein selbst entwickeltes Testinstrument für das Fachwissen. Die Daten wurden einer IRT-Modellierung unterzogen und die erhaltenen Personenfähigkeiten für eine leichtere Interpretierbarkeit auf eine Skala ($M = 500$, $SD = 100$) transformiert, die auch in Bildungsmonitoring-Studien genutzt wird (z. B. PISA, IQB-Ländervergleich).

Zur Erfassung der Prozessfacette führten die Studierenden ein Experiment im *guided inquiry*-Format (Bell et al., 2005) durch: Sie erhielten die Aufgabe, eine gegebene Forschungsfrage mithilfe einer naturwissenschaftlichen Untersuchung zu beantworten. Nach Abschluss jeder Phase der experimentellen Erkenntnisgewinnung (Hypothese, Planung, etc.) wurden die Studierenden in einem vorstrukturierten Protokoll dazu aufgefordert, eine Audioaufnahme zu erstellen, in der sie darlegen, wie sie zu der jeweiligen Hypothese, Planung etc. gekommen sind. Dieses retrospektive laute Denken ermöglicht Rückschlüsse darauf, auf welche Weise Studierende für die Problemlösung auf welche Wissenskomponenten zurückgegriffen haben. Die Transkripte werden manualbasiert in Anlehnung an die evaluative qualitative Inhaltsanalyse (Kuckartz, 2016) kodiert.

Die Produktfacette wurde durch die Protokolle, die im Rahmen der von den Studierenden durchgeführten naturwissenschaftlichen Untersuchungen angefertigt wurden, erhoben. Zur Analyse der in den Protokollen festgehaltenen Problemlösungen (Produkte) wurde basierend auf Literatur zu vergleichbaren Ansätzen in der Naturwissenschaftsdidaktik und in Anlehnung an die evaluative qualitative Inhaltsanalyse (Kuckartz, 2016) ein Kodiermanual entwickelt, das bereits an anderer Stelle veröffentlicht wurde (Reith & Nehring, 2022b). Eine Doppelkodierung von etwa 20 % des Materials ergab eine substantielle Interrater-

Übereinstimmung ergab ($\kappa = 0,77$; Cohen, 1960; Landis & Koch, 1977). Die auf der Kodierung basierenden Scores entsprechen dem prozentualen Anteil an erfüllten Kriterien.

In der Studie gab es mehrere Interventionsgruppen, wobei wir uns im Folgenden auf die Interventionsgruppe mit dem eher nahen Transfer ($n = 46$) und deren Lernsequenz beziehen (Reith & Nehring, 2022a). Die Lernsequenz fokussiert auf die Förderung experimenteller Kompetenzen und dabei insbesondere auf fachmethodische Aspekte. Für weitere Details zur Entwicklung und konkreten Ausgestaltung der Lernsequenz wird an dieser Stelle auf Reith & Nehring (2022b) verwiesen.

Erste Ergebnisse und Ausblick

Die Pre-Post-Vergleiche zur Untersuchung von Kompetenzzuwächsen im Zuge der Lernsequenz ergaben für die Dispositionsfacette signifikante Zuwächse mit kleinen bis mittleren Effektstärken für das fachmethodische Wissen und das labortechnische Wissen, nicht jedoch für das Fachwissen. Auf der Produktfacette konnten signifikante Zuwächse mit großer Effektstärke beobachtet werden:

| Konstrukt | | n | Pre <i>M (SD)</i> | Post <i>M (SD)</i> | Ergebnisse der einseitigen <i>t</i> -Tests |
|---------------|-------------------------|----|--|--|---|
| Dispositionen | Fachmethodisches Wissen | 46 | 475 (85) | 525 (108) | $t(45) = -4,1917; p < 0,001;$ $d = 0,62$ |
| | Labortechnisches Wissen | 44 | 482 (109) | 517 (89) | $t(43) = -2,7738; p = 0,004;$ $d = 0,42$ |
| | Fachwissen | 46 | 494 (101) | 506 (99) | $t(45) = -1,0374; p = 0,15;$ $d = 0,15$ |
| Produkte | | 46 | 60 (13) % der Kriterien erfüllt | 77 (12) % der Kriterien erfüllt | $t(45) = -8,7425; p < 0,001;$ $d = 1,29$ |

Die Ergebnisse sind insofern erwartungskonform, als die eingesetzte Lernsequenz explizit auf fachmethodische Aspekte fokussiert. Hier deutet sich schon an, dass das differenzierte Assessment in Anlehnung an das Modell der Kompetenztrias durch die Aufschlüsselung in die einzelnen Kompetenzfacetten und Wissenskomponenten Informationen liefert, die bei einer globalen Betrachtung der Produktfacette nicht zugänglich sind.

Im vorliegenden Projekt soll zunächst die Analyse der Prozessfacette sowie die Skalenbildung für eine in Wissenskomponenten differenzierte Betrachtung der Produktfacette abgeschlossen werden. Perspektivisch ließen sich mit dem vorgestellten Ansatz die Wirkungen unterschiedlicher Interventionen auf die einzelnen Kompetenzfacetten, die Wissenskomponenten sowie deren Zusammenspiel untersuchen.

Literatur

- Arnold, J. (2015). *Die Wirksamkeit von Lernunterstützungen beim Forschenden Lernen: Eine Interventionsstudie zur Förderung des Wissenschaftlichen Denkens in der gymnasialen Oberstufe* (Vol. 10). Logos Verlag.
- Bell, R. L., Smetana, L., & Binns, I. (2005). Simplifying Inquiry Instruction. *The Science Teacher*, 72(7), 30–33.
- Blömeke, S., Gustafsson, J.-E., & Shavelson, R. J. (2015). Beyond Dichotomies. *Zeitschrift Für Psychologie*, 223(1), 3–13. <https://doi.org/10.1027/2151-2604/a000194>
- Cohen, J. (1960). A Coefficient of Agreement for Nominal Scales. *Educational and Psychological Measurement*, 20(1), 37–46. <https://doi.org/10.1177/001316446002000104>
- Elert, T. (2019). *Course Success in the Undergraduate General Chemistry Lab* (Vol. 284). Logos Verlag.
- Hild, P., Buff, A., Gut, C., & Parchmann, I. (2020). Adaptive kompetenzbezogenes Feedback beim selbstständigen praktisch-naturwissenschaftlichen Arbeiten. *Zeitschrift Für Didaktik Der Naturwissenschaften*. <https://doi.org/10.1007/s40573-020-00109-8>
- Krell, M., Vorholzer, A., & Nehring, A. (2022). Scientific Reasoning in Science Education: From Global Measures to Fine-Grained Descriptions of Students' Competencies. *Education Sciences*, 12(2), 97. <https://doi.org/10.3390/educsci12020097>
- Kuckartz, U. (2016). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung* (3rd ed.). Beltz Juventa.
- Landis, J. R., & Koch, G. G. (1977). The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. *Biometrics*, 33(1), 159–174.
- Mayer, J. (2007). Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In D. Krüger & H. Vogt (Eds.), *Theorien in der biogiedidaktischen Forschung* (pp. 177–186). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-540-68166-3_16
- Reith, M., & Nehring, A. (2021). Experimentelle Kompetenz zwischen Disposition, Prozess und Produkt. In S. Habig (Ed.), *Naturwissenschaftlicher Unterricht und Lehrerbildung im Umbruch?* (pp. 537–540). Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDCCP).
- Reith, M., & Nehring, A. (2022a). Einfluss der Transferdistanz auf die Entwicklung experimenteller Kompetenzen. In S. Habig & H. van Vorst (Eds.), *Unsicherheit als Element von naturwissenschaftsbezogenen Bildungsprozessen* (pp. 636–639). Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDCCP).
- Reith, M., & Nehring, A. (2022b). Fostering Scientific Reasoning Competencies in Undergraduate Laboratories Using “Classical” Kinetics Experiments. *Journal of Chemical Education*. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.2c00340>
- Schreiber, N., Theyßen, H., & Schecker, H. (2014). Diagnostik experimenteller Kompetenz: Kann man Realexperimente durch Simulationen ersetzen? *Zeitschrift Für Didaktik Der Naturwissenschaften*, 20(1), 161–173. <https://doi.org/10.1007/s40573-014-0017-1>
- Vorholzer, A. (2016). *Wie lassen sich Kompetenzen des experimentellen Denkens und Arbeitens fördern? Eine empirische Untersuchung der Wirkung eines expliziten und eines impliziten Instruktionsansatzes* (Vol. 197). Logos Verlag.
- Weinert, F. E. (2001). Vergleichende Leistungsmessung in Schulen: Eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In F. E. Weinert (Ed.), *Leistungsmessungen in Schulen* (pp. 17–32). Weinheim: Beltz.

Marvin Roski¹
 Anett Hoppe²
 Andreas Nehring¹

¹Leibniz Universität Hannover
²Technische Informationsbibliothek (TIB)

Individuelles Lernen durch Bayesian Knowledge Tracing in der webbasierte Lernplattform „I₃Lern“ analysieren und unterstützen

Hintergrund

Mit der Weiterentwicklung des Internets gegen Ende des 20. Jahrhunderts etabliert sich zunehmend internetbasiertes Lernen. Die University of Phoenix veröffentlichte 1991 die erste Online-Lernplattform (Kentnor, 2015) und ab dem Jahr 2000 verbreiteten sich sogenannte Learning Management Systems (z. B. Moodle (Ahamer, 2010)). Es konstituierten sich 2008 Massiv Open Online Courses (MOOCs), deren Fokus sich hauptsächlich auf das Erreichen einer maximalen Anzahl an Menschen richtet (Baturay, 2015). Mit Inq-ITS wurde um 2012 eine Lernplattform im Bereich der naturwissenschaftlichen Bildung implementiert, die forschendes Lernen mithilfe von KI-basiertem Feedback unterstützt (Gobert et al., 2012). Durch die pandemische Ausbreitung des Sars-CoV-2 Virus im Jahr 2020 offenbarte sich der drastische Bedarf nach internetbasierten Lernangeboten. Bestehende Lernangebote sind oftmals dahingehend konzipiert, die breite Masse anzusprechen und eignen sich kaum, um individuelles Lernen zu ermöglichen. Individuelles Lernen in internetbasierten Lernplattformen ist aber ein Schlüsselkonzept, um die Bedürfnisse aller Lernenden erfüllen zu können (Hase et al., 2022)

Maschinelles Lernen zur Analyse und Unterstützung individueller Lernprozesse

Eine Möglichkeit individuelles Lernen in internetbasierten Lernplattformen automatisiert zu realisieren ist die Verwendung von Techniken aus dem Bereich Learning Analytics (LA) und Machine Learning (ML; Baker, 2016; Neumann & Waight, 2020; Zhai et al., 2022). Durch den technologischen Fortschritt, die Zunahme an verfügbarer Rechenleistung und einen vereinfachten Zugang zu Wissen und Ressourcen ist es möglich, auf diese Techniken zurückzugreifen, wenn keine weitumfassende Expertise in diesen Bereichen besteht. Systeme, die LA und ML verwenden, haben das Potential, komplexe Daten, die aus Lehr-Lern-Situationen erhoben wurden, zu verarbeiten und Muster zu erkennen, die vom Menschen nicht erkannt werden können (Baker & Siemens, 2014; Mitchell, 1997). Entsprechende Lehr-Lern-Situationen können durch internetbasierte Lernplattformen an Lernende herangetragen werden und gleichzeitig relevante Daten über das Lernverhalten hervorbringen. Diese können wiederum durch LA und ML analysiert werden und schließlich individuelles Lernen ermöglichen (Fischer et al., 2020). Eine Schlüsseltechnologie für individualisiertes Lernen aus dem Bereich LA ist das Modellieren des Wissens der Lernenden mithilfe von erhobenen Daten. Dies bildet die Grundlage, individuelle Lernprozesse zu ermöglichen (Pelánek, 2017).

Forschungsfrage

Eine Technik ist das sogenannte Bayesian Knowledge Tracing (BKT; Corbett & Anderson, 1995). Hierbei wird die Wahrscheinlichkeit berechnet, dass die Lernenden Wissensfacetten, sogenannte Knowledge Components (KC), beherrschen. Die Beantwortung von Aufgaben

dient dabei als Datengrundlage (Pelánek, 2017). Das Ergebnis dieser Vorhersage kann als Ausgangslage für individualisiertes Lernen dienen (Sao Pedro et al., 2013). Daraus lässt sich die folgende Forschungsfrage ableiten: Inwiefern eignet sich Bayesian Knowledge Tracing zur lernprozessbegleitenden Vorhersage der Wissensentwicklung von Lernenden beim Lernen? Dies wird untersucht am Beispiel des Lernens mit der Lernplattform „I₃Lern“.

Datenerhebung

Die internetbasierte Lernplattform „I₃Lern“ fokussiert sich auf das chemisch voraussetzungsvolle Thema der Ionenbindung (Hilbing & Barke, 2004). Die Lernplattform basiert auf Richtlinien des *Universal Design for Learning* (UDL) mit dem Ziel, Barrieren für Lernende zu minimieren und eine Teilhabe aller Lernenden zu ermöglichen (CAST, 2018). Das Lernverhalten wird durch *Log Files* protokolliert. Diese enthalten unter anderem die konkreten Lernwege jedes einzelnen Lernenden, protokollieren aber auch zusätzlich Änderungen im Antwortverhalten, wie beispielsweise die Änderung der Antwort in Multiple-Choice-Fragen oder das Korrigieren von offenen Antworten.

Im Zeitraum von Januar bis Juni 2022 haben 580 Lernende der Klassenstufe 9 und 10 mit I₃Lern interagiert. Die 27 Klassen stammen aus Integrativen Gesamtschulen (IGS), Kooperativen Gesamtschulen (KGS) und Gymnasien aus Niedersachsen. Insgesamt wurden 483.511 Datenpunkte gesammelt. Als Datengrundlage wird dabei die Beantwortung von 152 Items verwendet, die sich zum einem in den Testaufgaben eines Pre- und Posttests und zum anderen in den Lernaufgaben innerhalb der einzelnen Kapitel von I₃Lern, den Lerngelegenheiten, wiederfinden lassen. Insgesamt haben 532 Lernende mindestens ein Item beantwortet und dabei 33.892 Log Files mit der Kodierung richtig/falsch erzeugt. Alle Items lassen sich zu sieben KCs zuordnen, welche die Wissensfacetten der Ionenbindung in I₃Lern abbilden (siehe Tab. 1). Die Bildung der KCs basiert auf Lernendenvorstellung zu Ionenbildung und -bindung und dem Kerncurriculum von Integrativen Gesamtschulen in Niedersachsen (Barke, 2006; Butts & Smith, 1987; Coll & Taylor, 2002; Luxford & Bretz, 2014; Meltafina et al., 2019; Nicoll, 2001; Niedersächsisches Kultusministerium, 2020; Tan & Treagust, 1999; Vrabec & Prokša, 2016).

Tab. 1 Übersicht der sieben KC in I₃Lern.

| | |
|------|--|
| KC 1 | Struktur von Atomen und Ionen |
| KC 2 | Bildung von Ionen durch eine Elektronenübertragung |
| KC 3 | Eigenschaften von Salzen |
| KC 4 | Verhältnisformeln von Salzen |
| KC 5 | Bindung als Anziehung zwischen Ionen |
| KC 6 | Gitterstruktur von Salzen |
| KC 7 | Unterscheidung zwischen mikroskopischer und submikroskopischer Ebene |

Methodisches Vorgehen

Mithilfe von pyBKT wurde in Python das BKT Modell, vier einzelne BKT-Varianten (KT-IDEM, BKT + forget, Item Order Effect und Item Learning Effect) und Kombinationen dieser trainiert (Badrinath et al., 2021). Dafür wurde der Datensatz in einer 80/20-Verteilung in ein Trainings- und Testdatensatz geteilt. Die verschiedenen Modelle wurden durch eine 5-fold-

cross-validation des Testdatensatzes verglichen. Die Modellvariante KT-IDEM, welche die Item Schwierigkeit berücksichtigt, zeigt dabei die besten Ergebnisse in Hinblick auf die Metriken Area under the Receiver Operating Characteristic Curve (AUC) und Root Mean Square Error (RMSE). Die Metriken der verschiedenen Modellvarianten kann aus Abb. 1 entnommen werden. Beim AUC-Wert wird bei einem Wert von eins von einer perfekten und bei 0.5 von einer zufälligen Klassifikation gesprochen (Ernst et al., 2020).

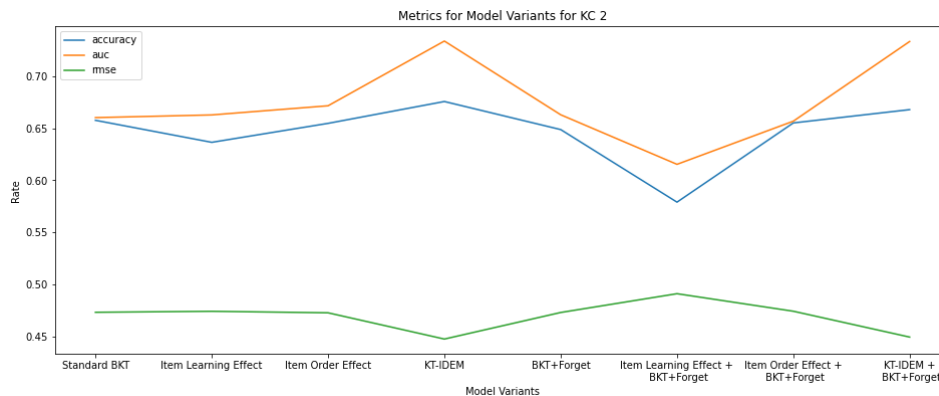


Abb. 1 Vergleich der Metriken verschiedenen Modellvarianten der KC 2.

Das ausgewählte Modell wurde anschließend nur mit dem Trainingsdatensatz trainiert und mithilfe des Testdatensatzes abschließend evaluiert. Im Vergleich zu Ergebnissen von den BKT-Modellen anderer Forschungsprojekte zeigt sich, dass die Vorhersage des Wissens mithilfe der in I₃Lern erzeugten Daten in einem ähnlichen Rahmen bewegen. Nur die Metriken von Deep Knowledge Training (DKT) Ansätzen zeigen in einem erwartbaren Rahmen bessere Ergebnisse (siehe Tab. 2).

Tab. 2 Ergebnisse von trainierten BKT Modellen im Vergleich.

| | KT-IDEM in I ₃ Lern | KT-IDEM mit 2009-2010 ASSISTments dataset (Badrinath et al., 2021) | Deep Knowledge Tracing mit 2009-2010 ASSISTments dataset (Piech et al., 2015) | Standart BKT mit einem Datensatz zu "scientific inquiry" (Herskovitz et al., 2013) |
|------|--------------------------------|--|---|--|
| AUC | 0.79 | 0.78 | 0.86 | 0.74 |
| RMSE | 0.43 | - | - | - |

Diskussion und Ausblick

Die Ergebnisse deuten an, dass es mithilfe von BKT möglich sein kann, das Wissen und die Wissensentwicklung der Lernenden innerhalb der Lernplattform lernbegleitend zu modellieren. Weitere Forschungen können nun in Blick nehmen, wie und mit welchen Effekten sich aus BKT-basierten Vorhersagen Maßnahmen der individuellen Lernunterstützung abgeleitet werden können.

Literatur

- Ahamer, G. (2010). A short history of web based learning including GIS. In *International Journal of Computer Science & Emerging Technologies* (Vol. 1, Issue 4).
- Badrinath, A., Wang, F., & Pardos, Z. (2021). *pyBKT: An Accessible Python Library of Bayesian Knowledge Tracing Models*. <http://arxiv.org/abs/2105.00385>
- Baker, R. (2016). Using Learning Analytics in Personalized Learning. In M. Murphy, S. Redding, & J. Twyman (Eds.), *Handbook on personalized learning for states, districts, and schools* (pp. 165–174).
- Baker, R., & Siemens, G. (2014). *Educational Data Mining and Learning Analytics*.
- Barke, H.-D. (2006). *Chemiedidaktik*. Springer.
- Baturay, M. H. (2015). An Overview of the World of MOOCs. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 174, 427–433. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.01.685>
- Butts, B., & Smith, R. (1987). HSC chemistry students' understanding of the structure and properties of molecular and ionic compounds. *Research in Science Education*, 17(1), 192–201.
- CAST. (2018). *Universal Design for Learning Guidelines version 2.2*.
- Coll, R. K., & Taylor, N. (2002). Mental Models in Chemistry: Senior Chemistry Students Mental Models of Chemical Bonding. *Chem. Educ. Res. Pract.*, 3(2), 175–184. <https://doi.org/10.1039/b2rp90014a>
- Corbett, A., & Anderson, J. (1995). *Knowledge Tracing: Modeling the Acquisition of Procedural Knowledge*.
- Ernst, H., Schmidt, J., & Beneken, G. (2020). Grundkurs Informatik. In *Grundkurs Informatik*. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-30331-0>
- Fischer, C., Pardos, Z. A., Baker, R. S., Williams, J. J., Smyth, P., Yu, R., Slater, S., Baker, R., & Warschauer, M. (2020). Mining Big Data in Education: Affordances and Challenges. *Review of Research in Education*, 44(1), 130–160. <https://doi.org/10.3102/0091732X20903304>
- Gobert, J. D., Pedro, M. A. S., Baker, R. S. J. D., Toto, E., & Montalvo, O. (2012). Leveraging Educational Data Mining for Real-time Performance Assessment of Scientific Inquiry Skills within Microworlds. In *JEDM Special Issue, Article* (Vol. 3).
- Hase, A., Kahnbach, L., Kuhl, P., & Lehr, D. (2022). To use or not to use learning data: A survey study to explain German primary school teachers' usage of data from digital learning platforms for purposes of individualization. *Frontiers in Education*, 7. <https://doi.org/10.3389/educ.2022.920498>
- Hershkovitz, A., de Baker, R. S. J., Gobert, J., Wixon, M., & Pedro, M. S. (2013). Discovery With Models: A Case Study on Carelessness in Computer-Based Science Inquiry. *American Behavioral Scientist*, 57(10), 1480–1499. <https://doi.org/10.1177/0002764213479365>
- Hilbing, C., & Barke, H.-D. (2004). Ionen und Ionenbindung: Fehlvorstellungen hausgemacht! Ergebnisse empirischer Erhebungen und unterrichtliche Konsequenzen. *CHEMKON*, 11(3), 115–120. <https://doi.org/10.1002/ckon.200410009>
- Kentnor, H. (2015). Distance Education and the Evolution of Online Learning in the United States. *Curriculum and Teaching Dialogue*, 17(1), 22–34. https://digitalcommons.du.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1026&context=law_facpub
- Luxford, C. J., & Bretz, S. L. (2014). Development of the bonding representations inventory to identify student misconceptions about covalent and ionic bonding representations. *Journal of Chemical Education*, 91(3), 312–320. <https://doi.org/10.1021/ed400700q>
- Meltafina, M., Wiji, W., & Mulyani, S. (2019). Misconceptions and threshold concepts in chemical bonding. *Journal of Physics: Conference Series*, 1157(4), 042030. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1157/4/042030>
- Mitchell, T. M. (1997). *Machine Learning*. <https://doi.org/10.1109/ICDAR.2019.00014>
- Neumann, K., & Waight, N. (2020). The digitalization of science education: Déjà vu all over again? *Journal of Research in Science Teaching*, 57(9), 1519–1528. <https://doi.org/10.1002/tea.21668>
- Nicoll, G. (2001). A report of undergraduates' bonding misconceptions. *International Journal of Science Education*, 23(7), 707–730. <https://doi.org/10.1080/09500690010025012>
- Niedersächsisches Kultusministerium. (2020). *Kerncurriculum für die Integrierte Gesamtschule Schuljahrgänge 5-10. Naturwissenschaften*.
- Pelánek, R. (2017). Bayesian knowledge tracing, logistic models, and beyond: an overview of learner modeling techniques. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 27(3–5), 313–350.
- Piech, C., Bassen, J., Huang, J., Ganguli, S., Sahami, M., Guibas, L., & Sohl-Dickstein, J. (2015). Deep knowledge tracing. *Advances in Neural Information Processing Systems, 2015-Janua*, 505–513.
- Tan, K.-C. D., & Treagust, D. F. (1999). *Evaluating students' understanding of chemical bonding*.
- Vrabec, M., & Prokša, M. (2016). Identifying Misconceptions Related to Chemical Bonding Concepts in the Slovak School System Using the Bonding Representations Inventory as a Diagnostic Tool. *Journal of Chemical Education*, 93(8), 1364–1370. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.5b00953>
- Zhai, X., He, P., & Krajcik, J. (2022). Applying machine learning to automatically assess scientific models. *Journal of Research in Science Teaching, August 2021*, 1–30. <https://doi.org/10.1002/tea.21773>

Jos Oldag¹
Sascha Schanze¹

¹Leibniz Universität Hannover

Vorbereitung einer automatisierten Analyse von Zeichnungen – Entwicklung eines Kategoriensystems

Problemstellung und theoretischer Hintergrund

Von Lernenden angefertigte Zeichnungen sind wichtiger Bestandteil des Chemieunterrichts (Ainsworth, Prain & Tytler, 2011; Van Meter & Garner, 2005; Wu & Rau, 2019). Problematisch für den Einsatz von Zeichnungsaufgaben in Unterrichtssettings ist eine damit verbundene zeitaufwändige und zumeist unstrukturierte Auswertung der entstehenden Lernendenzeichnungen seitens der Lehrkraft. Als mögliche Lösung für dieses Problem wird im Promotionsprogramm LernMINT (www.lernmint.org) eine automatisierte Analyse von Lernendenzeichnungen in Hinblick auf chemische Konzepte mithilfe von Machine Learning untersucht.

Zeichnungen ermöglichen einen Rückschluss auf Konzeptverständnisse (Devetak, Vogrinc & Glazar, 2009; Akaygun & Jones, 2014; Köse, 2008; Nyachwaya et al., 2011). Die Rückschlüsse sollten aber durch weitere Erhebungsformen, z. B. schriftliche Antworten oder Interviews, gestützt werden (Heeg, Bittorf & Schanze, 2020; Gurel, Eryilmaz & McDermott, 2015). Für die Analyse der in Lernendenzeichnungen zu findenden Konzepte existieren verschiedene Kategorisierungen von übergeordneten chemischen Ideen (z. B. KMK, 2020; Holme, Luxford & Murphy, 2015; National Research Council, 2012; Cooper, Posey & Underwood, 2017). Der Ansatz von Cooper et al. (2017) bietet durch vier gleichwertig zur Erklärung von chemischen Phänomenen nutzbaren Core Ideas eine gute Grundlage für die Analyse von Lernendenzeichnungen hinsichtlich chemischer Konzepte und wurde bereits erfolgreich erprobt (Cooper & Klymkowsky, 2013; Cooper, Stowe, Crandell & Klymkowsky, 2019; McGill et al., 2018). Die vier Core Ideas von Cooper et al. (2017) lauten:

- Atom- und Molekülstrukturen und -eigenschaften,
- elektrostatische und Bindungswechselwirkungen,
- Energie und
- Veränderung und Stabilität im chemischen System.

Für die Analyse von Merkmalen in Lernendenzeichnungen in der Chemie und Physik entwickelten Tang, Won & Treagust (2019) auf Basis von 594 Zeichnungen ein Framework.

Forschungsfragen

Für eine adäquate automatisierte Analyse sollten fachdidaktische Erkenntnisse berücksichtigt werden. Durch die Entwicklung eines Kategoriensystems sollen erste Filter in Bezug auf relevante und weniger relevante Zeichnungsmerkmale innerhalb der Core Ideas von Cooper et al. (2017) gesetzt werden.

Es ergeben sich folgende Forschungsfragen:

FF1: Welche Merkmale können in Lernendenzeichnungen zu verschiedenen Core Ideas erwartet werden?

FF2: Inwiefern ist die Kategorisierung der Zeichnungsmerkmale zu Core Ideas gelungen?

Methodisches Vorgehen

Zur Beantwortung von FF1 wurden aus 24 deutschsprachigen Lehr- / Lernmaterialien 144 kanonische Repräsentationen kriteriengeleitet selektiert. Für die Entwicklung des Kategoriensystems wurde auf Repräsentationen aus Lehr- / Lernmaterialien zurückgegriffen, da nicht ausreichend Lernendenzzeichnungen zu allen im Chemieunterricht behandelten Themen vorlagen, welche die Varianz möglicher Zeichnungsmerkmale abdecken. Die Repräsentationen wurden in einem nächsten Schritt von zwei Experten kriteriengeleitet den vier Core Ideas von Cooper et al. (2017) zugeordnet.

Zudem wurde das Framework von Tang et al. (2019) für eine detailliertere Analyse um eine Ebene erweitert, welche die Art der in Beziehung stehenden Objekte berücksichtigt. Die Auswertung der Repräsentationen hinsichtlich ihrer Merkmale erfolgte inhaltsanalytisch (Mayring, 2015) mit einem adaptierten Kodiermanual (IRR $\kappa = 0.762$). Durch die vorherige Zuordnung der Repräsentationen zu Core Ideas ergaben sich häufige, seltene und spezifische Merkmale pro Core Idea.

Zur Beantwortung von FF2 wurden Zeichnungsaufgaben zu verschiedenen Themen der Chemie entwickelt und von Lernenden unterschiedlichen Alters bearbeitet. Es wurden 65 Lernendenzzeichnungen, ähnlich dem Vorgehen bei FF1, den Core Ideas nach Cooper et al. (2017) zugewiesen und mit einem Kodiermanual inhaltsanalytisch (Mayring, 2015) ausgewertet. Anschließend wurde verglichen, welche Merkmale aus dem Kategoriensystem in Lernendenzzeichnungen einer Core Idea wiedergefunden werden konnten.

Vorläufige Ergebnisse

Es konnte festgestellt werden, dass jede Core Idea für sich spezifische Merkmale aufweist, die in Tabelle 1 dargestellt sind.

Tabelle 1: Spezifische Zeichnungsmerkmale für Core Ideas.

| Strukturen und Eigenschaften | Wechselwirkungen | Energie | Veränderung und Stabilität |
|------------------------------|---|--|---|
| Statische runde Objekte | Zwei verbundene Objekte, z. B. durch Linien | Darstellung im Diagramm mit Energiepfeil | Kreuz als Verbindung zweier Objekte, sowie Pfeil als Symbol für Bewegung oder zeitliche Sequenz |

Die Überprüfung des Kategoriensystems durch eine Analyse der Lernendenzzeichnungen unterstützt die in Tabelle 1 aufgeführten spezifischen Merkmale mit Ausnahme der Core Idea 3 *Energie*. Zu dieser Core Idea lagen zum derzeitigen Zeitpunkt keine Lernendenzzeichnungen vor. Einschränkend muss erwähnt werden, dass die Stichprobe von 65 Lernendenzzeichnungen zu gering ist, um sichere Aussagen zur Evaluation des Kategoriensystems treffen zu können.

Ausblick

Das Kategoriensystem kann sinnvolle Filter für (ir-)relevante Zeichnungsmerkmale in einer automatisierten Analyse setzen. Zur besseren Evaluation des Kategoriensystems werden weitere Zeichnungen zu unterschiedlichen Aufgaben benötigt, um die Varianz möglicher Merkmale zu erfassen. Außerdem ist geplant in Bezug auf eine Interpretation von Zeichnungsmerkmalen Interviews mit Lernenden zu führen.

Literatur

- Ainsworth, S., Prain, V. & Tytler, R. (2011). Drawing to Learn in Science. *Science*, 333, 1096-1097.
- Akaygun, S., Jones, L. L. (2014). Words or Pictures: A comparison of Written and Pictorial Explanations of Physical and Chemical Equilibria. *International Journal of Science Education*, 36 (5), 783 – 807.
- Cooper, M. M., & Klymkowsky, M. (2013). Chemistry, Life, the Universe, and Everything: A New Approach to General Chemistry, and a Model for Curriculum Reform. *Journal of Chemical Education*, 90 (9), 1116-1122.
- Cooper, M. M., Posey, L. A. & Underwood, S. M. (2017). Core Ideas and Topics: Building Up or Drilling Down? *Journal of Chemical Education*, 94 (5), 541-548.
- Cooper, M. M., Stowe, R. L., Crandell, O. M., & Klymkowsky, M. W. (2019). Organic Chemistry, Life, the Universe, and Everything (OCLUE): A Transformed Organic Chemistry Curriculum. *Journal of Chemical Education*, 96 (9), 1858-1872.
- Devetak, I., Vogrinc, J., Glazar, S. A. (2009). Assessing 16-Year- Old Students' Understanding of Aqueous Solution at Sub-microscopic Level. *Research in Science Education*, 39 (2), 157-179.
- Gurel, D. K., Eryilmaz, A. & McDermott, L. C. (2015). A Review and Comparison of Diagnostic Instruments to Identify Students' Misconceptions in Science. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education* 11 (5), 989-1008.
- Heeg, J., Bittorf, R. M. & Schanze, S. (2020). Learners' Conceptions about the Chemical Equilibrium: A Systematic Review. *CHEMKON*, 27 (8), 373-383.
- Holme, T., Luxford, C. & Murphy, K. (2015). Updating the General Chemistry Anchoring Concepts Content Map. *Journal of Chemical Education*, 92 (6), 1115–1116.
- KMK (2020). Bildungsstandards im Fach Chemie für die Allgemeine Hochschulreife. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschlu-esse/2020/2020_06_18-BildungsstandardsAHR_Chemie.pdf
- Köse, S. (2008). Diagnosing Student Misconceptions: Using Drawings as a Research Method. *World Applied Science Journal* 3 (2), 283 – 293.
- Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken* (12. Auflage). Weinheim: Beltz.
- Mcgill, T. L., Williams, L. C., Mulford, D. R., Blakey, S. B., Harris, R. J., Kindt, J. T., Lynn, D. G., Marsteller, P. A., McDonald, F. E., & Powell, N. L. (2018). Chemistry Unbound: Designing a New Four-Year Undergraduate Curriculum. *Journal of Chemical Education*, 96 (1), 35-46.
- National Research Council. (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. Washington: National Academies Press.
- Nyachwaya, J. M., Abdi-Rizak Mohamed, H., Roehrig, G., Wood, N. B. L., Kern, A., Schneider, J. (2011). The Development of an Open-Ended Drawing Tool: An Alternative Diagnostic Tool for Assessing Students Understanding of the Particulate Nature of Matter. *Chemistry Education Research and Practice* 12 (2), 121-132.
- Tang, K.-S., Won, M. & Treagust, D. F. (2019). Analytical Framework for Student-Generated Drawings. *International Journal of Science Education*, 41 (16), 2296–2322.
- Van Meter, P. & Garner, J. (2005). The Promise and Practice of Learner-Generated Drawing: Literature Review and Synthesis. *Educational Psychology Review*, 17 (4), 285-325.
- Wu, S. P. W., & Rau, M. A. (2019). How Students Learn Content in Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Through Drawing Activities. *Educational Psychology Review*, 31 (1), 87–120.

Tom Bleckmann¹
Gunnar Friege¹

¹Leibniz Universität Hannover

Automatische Auswertung von Concept Maps: Wie kann Machine Learning helfen?

Theoretischer Hintergrund

Das Fach Physik wird von Schüler:innen als besonders schwierig und äußerst unbeliebt eingeschätzt (Williams et al., 2003; Winkelmann et al., 2021). Dies ist unter anderem darauf zurückzuführen, dass in naturwissenschaftlichen Fächern ein hoher persönlicher Aufwand betrieben werden muss, um ein Verständnis und Wissen über die verschiedenen Zusammenhänge zu entwickeln (Winkelmann et al., 2021). Eine Möglichkeit, dieses Problem anzugehen, kann das formative Assessment sein, da es seit langem als eines der wirksamsten Instrumente zur Optimierung des schulischen Lernens gilt (Black und Wiliam, 1998; Hattie, 2009). Eine gute Methode für ein formatives Assessment sind Concept Maps (Ruiz-Primo und Shavelson, 1996). Concept Maps sind gerichtete strukturierte Wissensdarstellungen, in denen die Knoten genau definierte Konzepte und die Kanten ihre Beziehungen darstellen (Novak und Cañas, 2008). Concept Maps decken ein breites Spektrum an Anwendungsfällen ab, da sie z.B. zur Vorwissensevaluation oder zum Aufdecken von Fehlvorstellungen genutzt werden können (Ley, 2015; Stracke, 2004). Damit Concept Maps für ein formatives Assessment genutzt werden können, müssen diese jedoch ausgewertet und analysiert werden. Eine qualitative Analyse der Concept Maps bietet einen detaillierteren Einblick in den aktuellen Wissensstand der Schüler:innen als z.B. das bloße Zählen richtig verwendeter Begriffe. Aus diesem Grund wird in dieser Arbeit ein qualitativer Ansatz gewählt, der sich auf die Analyse der einzelnen Propositionen und deren Qualität fokussiert. Allerdings ist eine qualitative Analyse sehr zeitaufwändig und deshalb im Schulalltag nur schwer umsetzbar (Hartmeyer et al., 2018). Um dieses Problem zu lösen, erforscht diese Arbeit eine neue Art der qualitativen Auswertung von Propositionen einer Concept Map zum Thema Mechanik unter Verwendung überwachter

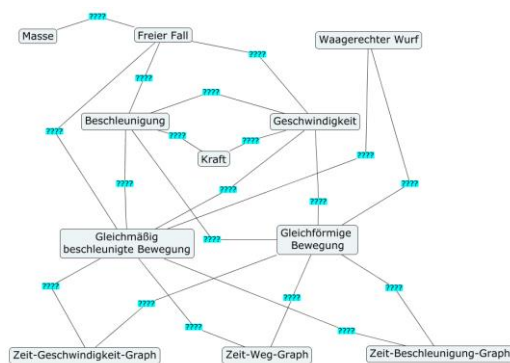


Abb. 1 Eingesetzte Concept Map zum Thema Mechanik

maschineller Lerntechniken. Durch Machine Learning soll so eine zeitnahe automatische Auswertung erfolgen, die den Lehrkräften Informationen liefert, welche sie für den weiteren Unterrichtsverlauf und individuelle Rückmeldung für ihre Schüler:innen nutzen können.

Studiendesign und ML-Modell

Für diese Arbeit wurde eine Concept-Map-Aufgabe zum Thema Mechanik entwickelt, bei der die Schüler:innen bis zu 19 Beziehungen zwischen 11 bereits vorher ausgewählten Begriffen ausfüllen mussten (Abb. 1). Es wurde sich bewusst für dieses eher geschlossene Format entschieden, damit zum einen vergleichbare Concept Maps entstehen und zum anderen keine Schüler:innen aufgrund kognitiver Überforderung ausgeschlossen werden. Die Concept-Map-Aufgabe wurde in 14 verschiedenen 11. Klassen an fünf verschiedenen Gymnasien in Norddeutschland eingesetzt. Insgesamt wurden 203 Concept Maps von den Schüler:innen mit der IHMC CmapTools Software (Daley et al., 2007) bearbeitet (Durchschnittsalter 16,9 Jahre; w 49%/ m 48%/ d 3%). Nachdem die Concept Maps bearbeitet wurden, wurden sie von zwei verschiedenen Bewertern (dem Erstautor und einem Studenten der Nanotechnologie) anhand einer Vier-Punkte-Skala bewertet. Zu diesem Zweck wurde ein allgemeines Bewertungsschema entwickelt, das aus drei Abstufungen von richtig (einfache Beziehung, einfache gerichtete Beziehung, detaillierte gerichtete Beziehung) und einer Kategorie für falsche Beziehungen bestand (Fischler & Peuckert, 2000; Frieger, 2001). Außerdem wurde im Vorfeld für jeder der 19 Propositionen Codierbeispiele erstellt, sodass eine Übereinstimmung von 87 % zwischen den Bewertern erreicht werden konnte. Für die automatische qualitative Bewertung wurde ein separates Machine Learning Modell für jede der 19 Propositionen entwickelt. Das bedeutet, dass insgesamt 19 verschiedene Textklassifikationsmodelle entwickelt wurden, die als Input die Propositionen in der Form "<Concept_A> <SuS_Eingabe> <Concept_B>" und die Labels 0, 1, 2, 3 analog zu den Kategorien im Bewertungsschema erhalten. Die Antworten der Schüler:innen wurden dann mit Hilfe einer 10-fachen Kreuzvalidierungsstrategie in Trainings- und Testsets aufgeteilt (90% Training, 10% Test). Der verwendete Algorithmus ist ein Support-Vector-Machine-Klassifikator (SVC) mit einem Radial-Basis-Kernel (Noble, 2006). Für jeden der 10 Folds wurden die Hyperparameter des SVC mit Hilfe einer Gittersuche optimiert. Anschließend wurde der SVC mit den optimierten Parametern trainiert und die Antworten im Testset klassifiziert. Um die Leistung der Modelle zu bewerten, wurden Cohen's Kappa und der gewichtete F1-Score (harmonisches Mittel zwischen Recall und Precision) berechnet. Um die Ergebnisse zu vergleichen, wurde ein Zufalls-Klassifikator verwendet, der Vorhersagen unter Berücksichtigung der Klassenverteilung des Datensatzes erstellt (Pedregosa et al., 2011).

Ergebnisse

Die Verteilungen der 19 Propositionen der Concept Maps zeigen, dass der Ansatz einer annähernd gleichmäßigen Verteilung der Antworthäufigkeit gut funktioniert hat. Wenn man jedoch die vier Ratingkategorien betrachtet, erkennt man ein leichtes Übergewicht in der Kategorie 0 (falsche Antworten) mit 32 %. Danach folgt Kategorie 2 mit 26 %, Kategorie 3 mit 23 % und schließlich Kategorie 1 mit 19 % der Schüler:innenantworten. Es ist anzumerken, dass dies innerhalb der einzelnen Propositionen stark variiert. Die Gesamtergebnisse der Machine Learning Modelle zeigen, dass diese durchaus in der Lage war, die studentischen Propositionen in dieselbe Kategorie einzuordnen wie die menschlichen

Bewerter. Das Cohen's Kappa mit $\kappa = .80 \pm .06$ über alle 19 Propositionen (Abb. 2) weist eine gute Übereinstimmung auf (Vergleich Zufalls-Modelle $\kappa = .03 \pm .05$). Auch der gewichtete F1-Score von $.87 \pm .04$ (Abb. 2) zeigt, dass die Modelle deutlich besser waren, als ein Modell welches nur zufällig entscheidet (Vergleich Zufalls-Modelle $.36 \pm .07$).

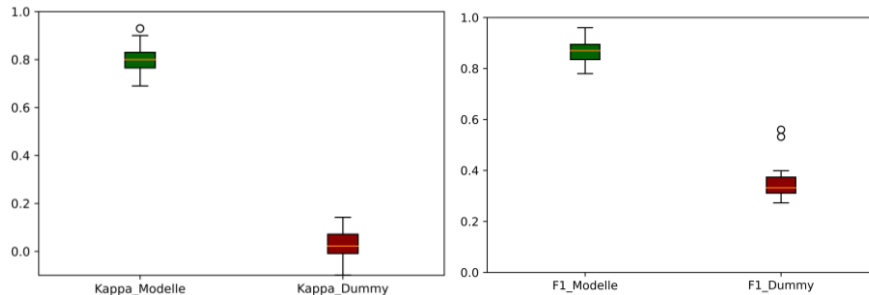


Abb. 2 Cohen's Kappa und gewichteter F1-Score der Modelle und der Zufalls-Klassifikatoren

Diskussion und Ausblick

Das Ziel dieser Arbeit war es, einen ersten Schritt in Richtung einer automatischen qualitativen Bewertung von Concept Maps mit Hilfe von Machine Learning Techniken zu machen. Die ersten Ergebnisse zeigen eine gute Übereinstimmung zwischen den menschlichen Bewertungen und den durch maschinelles Lernen generierten Bewertungen. Vergleicht man die Ergebnisse mit anderen Forschungen im Bereich der naturwissenschaftlichen Bildung und des maschinellen Lernens (z.B. Krüger et al., 2020; Wulff et al., 2020; Zhai et al., 2020), so kann man feststellen, dass die Mehrheit der Propositionen eine zufriedenstellende Übereinstimmung zwischen menschlichen und maschinellen Bewertungen aufweist. Dennoch gibt es weitere Schritte, um die Ergebnisse und die Modelle zu verbessern. Es wird außerdem wichtig sein, einen genauen Blick auf die (falsch) klassifizierte Antworten zu werfen, um zu verstehen, warum das Modell welche Kategorie gewählt hat und so die Entscheidungen verständlicher und interpretierbar zu machen. So soll auf Grundlage der Modelle ein Feedback-Tool für Lehrkräfte entwickelt werden, mit denen sie in der Lage sein sollen, einerseits in kurzer Zeit einen Überblick über den Leistungsstand der Klasse zu erhalten und andererseits ihren Schüler:innen ein individuelles Feedback geben zu können. Wie das Feedback-Tool verwendet wird und wie die Lehrkräfte mit dem Feedback umgehen, sind weitere spannende Forschungsfragen in diesem Projekt.

Literatur

- Black, P. & Wiliam, D. (1998). Assessment and Classroom Learning. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 5(1), 7–74. <https://doi.org/10.1080/0969595980050102>
- Daley, B. J., Cañas, A. J. & Stark-Schweitzer, T. (2007). CmapTools: Integrating teaching, learning, and evaluation in online courses. *New Directions for Adult and Continuing Education*, 2007(113), 37–47. <https://doi.org/10.1002/ace.245>
- Fischler, H. & Peuckert, J. (Hrsg.). (2000). *Studien zum Physiklernen. 1. Concept mapping in fachdidaktischen Forschungsprojekten der Physik und Chemie*. Logos-Verl.
- Frige, G. (2001). *Wissen und Problemlösen - eine empirische Untersuchung des wissenszentrierten Problemlösens im Gebiet der Elektrizitätslehre auf der Grundlage des Experten-Novizen-Vergleichs*. Studien zum Physiklernen. 19. Logos Verl.

- Hartmeyer, R., Stevenson, M. P. & Bentsen, P. (2018). A systematic review of concept mapping-based formative assessment processes in primary and secondary science education. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 25(6), 598–619. <https://doi.org/10.1080/0969594X.2017.1377685>
- Hattie, J. (2009). *Visible learning: A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement* (2009. Aufl.). Educational research. Routledge Taylor & Francis Group.
- Krüger, D. & Krell, M. (2020). Maschinelles Lernen mit Aussagen zur Modellkompetenz. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 26(1), 157–172. <https://doi.org/10.1007/s40573-020-00118-7>
- Ley, S. L. (2015). Concept Maps als Diagnoseinstrument im Physikunterricht und deren Auswirkung auf die Diagnosegenauigkeit von Physiklehrkräften [, Duisburg, Essen]. BibTeX. <https://duepublico.uni-due.de/servlets/DocumentServlet?id=38141>
- Noble, W. S. (2006). What is a support vector machine? *Nature biotechnology*, 24(12), 1565–1567. <https://doi.org/10.1038/nbt1206-1565>
- Novak, J. D. & Cañas, A. J. (2008). *The Theory Underlying Concept Maps and How to Construct and Use Them*. Technical Report IHMC CmapTools 2006-01 Rev 01-2008, Florida. <http://cmap.ihmc.us/Publications/>
- Pedregosa, F., Varoquaux, G., Gramfort, A., Michel, V., Thirion, B., Grisel, O., Blondel, M., Prettenhofer, P., Weiss, R., Dubourg, V., Vanderplas, J., Passos, A., Cournapeau, D., Brucher, M., Perrot, M. & Duchesnay, E. (2011). Scikit-learn: Machine Learning in Python. *Journal of Machine Learning Research*, 12, 2825–2830.
- Ruiz-Primo, M. A. & Shavelson, R. J. (1996). Problems and issues in the use of concept maps in science assessment. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(6), 569–600. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199608\)33:6<569::AID-TEA1>3.0.CO;2-M](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199608)33:6<569::AID-TEA1>3.0.CO;2-M)
- Stracke, I. (2004). Einsatz computerbasierter concept maps zur Wissensdiagnose in der Chemie: empirische Untersuchungen am Beispiel des chemischen Gleichgewichts [Dissertation].
- Williams, C., Stanistreet, M., Spall, K., Boyes, E. & Dickson, D. (2003). Why aren't secondary students interested in physics? *Physics Education*, 38(4), 324–329. <https://doi.org/10.1088/0031-9120/38/4/306>
- Winkelmann, J., Freese, M. & Strömmer, T. (2021). Schwierigkeitserzeugende Merkmale im Physikunterricht. Vorab-Onlinepublikation. <https://doi.org/10.25321/prise.2022.1168> (6-23 Pages / *Progress in Science Education (PriSE)*, Vol. 5 No. 2 (2022)).
- Wulff, P., Buschhüter, D., Westphal, A., Nowak, A., Becker, L., Robalino, H., Stede, M. & Borowski, A. (2020). Computer-Based Classification of Preservice Physics Teachers' Written Reflections. *Journal of Science Education and Technology*, 30(1), 1–15. <https://doi.org/10.1007/s10956-020-09865-1>
- Zhai, X., Yin, Y., Pellegrino, J., Haudek, K. C. & Shi, L. (2020). Applying machine learning in science assessment: a systematic review. *Studies in Science Education*, 56(1), 111–151. <https://doi.org/10.1080/03057267.2020.1735757>

Lilith Rüschenpöhler¹
 Silvija Markic²

¹PH Ludwigsburg
²LMU München

Der Einfluss von Chemistry Capital auf das Chemie-Selbstkonzept

Das Chemie-Selbstkonzept ist eine zentrale Variable, um das Chemielernen von Schüler:innen zu verstehen. So stehen Selbstkonzepte in engem Zusammenhang mit schulischen Leistungen (Jansen, Schroeders & Lüdtke, 2014) und Berufswahlen (Taskinen, Schütte, & Prenzel 2013). Problematisch ist, dass chemische Selbstkonzepte ungleich verteilt sind, und u.a. von Geschlecht und ethnisch-kulturellem Hintergrund abhängen (Rüschenpöhler & Markic, 2020a). Auch wurde gezeigt, dass das häusliche Umfeld eine entscheidende Rolle bei der Bildung von Selbstkonzepten im Allgemeinen spielt (Makwinya & Hofman, 2015; Marsh & Craven, 2006). Dies weist auf soziale Ungleichheiten hin.

Um zu beschreiben, wie das häusliche Umfeld die Selbstkonzepte von Schüler:innen prägt, kann das Konzept des Chemistry Capital herangezogen werden. Chemistry Capital beschreibt ‘a person’s resources that help him or her to succeed in the field of chemistry’ (Rüschenpöhler & Markic, 2020b, S. 220). Diese Ressourcen können individuell sein und umfassen die Gefühle und Einstellungen der Schüler:innen zur Chemie (Motivation, Lernzielorientierungen, Interesse...), ihr Chemie-Wissen und chemiebezogenen Aktivitäten (YouTubern folgen, zu Hause experimentieren,...). Daneben können Ressourcen im häuslichen Umfeld liegen, z.B. wenn eine Bezugsperson Interesse an Chemie hat (Rüschenpöhler & Markic, 2020b).

Ziel und Forschungsfragen

Ziel dieser Studie war herauszufinden, inwiefern das Selbstkonzept von Schüler:innen und zentrale assoziierte Variablen von ihrem häuslichen Chemistry Capital abhängen. Hierzu wurden zwei Forschungsfragen formuliert (Rüschenpöhler & Markic, 2020c):

- FF1. Welcher Zusammenhang besteht zwischen Chemistry Capital im häuslichen Umfeld und den Chemie-Selbstkonzepten der Schüler:innen?
- FF2. Welcher Zusammenhang besteht zwischen Chemistry Capital im häuslichen Umfeld und den Lernzielorientierungen und der Wahrnehmung der eigenen chemiebezogenen sprachlichen Fähigkeiten der Schüler:innen?

Auf Basis der Literatur wurde vermutet, dass ein positiver Zusammenhang zwischen Chemistry Capital im häuslichen Umfeld und den Chemie-Selbstkonzepten der Schüler:innen, ihren Lernzielorientierungen und der Wahrnehmung ihrer sprachlichen Fähigkeiten in Chemie besteht (vgl. Archer et al., 2015; Huang, 2012; Rüschenpöhler & Markic, 2020a).

Methoden

Es wurde ein Concurrent-Mixed-Methods-Design mit einem Fragebogen und Interviews gewählt. Mit dem Fragebogen wurden die Chemie-Selbstkonzepte, die Wahrnehmung der sprachlichen Fähigkeiten der Schüler:innen in Chemie sowie ihre Lernzielorientierungen (mit

zwei Subskalen: Kognitionsbedürfnis und inkrementelle Intelligenztheorie in Chemie) erhoben (Rüschepöhler & Markic, 2020a). In den halbstrukturierten Interviews wurden die chemiebezogenen Ressourcen der Schüler:innen exploriert. Die Interviews wurden direkt nach den Fragebögen durchgeführt und dauerten ca. 20-25 Minuten. Die Gesamtstichprobe umfasste N=585 Schüler:innen, von denen N=48 an den Interviews teilnahmen. Die Teilnahme an allen Teilen der Studie war freiwillig und die gesetzlich erforderlichen Genehmigungen und Einverständniserklärungen wurden eingeholt.

Die Datenanalyse geschah zunächst getrennt für die quantitativen und qualitativen Daten (Rüschepöhler & Markic, 2020a, 2020b). Anschließend folgte eine Mixed-Methods-Analyse (N=48) (Rüschepöhler & Markic, 2020c). Hierfür wurden deskriptive Statistiken mit Interview-Beispielen kombiniert. Dieser Beitrag stellt die Mixed-Methods-Studie vor.

Ergebnisse

Die Schüler:innen wurden in vier Gruppen sortiert, abhängig von dem Kapital, über das sie zu Hause verfügen. In Gruppe 1 fielen Schüler:innen, die zu Hause über Chemistry Capital verfügen; in Gruppe 2 Schüler:innen, die zu Hause allgemeines Bildungskapital aber kein Chemistry Capital haben; In Gruppe 3 Schüler:innen, die nur wenig Bildungskapital haben; in Gruppe 4 Schüler:innen, deren Umfeld kein Bildungskapital oder Chemistry Capital aufweist.

Das Diagramm (a) in Abbildung 1 zeigt, dass sich kein linearer Zusammenhang zwischen Chemie-Selbstkonzept und häuslichem Chemistry Capital abzeichnet. Um die Zusammenhänge besser zu verstehen, wurde je ein Fall aus den vier Chemistry-Capital-Gruppen ausgewählt,

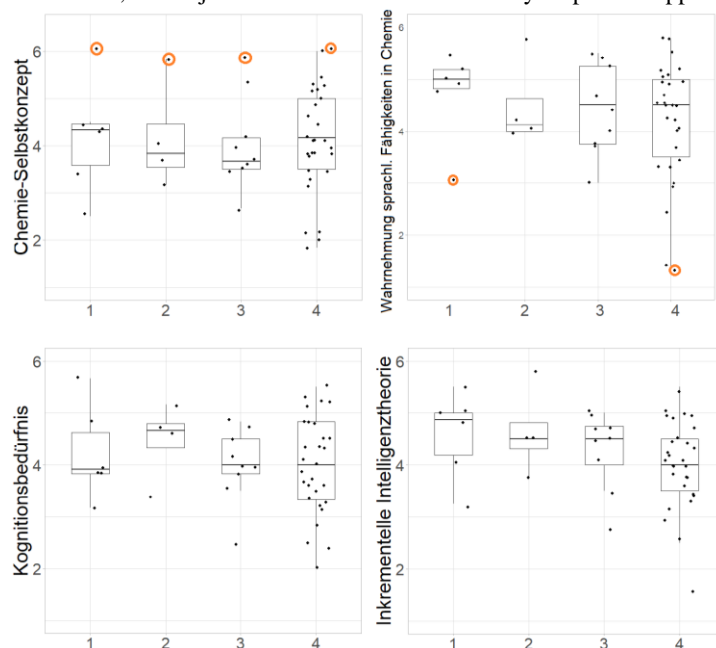


Abb. 1. Zusammenhang von häuslichem Chemistry Capital mit a) Selbstkonzept (links oben), b) Wahrnehmung der sprachlichen Fähigkeiten in Chemie (rechts oben), c) Kognitionsbedürfnis in Chemie (links unten), d) inkrementeller Intelligenztheorie (rechts unten).

der ein besonders starkes Selbstkonzept zeigte (Umkreisungen in Abb. 1a). Sie ähnelten sich in einigen Aspekten: Sie zeigten hohes Interesse, positive Einstellungen zu Chemie sowie chemiebezogene Berufswünsche und Freizeitaktivitäten. Jedoch unterschieden sich die Arten ihrer chemiebezogenen Freizeitaktivitäten: Der Schüler aus Gruppe 1 führte Experimente mit einem Familienmitglied durch – eine soziale Interaktion mit Wissenstransfer zwischen Generationen. Die Schülerin aus Gruppe 2 schaute mit einem Familienglied naturwissenschaftliche Fernsehsendungen – eine Aktivität mit gemeinsamem Wissenserwerb und geringerer Interaktion. Der Schüler aus Gruppe 3 ging keinen chemiebezogenen Freizeitaktivitäten nach. Der Schüler aus Gruppe 4 folgte einem YouTuber und erwarb hierdurch Wissen mit virtuellem sozialem Austausch.

Auch bzgl. der Wahrnehmung sprachlicher Fähigkeiten in Chemie zeigte sich kein linearer Trend (Abb. 1b). Wieder wurden Extremfälle verglichen, hier 2 Schülerinnen mit besonders negativer Selbstwahrnehmung aus Gruppe 1 und 4 (Umkreisungen in Abb. 1b). Sie unterschieden sich in ihrem Erleben dessen, was eine sprachliche Schwierigkeit ist: Die Schülerin ohne Chemistry Capital hatte basale Schwierigkeiten und erlebte Chemie als ‚Fremdsprache‘. Die Schülerin mit Chemistry Capital berichtete dagegen von Schwierigkeiten mit Fachtexten. Ihr Erleben von Schwierigkeiten bezieht sich also nur auf komplexe Textsorten.

Bei den Lernzielorientierungen gaben die Mittelwerte Aufschluss. In den Gruppen 1, 3 und 4 waren diese fast gleich für das Kognitionsbedürfnis in Chemie (Abb. 1c). Nur Gruppe 2 (Schüler:innen mit allg. Bildungskapital) zeigten höhere Werte. Möglicherweise hängt das Kognitionsbedürfnis also stärker mit dem allg. Bildungskapital zusammen. Bzgl. der inkrementellen Intelligenztheorie nahmen die Mittelwerte von Gruppe 1 bis 4 ab, was auf einen linearen Zusammenhang hindeutet (Abb. 1d).

Diskussion und Fazit

Entgegen der Erwartungen konnte kein Hinweis auf einen quantitativen Zusammenhang zwischen Chemistry Capital und der Einschätzung der eigenen Leistungen gefunden werden. Jedoch zeigt die Analyse, dass häusliches Chemistry Capital möglicherweise den Referenzrahmen für das Chemie-Selbstkonzept und die Wahrnehmung der sprachlichen Fähigkeiten in Chemie prägt. Dies belegen die sehr unterschiedlichen Wahrnehmungen der Schüler:innen, was eine sprachliche Schwierigkeit für sie darstellt sowie die sehr unterschiedlichen chemiebezogenen Freizeitaktivitäten der Schüler:innen in den unterschiedlichen Chemistry-Capital-Gruppen. Dass Referenzrahmeneffekte bei der Bildung von Selbstkonzepten von zentraler Bedeutung sind, wurde bereits hinlänglich gezeigt – jedoch bezieht sich diese Forschung üblicherweise auf den Referenzrahmen der Schule und der Lerngruppe (Big-Fish-Little-Pond-Effect, Nagengast & Marsh, 2012). Der Referenzrahmen des häuslichen Umfelds scheint jedoch ebenfalls eine wichtige Rolle bei der Wahrnehmung der eigenen Fähigkeiten im Unterricht zu spielen und bedarf deshalb weiterer Forschung.

Danksagung

Dieser Beitrag wurde gefördert durch das Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg, die Pädagogische Hochschule Ludwigsburg, den 2019 ESERA Travel Award und die Forschungsförderung der Pädagogischen Hochschule Ludwigsburg.

Literatur

- Archer, L., Dawson, E., DeWitt, J., Seakins, A., & Wong, B. (2015). "Science capital": A conceptual, methodological, and empirical argument for extending bourdieusian notions of capital beyond the arts. *Journal of Research in Science Teaching*, 52 (7), 922–948.
- Huang, C. (2012). Discriminant and incremental validity of self-concept and academic self-efficacy: A meta-analysis. *Educational Psychology*, 32 (6), 777–805.
- Jansen, M., Schroeders, U., & Lüdtke, O. (2014). Academic self-concept in science: Multidimensionality, relations to achievement measures, and gender differences. *Learning and Individual Differences*, 30 (11), 11–21.
- Makwinya, N. M., & Hofman, R. H. (2015). Gender disparities in sciences: The question of parental influence on children's self-concept and utility-value. *Journal of Education and Practice*, 6 (13), 70–75.
- Marsh, H. W., & Craven, R. G. (2006). Reciprocal effects of self-concept and performance from a multidimensional perspective: Beyond seductive pleasure and unidimensional perspectives. *Perspectives on Psychological Science*, 1 (2), 133–163.
- Nagengast, B., & Marsh, H. W. (2012). Big fish in little ponds aspire more: Mediation and cross-cultural generalizability of school-average ability effects on self-concept and career aspirations in science. *Journal of Educational Psychology*, 104 (4), 1033–1053.
- Taskinen, P. H., Schütte, K., & Prenzel, M. (2013). Adolescents' motivation to select an academic science-related career: The role of school factors, individual interest, and science self-concept. *Educational Research and Evaluation*, 19 (8), 717–733.
- Rüschepöhler, L., & Markic, S. (2020a). Secondary school students' chemistry self-concepts: Gender and culture, and the impact of chemistry self-concept on learning behaviour. *Chemistry Education Research and Practice*, 21 (1), 209–219.
- Rüschepöhler, L., & Markic, S. (2020b). Secondary school students' acquisition of science capital in the field of chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 21 (1), 220–236.
- Rüschepöhler, L., & Markic, S. (2020c). How the home environment shapes students' perceptions of their abilities: The relation between chemistry capital at home and students' chemistry self-concept. *International Journal of Science Education*, 42 (12), 2075–2094.

Simone Rückert¹
Helena van Vorst¹

¹Universität Duisburg-Essen

Herausforderungen mit Gemeinsamem Lernen an beruflichen Schulen

Ausgangslage

Aufgrund unterschiedlicher Schulabschlüsse, Bildungsgänge und Voraussetzungen der Schüler*innen ist am Berufskolleg eine besonders große Heterogenität der Schülerschaft festzustellen. Lehrpersonen an beruflichen Schulen stehen somit vor der Aufgabe, für „individuelle, spezifische Ausgangslagen und Bedarfe passfähige Antworten zu finden und zugleich allgemein anerkannte, vergleichbare Berufsabschlüsse zu ermöglichen“ (Vollmer & Bylinski, 2015). Dies wird umso wichtiger mit Blick auf den demographischen Wandel und den Fachkräftemangel. Beides erfordert eine stärkere Integration aller Menschen in den regulären Arbeitsmarkt (Euler & Severing, 2014; Heinrichs & Reinke, 2019). Zur Umsetzung eines Unterrichts für alle, kann das Konzept des Gemeinsamen Unterrichts (GU)/des Gemeinsamen Lernens (GL), synonym mit einem weiten Inklusionsverständnis, herangezogen werden. Alle Menschen sollen demnach ungeachtet ihrer Herkunft, Sprache, sozioökonomischer Verhältnisse, Religion, Beeinträchtigung oder sonderpädagogischer Förderbedarfe am gleichen Lernort gemeinsam am Lernprozess teilhaben können (Lange, 2017; UNESCO, 2020). Ausgehend von der geringen Forschungslage hinsichtlich Förderbedarfen von Schüler*innen der Berufsschule (Klemm, 2014; Lange & Hendricks, 2016), steht im Fokus dieser explorativen Studie folgende Frage: Welche Unterstützungsbedarfe lassen sich bei der Schülerschaft von Berufskollegs diagnostizieren und welche Rahmenbedingungen herrschen an Berufskollegs im Hinblick auf Gemeinsamen Unterricht? (Schüler*innen- und Lehrer*innenperspektive)

Methode und Instrumente

Es wurden zunächst $N=162$ Schüler*innen von zehn Berufskollegs in Nordrhein-Westfalen im Bereich der dualen Ausbildungen zum*r Friseur*in und zum*r Kosmetiker*in befragt. Der paper-pencil basierte Fragebogen enthielt Likert-skalierte Items auf einer vierstufigen Skala zur Einschätzung der Zugänglichkeit des Unterrichts. Erhobene Kontrollvariablen waren u. a. der Migrationshintergrund, der selbsteingeschätzte Förderbedarf, Berufswahlmotive oder die selbsteingeschätzten Sprachfähigkeiten in Deutsch. Die dazugehörigen Lehrkräfte ($N=17$) wurden mithilfe eines Fragebogens, bestehend aus offenen und wenigen geschlossenen Fragen, ebenfalls in die Untersuchung eingebunden. Es wurden unter anderem Fragen zu Rahmenbedingungen, Förderbedarfen von Schüler*innen oder Diagnosemöglichkeiten gestellt. Die Auswertung der Lehrkräfte-Umfrage erfolgte mithilfe der Grounded Theory Methodology (GTM) (Glaser & Strauss, 1967) in der Software MAXQDA 2022. Ein Ziel der Studie ist die Zusammenführung beider Perspektiven.

Ausgewählte Ergebnisse

Die Stichprobe der Schüler*innen besteht aus $N=162$ Friseur- und Kosmetikauszubildenden, hauptsächlich aus dem zweiten und dritten Ausbildungsjahr. Die Altersspanne reicht von 17

bis 48 Jahren. Ein Migrationshintergrund wird von 58% der Proband*innen angegeben und der höchste Schulabschluss ist mit 35% der Hauptschulabschluss nach Klasse 10. Knapp 78% der Auszubildenden geben einen (selbsteingeschätzten) Förderbedarf aus dreizehn wählbaren Beeinträchtigungen an. Im Sinne eines weiten Inklusionsverständnisses wird hier nicht nur auf diagnostizierte sonderpädagogische Förderbedarfe eingegangen, sondern auch auf andere Beeinträchtigungen. Die meisten Schüler*innen gaben psychosomatische Erkrankungen (Bauch- und Kopfschmerzen, Schlafstörungen, Müdigkeit, schlechte Laune), Schwierigkeiten mit der Sprache, Sehbeeinträchtigungen sowie Lernbeeinträchtigungen an. In der weiteren Analyse wurden die Likert-skalierten Items zur Zugänglichkeit des Unterrichts (n=34) mithilfe einer Faktorenanalyse in vier thematisch zueinander passende Skalen mit guten Reliabilitäten aufgeteilt (Tabelle 1).

Tabelle 1: Ermittelte Skalen der Faktorenanalyse, statistische Daten und Beispielitem.

| Name der Skala | Reliabilität (α) | M | SD | Beispielitem |
|------------------------|---------------------------|------|-----|---|
| Sprache & Verständnis | .860 | 3.26 | .46 | Fachbegriffe werden so erklärt, dass ich sie verstehe. |
| Motivation & Interesse | .833 | 3.32 | .50 | Die Inhalte meiner Ausbildung interessieren mich. |
| Unterrichtsinhalte | .837 | 3.17 | .55 | Neue Informationen werden in für mich bekannte berufliche Kontexte eingebettet. |
| Unterrichtsgestaltung | .765 | 3.22 | .51 | Es werden Objekte zum Anfassen verwendet. |

Ein nächster Analyseschritt umfasste Mittelwertvergleiche (ANOVAs) der erfassten Komponenten für einige Subgruppen der Gesamtpopulation, bezogen auf die angegebenen Förderbedarfe. Besonders herausstellen lässt sich für die Skala Sprache & Verständnis, dass sowohl Schüler*innen mit einem Aufmerksamkeitsdefizitsyndrom (ADS) ($F(1,160) = 17.59$, $p = .000$, $\eta^2 = .099$) als auch mit einer Sprachbeeinträchtigung ($F(1,160) = 12.62$, $p = .001$, $\eta^2 = .073$) und mit einer psychosomatischen Erkrankung ($F(1,160) = 14.62$, $p = .000$, $\eta^2 = .083$) signifikant niedrigere Mittelwerte erzielen. Schüler*innen mit diesen Förderbedarfen bewerteten den Unterricht also in sprachlicher Hinsicht als weniger zugänglich. Für die Skala Motivation & Interesse ergibt sich beim selbsteingeschätzten Förderbedarf im psychosomatischen Bereich ein signifikant niedrigerer Mittelwert im Vergleich zur Restpopulation ($F(1,157) = 12.36$, $p = .001$, $\eta^2 = .073$). Auch bei der Zugänglichkeit der Unterrichtsinhalte beurteilten Schüler*innen mit psychosomatischen Beschwerden den Unterricht schlechter ($F(1,159) = 16.08$, $p = .000$, $\eta^2 = .092$). Bei der Skala Unterrichtsgestaltung ergeben sich signifikante, jedoch kleine Effekte nur bei der Gruppe von Schüler*innen mit psychosomatischen Beeinträchtigungen ($F(1,160) = 6.08$, $p = .015$, $\eta^2 = .037$). Nach Berechnung des Pearson Korrelationskoeffizienten (r) aus den Eta-Quadrat-Werten (η^2) ergeben sich kleine bis mittlere Effektstärken zwischen .19 - .31 nach Cohen (1988, S. 79 f.).

Die dazugehörigen $N=17$ Lehrkräfte sind seit einem bis 32 Jahren im Schuldienst tätig und ihr gemeinsames Fach ist Biotechnik/Körperpflege für den beruflichen Lernfeldunterricht der

Friseur*innen und Kosmetiker*innen. Unter Berücksichtigung der Schritte der Grounded Theory Methodology (GTM) wurden Kategorien für die zwei Hauptthemen der Forschungsfrage „Rahmenbedingungen“ und „Unterstützungsbedarfe“ aus den Umfragen entwickelt. Zum Beispiel nennen die Lehrkräfte zu den Rahmenbedingungen für eine erfolgreiche Umsetzung von GU methodisch-didaktische Rahmenbedingungen, wie Förderprogramme und differenzierten Unterricht, aber auch räumliche und personelle Voraussetzungen, wie etwa eine gute digitale Ausstattung, Barrierefreiheit und Kooperationen innerhalb des Kollegiums. Die ausgeprägte Heterogenität der Schüler*innen zeigt sich laut der Lehrkräfte vor allem bei der Herkunft, Sprache und Kultur sowie der Vorbildung und dem Schulabschluss. Als größte Schwierigkeit bei der Umsetzung sehen die Lehrpersonen die vorherrschenden schlechten Bedingungen an der Schule, aber auch die eigene große Belastung. Neben den vielfältigen Schwierigkeiten, die Lehrkräfte bei der Umsetzung von GU sehen, werden jedoch auch Chancen von GU angeführt. Dazu gehört die Förderung von Toleranz und Akzeptanz für alle Menschen und die Linderung des Fachkräftemangels. Unter erforderlichen Unterstützungsbedarfen wurden zum einen Maßnahmen gesammelt, welche eingeleitet werden müssten, damit Schüler*innen am Berufskolleg erfolgreich sind. Hierzu gehören eine angepasste unterrichtliche Rahmung, z. B. durch kleinere Klassen und Teamteaching, Sprachfördermaßnahmen und Maßnahmen, die das Kollegium betreffen. Zum anderen sind an dieser Stelle auch die Diagnosemaßnahmen der Lehrkräfte aufgeführt. Neben Wissensüberprüfungen und der Überprüfung der Eingangsvoraussetzungen, zählen regelmäßige Gespräche mit allen Beteiligten zu häufig angewendeten Werkzeugen der Diagnose. Die durch die Lehrpersonen genannten Förderbedarfe der Schüler*innen sind sonderpädagogische Bedarfe (Lernen und sozial-emotionale Entwicklung), Verhaltensauffälligkeiten und Sprachschwierigkeiten.

Diskussion und Ausblick

Die befragten Lehrkräfte haben mehrheitlich viel Erfahrung mit GU und halten diesen für ein grundsätzlich sinnvolles Konzept, auch am Berufskolleg. Es werden jedoch hauptsächlich Hürden und Schwierigkeiten bei der Umsetzung, fehlendes Know-how sowie fehlende zeitliche und personelle Ressourcen angeführt. Voraussetzung für eine Umsetzung sind unter anderem mehr zeitökonomische Diagnosewerkzeuge, Methodenpools und Kooperationen im Kollegium, Aus- und Weiterbildung im Bereich GU und Förderprogramme für Schüler*innen. Damit lassen sich Parallelen zwischen der Selbstauskunft der Schüler*innen und der Einschätzung der Lehrkräfte hinsichtlich der Förderbedarfe erkennen. So sind besonders die Förderschwerpunkte emotional-soziale Entwicklung und Lernen, sprachliche Schwierigkeiten und Verhaltensauffälligkeiten zu nennen. Aus den Mittelwertvergleichen lässt sich eine generelle Zufriedenheit der Schüler*innen mit den vier erarbeiteten Unterrichtskomponenten herausstellen, obwohl Schüler*innen mit psychosomatischen Beeinträchtigungen, mit sprachlichen Schwierigkeiten und mit ADS für mehrere oder einzelne Komponenten niedrigere Mittelwerte erreichen. Für einige Schüler*innen mit Beeinträchtigungen beinhaltet der Unterricht demnach noch Barrieren, die Lehrkräfte gezielter adressieren sollten, beispielsweise durch Weiterbildungen im Bereich GU.

Literatur

- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed). L. Erlbaum Associates.
- Euler, D. & Severing, E. (2014). *Inklusion in der beruflichen Bildung: Daten, Fakten, offene Fragen* (Inklusion in der beruflichen Bildung Nr. 1). Gütersloh. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.11586/2017019>.
- Glaser, B. G. & Strauss, A. L. (1967). *The Discovery of Grounded Theory- Strategies for Qualitative Research*. AldineTransaction.
- Heinrichs, K. & Reinke, H. (Hrsg.) (2019). *Wirtschaft – Beruf – Ethik. Heterogenität in der beruflichen Bildung: Im Spannungsfeld von Erziehung, Förderung und Fachausbildung*. wbv.
- Klemm, K. (2014). *Junge Erwachsene mit sonderpädagogischem Förderbedarf in den Berufskollegs des Landes Nordrhein-Westfalen – Bildungsstatistische Analysen und Empfehlungen*. Essen. Verfügbar unter: https://guetersloh.gew-nrw.de/fileadmin/user_upload/Mein_Bildungsbereich_PDFs/Berufskolleg_PDFs/Gutachten-Inklusion-BK-Klaus-Klemm-Datenanalyse.pdf.
- Lange, V. (2017). *Ländervergleich – Inklusive Bildung in Deutschland*. Herausgegeben von der Friedrich-Ebert Stiftung. Verfügbar unter: <https://library.fes.de/pdf-files/studienfoerderung/13493.pdf>.
- Lange, V & Hendricks, R. (2016). *Inklusive Bildung in Nordrhein-Westfalen: Teil 7 des Ländervergleichs*. Verfügbar unter: <https://library.fes.de/pdf-files/studienfoerderung/12388.pdf>.
- Ministerium für Schule und Bildung des Landes NRW. (2022). *Das Schulwesen in Nordrhein-Westfalen aus quantitativer Sicht 2021/22. Statistische Übersicht Nr. 417*. Verfügbar unter: https://www.schulministerium.nrw/system/files/media/document/file/quantita_2021.pdf.
- Vollmer, K. & Bylinski, U. (2015). *Wege zur Inklusion in der beruflichen Bildung*. Heft-Nr. 162. Bundesinstitut für Berufsbildung. Bonn. Verfügbar unter: <https://www.bibb.de/veroeffentlichungen/de/publication/show/7718>.
- UNESCO. (2020). *Towards inclusion in education: status, trends and challenges: The UNESCO Salamanca Statement 25 years on*. Verfügbar unter: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000374246>

Franziska Klautke¹
Heike Theyßen¹

¹Universität Duisburg-Essen

Lernverhalten von Schüler:innen in einer UDL-basierten Lernumgebung

Hintergrund:

Die Schülerschaft wird im Allgemeinen immer heterogener und es gibt zahlreiche Heterogenitätsmerkmale mit denen sie am Unterrichtsgeschehen teilnimmt (Lankers et. al., 2021). Lehrkräfte müssen daher auch den Fachunterricht heterogenitätssensibel gestalten. Um den Bedürfnissen aller Schüler:innen gerecht zu werden, bedarf es verschiedener Unterrichtsmaterialien und -methoden, um eine optimale Förderung zu erreichen (Bönsch, 2012). Für die heterogenitätssensible Gestaltung kann das Konzept des Universal Design for Learning (UDL) als Planungsrahmen genutzt werden (Meyer et. al., 2014). Ein nach dem UDL geplanter Physikunterricht eröffnet Schüler:innen zahlreiche Wahlmöglichkeiten und stellt vielfältige Unterstützungsangebote bereit, beispielsweise durch den Einsatz verschiedener Repräsentationsformen, durch Lernhilfen und Feedback. Die Wahl- und Unterstützungsangebote können von den Lernenden individuell ausgewählt und genutzt werden. Auf diese Weise sollen Barrieren minimiert und die Teilhabe aller Lernenden gesteigert werden (Schlüter et. al., 2016). Inwieweit Schüler:innen mit diesen Wahl- und Unterstützungsangeboten zielführend arbeiten und einen Lernfortschritt erzielen können, ist Gegenstand einer Untersuchung, deren Anlage und Pilotierungsergebnisse im Folgenden vorgestellt werden. Als Unterrichtsgegenstand wurde für diese Untersuchung die Förderung ausgewählter experimenteller Fähigkeiten gewählt.

Das Experimentieren spielt im Physikunterricht eine wesentliche Rolle, da ein großer Anteil der Unterrichtszeit durch das Experimentieren bestimmt wird (z. B. Börlin, 2012). Lehrkräfte stehen vor der besonderen Herausforderung, Schüler:innen neben den Fachinhalten auch methodische Kenntnisse zum Experimentieren zu vermitteln. Um Unterricht zur Förderung experimenteller Fähigkeiten fokussiert zu planen, kann das Modell Experimenteller Kompetenz nach Nawrath und Kolleg:innen (2011) genutzt werden, das sieben Teilfähigkeiten, darunter die Planung eines Experiments und der funktionsfähige Aufbau, unterscheidet. Auf die Förderung dieser Teilfähigkeiten zielt die Lernumgebung ab, die für die Untersuchung des Lernverhaltens von Schüler:innen nach den Vorgaben des UDL konzipiert wurde.

Lernumgebung:

Die Lernumgebung adressiert Schüler:innen der 6. Klassen von Haupt-, Real-, und Gesamtschulen. Die Lernziele beziehen sich auf das Planen und Aufbauen von Experimenten. Die Schüler:innen arbeiten mit einem digitalen Arbeitsbuch, das mit der Plattform tet.folio der FU Berlin (Haase et. al., 2021) entwickelt wurde, und mit Realexperimenten. In dem digitalen Arbeitsbuch wird den Schüler:innen zunächst durch zwei etwa gleichaltrige Protagonisten eine experimentelle Fragestellung sowie die Grundidee des Experiments vorgestellt. Unter Anleitung der beiden Protagonisten durchlaufen die Schüler:innen die weiteren Schritte zum Planen und Aufbauen des Experiments und führen das Experiment als Realexperiment durch. Im Anschluss an das Experiment wird eine Checkliste erarbeitet, auf der die einzelnen Schritte

des Planens und Aufbauens visualisiert sind. Dazu gehört u. a., dass das Experimentiermaterial richtig benannt und ausgewählt wird und dass der fertige Aufbau eines Experiments übersichtlich und sicher sein sollte. Mit Hilfe dieser Checkliste und der einzelnen Checkpunkte wird dann im zweiten Teil ein weiteres Experiment funktionsfähig aufgebaut. Damit alle Schüler:innen eigenständig mit der Lernumgebung arbeiten können, gibt es verschiedene Unterstützungsangebote, welche entlang der UDL-Prinzipien erstellt wurden. In den Aufgaben wählen sie zum Beispiel Experimentiermaterial aus, beschreiben ihr Vorhaben und planen ihre Untersuchung. Zur Unterstützung haben die Lernenden die Möglichkeit, Texte zu lesen oder diese anzuhören, Antworten zu schreiben oder Begriffe zuzuordnen, und sie können Fotos und Videos bei Aufbau und Durchführung der Experimente nutzen. Darüber hinaus gibt es sprachliche Unterstützung, die Einbindung der Protagonisten dient der Motivation und die Checkliste der Unterstützung des eigenständigen Arbeitens.

Forschungsvorhaben:

Im Rahmen der hier skizzierten Untersuchung wird der übergeordneten Frage nachgegangen, inwieweit eine UDL-basierte Lernumgebung das Experimentieren in heterogenen Lerngruppen unterstützen kann und insbesondere, inwieweit die Schüler:innen in der Lage sind, die Wahl- und Unterstützungsangebote zielführend zur Unterstützung des eigenen Lernprozesses – in Folgenden konkret zur Bearbeitung der Aufgaben – zu nutzen.

Pilotierung:

Die Lernumgebung wurde im Rahmen einer Pilotierung mit 56 Schüler:innen von Real-, und Gesamtschulen im Lehr-Lern-Labor der Physikdidaktik der Universität Duisburg-Essen erprobt. Zur Charakterisierung der individuellen Lernvoraussetzungen wurden Lesefähigkeit, Selbstwirksamkeitserwartung bezüglich des Experimentierens, physikbezogenes Selbstkonzept, Mediennutzung sowie Vorkenntnisse zum Experimentieren erhoben. Nach einer Einführung in die Plattform tet.folio und die Aufgabentypen, bearbeiteten die Schüler:innen die Lernumgebung in Partnerarbeit (N=28 Tandems). Dabei konnten sie aussuchen, ob sie als Tandem ein gemeinsames digitales Arbeitsbuch auf einem Tablet nutzen oder individuell mit je einem Tablet arbeiten wollten. Von den 28 Tandems arbeiteten 11 mit jeweils zwei Tablets (Einzelnutzung) und 17 mit einem gemeinsamen Tablet. Zur Analyse der Bearbeitungsprozesse konnten für 32 Tablets Audio- und Bildschirmaufnahmen sowie zusätzlich für 23 Tandems Videoaufnahmen der Realexperimente erfasst werden.

Erste Ergebnisse:

Die Schüler:innen bearbeiteten die Lernumgebung überwiegend eigenständig und nutzen die Unterstützungsangebote. Dabei zeigte sich, dass besonders das eigenständige Kontrollieren der Lösungen sowie das Verwenden der Checkliste stärker angeleitet werden sollte. Im Folgenden werden einzelne Ergebnisse der Pilotierung genauer vorgestellt.

Nutzung der Wahl- und Unterstützungsangebote bei der Benennung und Auswahl der Experimentiermaterialien:

Bevor die Schüler:innen das Experiment aufbauen, werden sie mit dem Experimentiermaterial vertraut gemacht und wählen dieses aus. Dabei sind Fotos der Experimentiermaterialien zu beschriften. Sie können die Bezeichnungen direkt in Textfelder schreiben oder Begriffe den

Fotos zuzuordnen. Wenige Schüler:innen haben beide Bearbeitungsformen gemischt. Wenn mehr als die Hälfte der Beschriftungen in dem Textfeld erfolgten, wurden diese Schüler:innen unter der Methode „Beschriftung Textfeld“ kodiert. Kodiert wurden zudem alle richtigen Antworten, wenn die Bezeichnungen richtig in die Textfelder geschrieben oder geschoben wurden. Als falsch wurde das fehlerhafte Bezeichnen des Materials kodiert. Abbildung 1 zeigt die Ergebnisse der Bearbeitung in Abhängigkeit von der gewählten Bearbeitungsform.

| | Beschriftung Textfeld | Zuordnung Begriffe |
|----------------------|-----------------------|--------------------|
| Richtige Bearbeitung | 12 | 15 |
| Falsche Bearbeitung | 3 | 2 |
| Keine Bearbeitung | 0 | |

Abb. 1: Bearbeitung der Aufgabe „Material Kennenlernen“

Die große Mehrheit der Lernenden hat die Aufgabe unabhängig von der gewählten Bearbeitungsform richtig bearbeitet. Unabhängig vom Erfolg der Bearbeitung wurde die Wahlmöglichkeit breit genutzt, da je etwa die Hälfte der Schüler:innen sich für eine Bearbeitungsform entschieden hat.

Die nachfolgende Aufgabe forderte das Auswählen des Experimentiermaterials für den Aufbau. Dabei konnten die Schüler:innen sich als Unterstützung eine Erklärung durchlesen oder anhören. Eine richtige Bearbeitung wurde kodiert, wenn alle nötigen Materialien korrekt ausgewählt wurden.

| | Mit Unterstützung | Ohne Unterstützung |
|----------------------|-------------------|--------------------|
| Richtige Bearbeitung | 3 | 3 |
| Falsche Bearbeitung | 2 | 13 |
| Keine Bearbeitung | 11 | |

Abb. 2: Bearbeitung der Aufgabe „Material auswählen“ in Abhängigkeit der Nutzung einer Unterstützung

Abbildung 2 zeigt, dass diese Aufgabe überwiegend nicht richtig bearbeitet wurde. Eine Ursache könnte sein, dass das gesamte vorhandene Material angekreuzt wurde. Insbesondere haben viele Schüler:innen, die keine Unterstützung genutzt haben, die Aufgabe falsch bearbeitet.

Ausblick:

Zunächst werden die Prozessdaten inhaltlich genauer analysiert, um z. B. Erkenntnisse bezüglich der Art der Schwierigkeiten und der Gründe für die Nicht-Nutzung von Unterstützungsangeboten abzuleiten. Die Ergebnisse werden bei weiteren Erprobungen aufgegriffen und die Nutzung von Unterstützungsangeboten ggf. besser angeleitet. Im Rahmen der Hauptstudie werden weitere Schulklassen die Lernumgebung bearbeiten. Hier werden zusätzlich Interviews bezüglich des Verständnisses und der Nutzung geführt. Die Ergebnisse zur Akzeptanz und insb. zur Passung der gewählten Angebote sollen schließlich in Bezug zu den Lernvoraussetzungen der Schüler:innen gesetzt werden.

Literatur

- Bönsch, M. (2012). Heterogenität und Differenzierung. Gemeinsames und differenziertes Lernen in heterogenen Lerngruppen. In Grundlagen der Schulpädagogik, Bd. 67, 2, Baltmannsweiler: Schneider-Verlag Hohengehren.
- Börlin, J. (2012). Das Experiment als Lerngelegenheit. Vom interkulturellen Vergleich des Physikunterrichts zu Merkmalen seiner Qualität. Berlin. In Niedderer, H.; Fischler, H.; Sumfleth, E., Studien zum Physik- und Chemielernen. Band 132.
- Haase, S.; Sommerer, M.; Kirstein, J.; Nordmeier, V. (2021). tet.folio: Eine Online-Plattform für die Produktion innovativer Lehr-Lern-Ange
- Lankers, A.; González, L. F.; Schmiemann, P. (2020). Die Vielfalt im Unterricht nutzen. Heterogenität als Herausforderung und Chance. Unterricht Biologie, 463 (45), S. 2-5
- Meyer, A.; Rose, D. H.; Gordon, D. (2014). Universal design for learning. Theory and practice. Wakefield, MA: CAST Professional Publishing an imprint of CAST Inc.
- Nawrath, D.; Maiseyenko, V.; Schecker, H. (2011). Experimentelle Kompetenz – Ein Modell für die Unterrichtspraxis. Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule 60(6), S. 42-48
- Schlüter, A.-K.; Melle, I. & Wember, F. B. (2016). Unterrichtsgestaltung in Klassen des Gemeinsamen Lernens: Universal Design for Learning. Sonderpädagogische Förderung heute 61(3), S. 270-285

Matthias Fischer¹
Manuela Welzel-Breuer¹

¹Pädagogische Hochschule Heidelberg

Straßenjugendliche und naturwissenschaftlicher Unterricht

Problembeschreibung

In Deutschland gibt es ungefähr 37000 Straßenjugendliche (Hoch, 2017). Laut Beierle und Hoch (2017) sind damit „sowohl wohnungs- als auch obdachlose Jugendliche und junge Erwachsene unter [...] 27 Jahren [...] gemeint, die keinen festen Wohnsitz haben oder sich für eine nicht vorhersehbare Zeit abseits ihres gemeldeten Wohnsitzes aufhalten“ (S. 7). Die Lebenslagen der jungen Wohnungslosen sind oftmals äußerst prekär, was z.B. an der vorherrschenden Armut oder den mangelhaften gesundheitlichen Zuständen ersichtlich wird (Flick & Röhsch, 2008; Hoch, 2016). Ein Blick auf die schulischen Erfahrungen von Straßenjugendlichen offenbart weitere Herausforderungen. Selten berichten sie von positiven Erfahrungen bezüglich ihres Schulbesuchs. Vielmehr überwiegen negative Erlebnisse, wie beispielsweise Mobbing oder fehlende Unterstützung durch Lehrkräfte (Beierle, 2017; Bielert, 2006). Darüber hinaus fallen viele Straßenjugendliche durch problematisches Verhalten auf, indem sie sich verweigern, Regeln missachten oder teilweise sogar Schule schwänzen (Fernandez, 2018). Unter diesen Gesichtspunkten ist es wenig verwunderlich, dass die Schulabbruchrate von wohnungslosen SchülerInnen mit 28% fast vier Mal so hoch ist wie der deutsche Durchschnitt (Hoch, 2016; Statistisches Bundesamt, 2022). Aufgrund der negativen Schulerfahrungen und der momentanen Lebenslagen werden nach dem Schulabbruch kaum Schulabschlüsse nachgeholt (Permien & Zink, 1998), obwohl viele Straßenjugendliche dies eigentlich gerne möchten (Beierle, 2017). Die Beschreibung der Situation veranschaulicht, dass Straßenkarrieren und Schulkarrieren im deutschen Regelschulsystem nur schwer miteinander zu vereinen sind. Laut Blumenberg (1999) kann solchen SchülerInnen in Regelschulen „einfach nicht die individuelle Aufmerksamkeit und Beachtung gegeben werden, die für deren schulische Motivierung erforderlich wäre“ (S. 104).

Forschungsstand, Forschungsfragen und Forschungsdesign

Unsere Forschung basiert auf der Annahme, dass Straßenjugendliche durch ihre schulischen Erfahrungen und besonderen Lebenslagen bestimmte Lernvoraussetzungen besitzen, die in Regelschulen nicht immer ausreichend berücksichtigt werden (können). Folglich scheitern die schulischen Karrieren auch häufig. Als Reaktion auf den Wunsch nach Schulabschlüssen, die Ablehnung des Regelschulsystems und die Notwendigkeit von maßgeschneiderten Bildungsangeboten sind in Deutschland Straßenschulen gegründet worden. Dort können Straßenjugendliche unter Berücksichtigung ihrer Lebenslagen und ihrer besonderen Lernvoraussetzungen Bildungsabschlüsse über die Schulfremdenprüfung nachholen. Unseres Wissens gibt es in Deutschland insgesamt zwölf solcher Einrichtungen. Ein Einblick in den Schulalltag von Straßenschulen findet sich in Fischer & Welzel-Breuer (im Druck).

In den Straßenschulen wird unter anderem auch Physik, Chemie und Biologie unterrichtet, da diese Fächer je nach Bundesland Teil der Schulfremdenprüfung sind. Die vorliegende Studie untersucht, welche besonderen Lernvoraussetzungen Straßenjugendliche laut den Lehrkräften und Verantwortlichen der Straßenschulen für und in den naturwissenschaftlichen Unterricht

mitbringen. Außerdem wollen wir herausfinden, wie naturwissenschaftliche Lehrkräfte Straßenjugendliche hinsichtlich dieser Lernvoraussetzungen unterstützen. Zur Beantwortung beider Fragen haben wir leitfadengestützte Interviews mit vierzehn naturwissenschaftlichen Lehrkräften und zehn Verantwortlichen von insgesamt zehn Straßenschulen geführt. Die dabei entstandenen Transkripte haben wir mit Hilfe einer qualitativen Inhaltsanalyse gemäß Kuckartz (2019) ausgewertet. Das so entstandene Kategoriensystem zu den Lernvoraussetzungen beinhaltet drei Ebenen, die sowohl deduktiv und induktiv hergeleitet wurden. Mit Hilfe einer wissenschaftlichen Hilfskraft wurden außerdem die Intercoder-Reliabilitäten für die verschiedenen Ebenen bestimmt. Cohens-Kappa entspricht für die erste Ebene 0.80, für die zweite Ebene 0.78 und für die dritte Ebene 0.82. Nach Wirtz und Caspar (2002) sind die Werte somit sehr gut.

Ausgewählte Forschungsergebnisse

Im Rahmen dieses Beitrags möchten wir uns auf eine in den Interviews ersichtliche Problematik konzentrieren. Fast alle Interviewpartner (23 von 24) berichten davon, dass Straßenjugendliche Schwierigkeiten haben, Lernsituationen im naturwissenschaftlichen Unterricht anzunehmen und anschließend den Lernprozess aufrechtzuerhalten. Dies wird beispielsweise durch folgende Interviewzitate von Lehrkräften offensichtlich:

Also so eine Standardreaktion ist dann auch, wenn irgendwas erstmal nicht klar ist: "Ich kann das ja eh nicht." Und sich dann wieder abwenden. [...] Es sind nun mal auch teilweise Inhalte, da muss man sich eine Zeitlang mit auseinandersetzen, um das zu verstehen. Und diese Konstanz ist häufig am Anfang gar nicht da. (L2 – 74)
Es gibt diejenigen, die von vornherein sagen: „Ich kann das nicht.“ Und die sich dann eher zurückziehen. (L9 – 42)

In den Zitaten wird deutlich, dass Jugendliche in Straßenschulen im naturwissenschaftlichen Unterricht Lernblockaden spüren, die sie daran hindern, die Unterrichtssituation anzunehmen. Außerdem kommt es immer wieder vor, dass sie beim ersten Auftreten von Herausforderungen während der Bearbeitung von Aufgaben aufgeben und sich anschließend zurückziehen. Dieses Verhalten erschwert den betreffenden Jugendlichen eine erfolgreiche Teilnahme am (naturwissenschaftlichen) Unterricht in den Straßenschulen. Wir haben außerdem versucht herauszufinden, welche Ursachen die Interviewpartner für die beschriebene Problematik aufführen. Dabei wurden am häufigsten als Ursache negative Emotionen und Erfahrungen im naturwissenschaftlichen Unterricht (neun Mal), eine geringe Selbstwirksamkeitserwartung sowie ein negatives Selbstkonzept (acht Mal) und fehlendes Interesse für naturwissenschaftliche Inhalte (sechs Mal) angeführt.

Anschließend haben wir die Interviews dahingehend untersucht, wie Lehrkräfte die Jugendlichen gezielt im Hinblick auf die beschriebene Problematik unterstützen, um erfolgreiches Lernen im naturwissenschaftlichen Unterricht zu ermöglichen. Hierbei ist vor allem die Kategorie „methodische und inhaltliche Besonderheiten“ interessant. Interviewpartner gaben an, dass insbesondere ein individualisiertes Vorgehen im Unterricht für Straßenjugendliche vorteilhaft ist, da so einfach auf verschiedene Bedürfnisse eingegangen werden kann. Dazu gehört, dass die Jugendlichen selbständig Pausen machen können, wenn beispielsweise die Konzentration nachlässt. Des Weiteren gaben Interviewpartner an, dass ein vielfältiger Methodeneinsatz für die Jugendlichen vorteilhaft ist. Dabei wurden insbesondere einfache Gespräche zwischen der Lehrkraft und Jugendlichen hervorgehoben, durch die ein

niedrigschwelliger Themeneinstieg ermöglicht werden kann. Zusätzlich können so auch Interessen erkundet und eventuell bereits vorhandenes Vorwissen aktiviert werden. Teilweise äußern die Jugendlichen schon Fragen an die Themen, die dann den roten Faden für den Unterricht darstellen können. Als weitere methodische Unterstützungsmöglichkeiten wurden Experimente sowie Exkursionen genannt. Vor allem überraschende Experimente helfen den Teilnehmenden dabei, Wissen nachhaltig zu verankern. Anforderungen inhaltlicher Art umfassen beispielsweise, dass der Unterrichtsinhalt zwingend an das Vorwissen der SchülerInnen angepasst werden sollte, um so weitere Misserfolgserfahrungen zu verhindern. Das vorhandene Vorwissen kann unter anderem durch einfache Unterrichtsgespräche überprüft werden. In Straßenschulen ist es häufig so, dass es große individuelle Unterschiede im Vorwissen gibt, die im Unterricht berücksichtigt werden müssen. Lehrkräfte sollten zudem auf ihre Nutzung von Fachsprache achten, da sie durch einen zu häufigen bzw. zu frühen Gebrauch von Fachbegriffen die Jugendlichen eher überfordern und sogar abschrecken und folglich im Unterrichtsverlauf verlieren. Eine Alternative wäre, Begriffe für Phänomene schrittweise einzuführen und den Jugendlichen beispielsweise zu erlauben, eigene Wörter für physikalische Größen zu erfinden, die dann nach und nach durch die tatsächlichen Fachbegriffe abgelöst werden. Der Inhalt sollte von Lehrkräften außerdem möglichst anschaulich aufbereitet werden. Das bedeutet auch, dass zu abstrakte oder theoretische Zugänge vermieden werden und eher sinnstiftende und interessante Kontexte gewählt werden. Diese können zum Beispiel an den in Gesprächen erhobenen Interessen oder Fragen der Teilnehmenden orientiert werden. Falls es den Lehrkräften gelingt, das Interesse der Straßens Jugendlichen zu wecken, führt dies oftmals zu einer starken intrinsischen Motivation, wie das folgende Zitat zeigt:

Wenn man das eine goldene Thema findet, dann hat man schon gewonnen. Wenn man merkt: „Das Thema ist es, das macht er von ganz allein.“ Dann braucht man auch als Lehrer gar nicht so viel machen, weil dann kommen die Fragen von selbst. Und dann braucht es ein offenes Ohr. Man muss das irgendwie hinbekommen, sich auf die Suche nach so einem Thema zu begeben und das ist nicht ganz so leicht. Aber wenn man das Thema findet, was die Leute begeistert, dann ist die Stärke auf jeden Fall, dass die Eigenverantwortung durch die Decke geht. (L6 – 72)

Folgerungen

Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, dass Straßens Jugendliche Schwierigkeiten haben, sich auf naturwissenschaftlichen Unterricht einzulassen und einmal angefangene Lernprozesse aufrechtzuerhalten. Diese Beobachtungen finden sich auch in der Literatur zu nicht-naturwissenschaftlichen Lernsituationen mit Straßens Jugendlichen wieder (siehe z.B. Lappe, Bauer & Brüning, 2007; Archut & Bollow, 2004). Allerdings machen die Interviews auch deutlich, dass es Möglichkeiten gibt, Straßens Jugendliche adäquat im naturwissenschaftlichen Unterricht zu unterstützen. Sind erste Schwierigkeiten überwunden, zeigen sie oftmals eine starke intrinsische Motivation, die überaus wertvoll für jeden Lernprozess ist. Lehrkräfte sollten deswegen zu jeder Zeit versuchen, Straßens Jugendliche dahingehend zu unterstützen, dass vorhandene Blockaden überwunden werden und durch Interesse sowie erste Lernerfolge ihre intrinsische Motivation geweckt wird.

Danksagung

Wir möchten der Hanns-Seidel-Stiftung danken, dass sie das Promotionsprojekt finanziell durch ein Stipendium mit Mitteln des BMBF unterstützt.

Literatur

- Archut, T., & Bollow, B. (2004). Handlungsorientierter Unterricht und Gestaltpädagogik als methodische Bausteine. In B. Herz (Ed.), „Um das Lernen nicht zu verlernen“. Niedrigschwellige Lernangebote für Jugendliche in Straßenszene. Münster, New York, München, Berlin: Waxmann. 65-77
- Beierle, S. (2017). Praxisbericht zur Projektarbeit mit Straßenjugendlichen. Erkenntnisse aus den Modellprojekten des Innovationsfonds (des Kinder- und Jugendplans) im Bereich Jugendsozialarbeit (2014 - 2016). Halle / Saale: Deutsches Jugendinstitut. https://www.dji.de/fileadmin/user_upload/bibs2017/Praxisbericht_Innofonds_Stra%C3%9Fenjugendliche.pdf (10/22)
- Beierle, S., & Hoch, C. (2017). Straßenjugendliche in Deutschland. Forschungsergebnisse und Empfehlungen. München: Deutsches Jugendinstitut. <https://www.dji.de/ueber-uns/projekte/projekte/strassenjugendliche-in-deutschland/projekt-publikationen.html> (10/22)
- Bielert, D. (2006). Straßenkarrieren von Kindern und Jugendlichen: Wenn es passiert ist ...; Erklärungen aus Sicht der Jugendlichen und Hilfestellung für ihre Eltern (Dissertation). Hamburg: Universität Hamburg. <https://ediss.sub.uni-hamburg.de/bitstream/ediss/1484/1/Bielertdissertation.pdf> (10/22)
- Blumenberg, F. J. (1999). Gespräche am „Runden Tisch“: Möglichkeiten zur Entwicklung und Begleitung von Angeboten für schulisch ausgegrenzte Kinder und Jugendliche. In U. v. Dücker, J. Walter, & F. J. Blumenberg (Eds.), „Wir wollen mitreden!“ Aus Straßen-"Karrieren" lernen; familiär und schulisch ausgegrenzte Kinder und Jugendliche gestalten ihre Schule. Frankfurt/M.: IKO-Verlag für Interkulturelle Kommunikation.
- Fernandez, K. (2018). Wohninstabile Jugendszenen: eine ethnographische Grounded-Theory-Studie zur Exploration der Verlaufsprozesse von Straßenkarrieren. Weinheim: Beltz Verlagsgruppe.
- Fischer, M., & Welzel-Breuer, M. (im Druck). Die Rolle von naturwissenschaftlicher Bildung in deutschen Straßenschulen. Internetzeitschrift: PhyDid B – Didaktik der Physik – Beiträge zur Frühjahrstagung 2022.
- Flick, U., & Röhnisch, G. (2008). Gesundheit auf der Straße. Gesundheitsvorstellungen und Umgang mit Krankheit im Kontext von Jugendobdachlosigkeit. Weinheim: Juventa-Verlag.
- Hoch, C. (2016). Straßenjugendliche in Deutschland - eine Erhebung zum Ausmaß des Phänomens. Zwischenbericht - zentrale Ergebnisse der 1. Projektphase. Halle: Deutsches Jugendinstitut. https://www.dji.de/fileadmin/user_upload/bibs2016/Bericht_Strassenjugendliche_2016.pdf (10/22)
- Hoch, C. (2017). Straßenjugendliche in Deutschland - eine Erhebung zum Ausmaß des Phänomens. Endbericht - zentrale Ergebnisse der 2. Projektphase. Halle: Deutsches Jugendinstitut. https://www.dji.de/fileadmin/user_upload/bibs2017/Strassenjugendliche_Endbericht.pdf (10/22)
- Kuckartz, U. (2018). Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung. Weinheim, Basel: Beltz Juventa.
- Lappe, L., Bauer, K., & Brüning, C. (2007). Fallbeispiel eines Grenzfalles sonderpädagogischer Arbeit oder Lehrstück für den sonderpädagogischen Professionalisierungsprozess? In B. Herz (Ed.), Lernbrücken für Jugendliche in Straßenszenen. Münster: Waxmann Verlag. 47-67.
- Permien, H., Zink, G. (1998). Endstation Straße? Straßenkarrieren aus der Sicht von Jugendlichen. München: Deutsches Jugendinstitut.
- Statistisches Bundesamt (2022c). Absolventen und Abgänger: Deutschland, Schuljahr, Geschlecht, Schulart, Schulabschlüsse. <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online?language=de&sequenz=tabelleErgebnis&selectionname=21111-0004#abreadcrumb> (10/22)
- Wirtz, M., & Caspar, F. (2002). Beurteilerübereinstimmung und Beurteilerreliabilität. Hogrefe.

Johannes Schulz¹
Burkhard Priemer¹

¹Humboldt-Universität zu Berlin

Entwicklung eines Messinstruments zur Erfassung von Kompetenzen im Umgang mit Messunsicherheiten

Für die Arbeit in Naturwissenschaften und Technik ist der Umgang mit Messunsicherheiten essentiell. Genauer formuliert (Möhrke et al. 2018): „Der Umgang mit Messunsicherheiten ist in den experimentellen Naturwissenschaften von zentraler Bedeutung, da erst sie ein Ergebnis bewert- und vergleichbar machen.“ Weiterhin ist bekannt, dass Schüler*innen und Studierende oftmals Schwierigkeiten im Umgang mit Messunsicherheiten haben (Priemer & Hellwig 2018; Ludwig, Priemer & Lewalter 2018). Um diesen Schwierigkeiten zu begegnen, sind geeignete Instruktionen notwendig. Deren Wirksamkeit - operationalisiert durch Kompetenzen - muss wiederum evaluiert werden können. Mit diesem Beitrag soll dazu ein Testinstrument vorgestellt werden, das Kompetenzen im Umgang mit Messunsicherheiten auf Basis des Sachstrukturmodells nach Hellwig (2012) zielgenau erfassen kann.

Grundlagen und Forschungsfragen

Hellwig (2012) stellt ein durch Expert*innen aus dem Messwesen validiertes Sachstrukturmodell im Bereich Messunsicherheiten vor, das das Themenfeld in vier Dimensionen und zehn Konzepte gliedert (vgl. Abb. 1). Diese Konzepte teilen sich weiter in Unterasspekte auf.

| | | | |
|---|--|---|---|
| Grundsätzliche Existenz von Messunsicherheiten | Ursachen der Messunsicherheit | Einfluss auf das Messwesen | Ziel der Messung |
| | Unterscheidung zw. Messunsicherheit und Messabweichung | | Ergebnis der Messung |
| Aussagekraft | Verlässlichkeit der Messung und ihres Ergebnisses | Erfassung von Messunsicherheiten | Erfassung einer Unsicherheitskomponente bei direkter Messung |
| | Vergleich von Messwerten | | Zusammensetzung der Messunsicherheit aus mehreren Komponenten |
| | Regression | | Erweiterte Messunsicherheit |

Abb.1: Auszug aus dem Sachstrukturmodell nach Hellwig (2012)

Auf dieser Basis wurde u.a. die folgende Forschungsfrage formuliert:

1. Inwiefern lassen sich die zehn Konzepte des (unreduzierten) Sachstrukturmodells nach Hellwig (2012) in Form von Kompetenzen beschreiben, operationalisieren und messen?

Methode

In einem ersten Schritt wurden zur Beantwortung der Forschungsfragen zu den einzelnen Konzepten des Sachstrukturmodells Kompetenzen formuliert. Anschließend wurden die Kompetenzen durch Testaufgaben operationalisiert. Hier wurde auf eine möglichst breite inhaltliche Abdeckung der Konzepte nach Hellwig (2012) geachtet, sowie möglichst ein

großes Spektrum von Kontexten, Feldern der Physik, verschiedener gängiger Darstellungen und Repräsentationen integriert. In den Items wurde außerdem versucht, sowohl theoretische Inhalte als auch konkrete Experimentiersituationen abzudecken. In der Formulierung folgt die Entwicklung der Items weitestgehend den Empfehlungen von Haladyna (2004) und Downing und Haladyna (2006). Insgesamt wurden auf diese Weise 145 Testaufgaben formuliert, so dass zu jedem Konzept nach Hellwig (2012) 10-15 Items zur Verfügung stehen. In einem zweiten Schritt wurde dann zur Validierung eine Teilmenge von 35 Testaufgaben sechs Expert*innen vorgelegt. Diese sollten die Testaufgaben den formulierten Kompetenzen zuordnen. Zusätzlich gab es für die Expert*innen die Möglichkeit, Testaufgaben als nicht zuordenbar zu markieren. In einem letzten Schritt wurden die Testaufgaben mit 1299 Studierenden in der Anfangsphase des Studiums pilotiert. Dabei enthielt ein Testheft jeweils Testaufgaben zu zwei verschiedenen Konzepten innerhalb einer Dimension nach Hellwig (2012). Diese Zusammensetzung war gleichmäßig permutiert, ebenso wurden die Testaufgaben in der Hälfte der Testhefte in umgekehrter Reihenfolge gestellt. Weiterhin wurde den Testaufgaben eine Seite mit Erläuterungen und den wesentlichen Regeln im Themenfeld vorangestellt, um eine einheitliche Sprachgrundlage zu schaffen und möglicherweise unklare Begriffe zu erläutern.

Ergebnisse

Zur Auswertung des Expert*innenratings wurden die Übereinstimmungen für die einzelnen Testaufgaben betrachtet, aber auch das Antwortverhalten der Expert*innen auf mögliche Unterschiede untersucht. In letzterem traten keine Besonderheiten derart auf, dass die Rater*innen systematisch voneinander abweichen würden. Zur Übereinstimmung der Zuordnung wurden die Kennwerte Fleiss Kappa, Congers Kappa und Lights Kappa herangezogen. Alle diese Werte deuten mit Werten über 0.86 auf eine sehr hohe Übereinstimmung der Rater*innen hin.

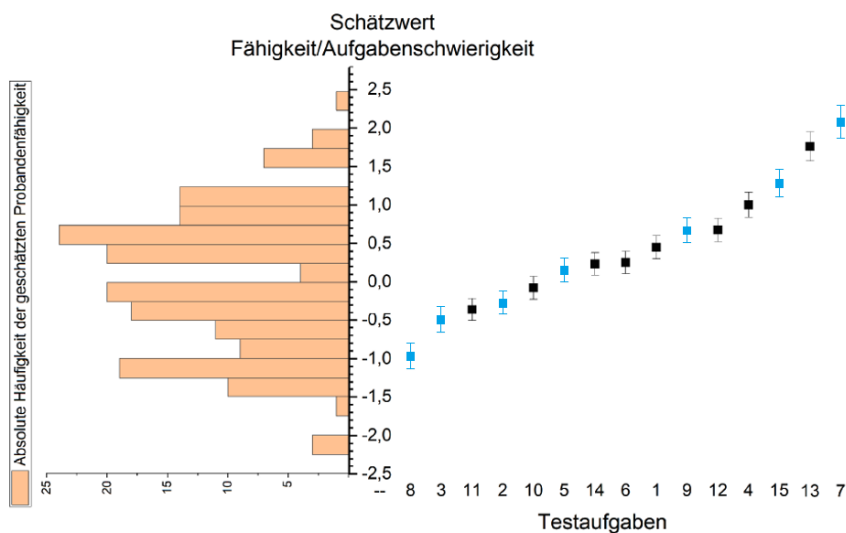


Abb. 2: Wright-Map zum Konzept „Ursachen der Messunsicherheit“

Die Ergebnisse der Erhebung mit Studierenden zu den einzelnen Konzepten des Sachstrukturmodells wurden mit Hilfe des dichotomen Rasch-Modells ausgewertet und Modellparameter wie z.B. die Aufgabenschwierigkeit, Reliabilität, MNSQ, Wright-Map bestimmt. Weiter wurden zur Eignung der Testaufgaben Wald-Tests in verschiedenen Teilungsgruppen (Mittelwert, Geschlecht, Fachsemester, Alter und Reihenfolge der Testaufgaben) geprüft und die lokale stochastische Abhängigkeit der Testaufgaben mit Hilfe der Q3-Parameter untersucht. Schlussendlich wurden auch die Distraktoren der einzelnen Testaufgaben auf mögliche Besonderheiten, wie z.B. eine besonders seltene Auswahl durch die Proband*innen, untersucht. Auf Basis dieser Parameter wurde schlussendlich eine Empfehlung für die Verwendung der Testaufgaben erarbeitet. Ein Beispiel für eine solche Empfehlung für das Konzept „Ursachen der Messunsicherheit“ findet sich in Abb. 2, die blau markierten Testaufgaben stellen dabei die Empfehlung auf Basis der erhobenen Parameter dar, die Verteilung der inhaltlich repräsentierten Unterasspekte des Sachstrukturmodells bleibt dabei in dieser Auswahl erhalten.

Insgesamt konnten bei einer EAP-Reliabilität von 0.61 – 0.81 zu jedem Konzept des Sachstrukturmodells geeignete Testaufgaben identifiziert werden. Eine Übersicht über die Konzepte ist in Tab. 1 dargestellt.

Tab. 1: Übersicht über die empfohlenen Testaufgaben zu den Konzepten

| Testinstrument zum Konzept nach Hellwig 2012 | Anzahl der empfohlenen Testaufgaben | EAP-Reliabilität |
|--|--|-------------------------|
| Ursachen der Messunsicherheit des | 7 | 0.61 |
| Unterscheidung zwischen Messunsicherheit und -abweichung | 8 | 0.81 |
| Verlässlichkeit der Messung | 7 | 0.76 |
| Vergleich von Messwerten | 10 | 0.80 |
| Regression | 9 | 0.61 |
| Ziel der Messung | 12 | 0.70 |
| Ergebnis der Messung | 7 | 0.72 |
| Erfassung einer Unsicherheitskomponente bei direkter Messung | 8 | 0.66 |
| Zusammensetzung der Messunsicherheit | 9 | 0.77 |
| Erweiterte Messunsicherheit | 9 | 0.64 |

Fazit

Mit der vorgestellten Arbeit werden auf der Basis des Sachstrukturmodells nach Hellwig (2012) Kompetenzen formuliert und ein zugehöriges Testinstrument zur Verfügung gestellt. Dieses ist theoriegeleitet entwickelt und kann auf insgesamt zehn Skalen verschiedene Aspekte von Kompetenzen im Umgang mit Messunsicherheiten erfassen. Das Testinstrument liefert damit ein Verfahren, die Wirksamkeit von Lernumgebungen zu evaluieren, und legt eine Möglichkeit für mögliche Kompetenzstrukturen im Bereich der Messunsicherheiten nahe, aus denen in Zukunft möglicherweise ein Kompetenzmodell für diesen Bereich entwickelt werden könnte. Details zu der dargestellten Testentwicklung sind in Schulz (2022) zu finden.

Literatur

- Möhrke, P., Pampel, B., & Runge, B.-U. (2018). Konzepte Studierender zur Unsicherheit von Messdaten. *PhyDid B - Didaktik Der Physik - Beiträge Zur DPG-Frühjahrstagung*, 1. Abgerufen von <https://ojs.dpg-physik.de/index.php/phydid-b/article/view/872>
- Priemer, B., & Hellwig, J. (2018). Learning About Measurement Uncertainties in Secondary Education: A Model of the Subject Matter. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 16(1), 45–68. <https://doi.org/10.1007/s10763-016-9768-0>
- Ludwig, T., Priemer, B., & Lewalter, D. (2018). Decision-making in uncertainty-infused learning situations with experiments in physics classes. In *Proceedings of the Tenth International Conference on Teaching Statistics (ICOTS10, July, 2018)*. Kyoto, Japan: Voorburg, The Netherlands: International Statistical Institute.
- Hellwig, J. (2012). *Messunsicherheiten verstehen: Entwicklung eines normativen Sachstrukturmodells am Beispiel des Unterrichtsfaches Physik* (Doktorarbeit). Ruhr-Universität, Bochum
- Haladyna, T.M. (2004). *Developing and Validating Multiple-choice Test Items* (3rd ed.). Routledge. doi: <https://doi.org/10.4324/9780203825945>
- Haladyna, T.M., & Downing, S.M. (Eds.). (2006). *Handbook of Test Development* (1st ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203874776>
- Schulz, J. (2022). *Entwicklung eines Testinstrumentes zur Erfassung von Kompetenzen im Umgang mit Messunsicherheiten* (Doktorarbeit), Humboldt-Universität, Berlin. doi: <http://dx.doi.org/10.18452/23957>

Karel Kok¹
Burkhard Priemer¹

¹Humboldt-Universität zu Berlin

Einführung von Messunsicherheiten im Unterricht

Bei wiederholten Messungen in einem Experiment führen Messunsicherheiten zu einer Varianz in den Messwerten. Oftmals denken die Schüler*innen, dass wiederholte Messungen durchgeführt werden, um einen Mittelwert zu berechnen und dass dieser Mittelwert den „wahren“ Wert des Experiments darstellt. Dies spiegelt eine Punktvorstellung (point-paradigm) der Daten wider (Buffler et al., 2001). Die Varianz in den Messwerten wird hier als (vermeidbarer) Fehler in einem Experiment gesehen. Um die Schüler*innen zu einer Datenbetrachtung im Sinne einer Mengenvorstellung (set-paradigm) zu führen, bei der sie die Varianz korrekt als einen Aspekt der Qualität ihrer Daten und den Mittelwert als beste Schätzung interpretieren, müssen Konzepte der Messunsicherheiten angewendet werden. Viele Schüler*innen haben jedoch Schwierigkeiten mit den Konzepten von Messunsicherheiten (Buffler et al., 2001; Hull et al., 2020; Kok et al., 2019; Kok, 2022; Priemer und Hellwig, 2018). Das Thema Messunsicherheiten wurde zwar kürzlich in den Bildungsstandards im Fach Physik für die allgemeine Hochschulreife (siehe KMK 2020) eingebettet, allerdings wird es in der Schule vermutlich noch eher selten unterrichtet (Kok, 2022; Möhrke, 2020; Priemer und Hellwig, 2018).

In einem Projekt haben wir eine digitale Lernumgebung entwickelt, welche auf dem reduzierten Sachstrukturmodell der Messunsicherheiten von Hellwig (2012) basiert. Diese Lernumgebung hat den gleichen Lernerfolg für die 8. und für die 11. Klasse (Kok, 2022) gezeigt. Eines der Probleme, die die Schüler*innen haben, ist die Berechnung der Unsicherheit, z. B. mit der Standardabweichung (Hellwig, 2012; Séré et al., 1993). Aus diesem Grund haben wir uns in unserer Lernumgebung für ein einfacheres Unsicherheitsmaß entschieden. Alternativ könnte die Berechnung der Standardabweichung automatisiert werden, jedoch bliebe das Verfahren dann für die Schüler*innen eine schwer zu durchschauende Black Box (Zangl und Hoermaier, 2017).

Es bietet sich also an, alternative Quantifizierungen für die Streuung der Messwerte zur Bestimmung der Messunsicherheit zu betrachten, die einfacher zu berechnen sind als die Standardabweichung.

Vergleich alternativer Maße zur Quantifizierung der Unsicherheit

In Kok und Priemer (2022) haben wir alternative Maße verglichen. Der Vergleich wird in Bezug auf die mathematische Komplexität und die statistische Qualität gezogen. Mit Komplexität meinen wir, welche mathematische Kenntnisse die Schüler*innen benötigen, um diesen Wert zu berechnen. Mit Qualität meinen wir, wie stark dieses Unsicherheitsmaß im Vergleich zu der Standardabweichung abweicht. Wir haben folgende vier alternative Unsicherheitsmaße in unserem Vergleich berücksichtigt:

- *Maximalabstand*: der größte Abstand des Mittelwerts zu allen Werten der Messreihe.
- *Ausschließen von Extremwerten*: wie *Maximalabstand*, aber ohne den größten und kleinsten Wert der Messreihe (ein Extremwertepaar).

- *Mittlere 50%*: wie *Ausschließen von Extremwerten*, aber nun werden solange Extremwertepaare ausgeschlossen, sodass mindestens noch die Hälfte der Messwerte übrig bleiben.
- *Mean Absolute Deviation (MAD)*: oder mittlere absolute Abweichung; dies ist der Mittelwert aller Abstände von Messwert zu Mittelwert, sie wird berechnet durch:

$$u_{\text{MAD}} = \frac{1}{N} \sum_i^N |x_i - \bar{x}|, \quad (1)$$

wobei N die Anzahl der Messungen, x_i die jeweiligen Messwerte und \bar{x} der Mittelwert ist.

Für den Vergleich haben wir eine Monte-Carlo Simulation erstellt (für Details siehe Kok und Priemer, 2022). Dazu wurden Datensätze mit 4 bis 20 Messwerten zufällig aus einem Datenpool gezogen, die vier alternativen Unsicherheitsmaße und die Standardabweichung berechnet und mit der bekannten Standardabweichung der Simulation verglichen. Das Vergleichsmaß ist das mean uncertainty deviation, welches beschreibt, wie viele Standardabweichungen ein alternatives Unsicherheitsmaß von der bekannten Standardabweichung der gesamten Simulation abweicht.

Das Fazit des Vergleichs ist, dass mit zunehmender Komplexität des Unsicherheitsmaßes dessen Qualität zunimmt.

Da die Analyse eines Messergebnisses unabhängig vom gewählten Unsicherheitsmaß erfolgen kann, bietet sich eine Sequenzierung an, welche mit einem Unsicherheitsmaß niedriger Komplexität (und geringer Qualität) beginnt. Somit liegt der Fokus zunächst auf den Konzepten der Messunsicherheiten und nicht auf deren Berechnung. Diese Sequenzierung kann bereits in der 8. Klasse beginnen und im Sinne eines Spiralcurriculums bis zur Oberstufe weitergeführt werden (siehe auch Kok und Priemer, angenommen).

Sequenzierung

Die von uns vorgeschlagene Sequenzierung fängt mit dem *Maximalabstand* an. Der Vorteil dieses Maßes ist die geringe mathematische Komplexität. Nachteil ist jedoch, dass es zu einer großen Überschätzung der Unsicherheit wegen des großen Einflusses von Ausreißern führt.

Das Konzept Ausreißer (auch Teil des Sachstrukturmodells, Hellwig, 2012) lässt sich somit gut thematisieren und ein neues, qualitativ besseres Maß, *Ausschließen von Extremwerten*, könnte eingeführt werden. Dieses weist noch immer eine geringe mathematische Komplexität auf. Zudem hat sich in unserer Simulation gezeigt, dass dieses Maß für Datensätze mit $N=8$ Messwerten häufig den gleichen Wert wie die Standardabweichung selbst erzeugt. Bei größeren Werten von N haben Ausreißer jedoch erneut einen großen Einfluss.

Um den Einfluss der Anzahl der Messwerte zu reduzieren, kann das Unsicherheitsmaß der *Mittleren 50%* eingeführt werden. Hier haben Ausreißer einen geringen Einfluss. Nachteil ist, dass die Hälfte der Messwerte verworfen wird. Dies nährt Zweifel bei Schüler*innen an der Sinnhaftigkeit des Vorgehens.

Das *MAD* bietet für dieses Problem einen Ausweg. Alle Werte werden verwendet und der Einfluss von Ausreißern wird ausgeglichen. Obwohl es mathematisch komplexer als die *Mittleren 50%* ist, liegt es dennoch sehr nah an der Berechnung des Mittelwerts. Des Weiteren

ist es konzeptuell einfach zu verstehen: die mittlere absolute Abweichung aller Messwerte zum Mittelwert. Das *MAD* entspricht jedoch nicht dem wissenschaftlichen Standard. Am Ende der Sequenzierung wird die Standardabweichung thematisiert. Hierzu müssen auch die Konzepte der Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion und die Normalverteilung von Messwerten thematisiert werden.

Unterschiedliche Schlussfolgerungen bei unterschiedlichen Maßen

Anzumerken ist, dass die unterschiedlichen Unsicherheitsmaße zu unterschiedliche Werten führen. Somit könnten sich bei der Auswertung eines Datensatzes in Abhängigkeit vom gewählten Unsicherheitsmaß unterschiedliche Schlussfolgerungen ergeben.

Abbildung 1 zeigt z. B., dass das Messergebnis mit *Maximalabstand* als Unsicherheitsmaß mit einem Referenzwert verträglich ist. Wird jedoch das *MAD* verwendet, so gibt es keine Verträglichkeit zum Referenzwert, obwohl auch dieses Messergebnis mit dem gleichen Datensatz berechnet worden ist. Das Gleiche kann auch auftreten, wenn zwei Messergebnisse verglichen werden (siehe Abb. 2).

Fazit

Die vorgeschlagene Sequenzierung bietet eine Möglichkeit, das Thema Messunsicherheiten zu behandeln, wobei der Fokus auf den Konzepten und nicht auf der mathematischen Berechnung liegt. Während der Sequenzierung—die bereits in der 8. Klasse begonnen werden kann—können die jeweiligen Konzepte der Messunsicherheiten thematisiert werden, die das Unsicherheitsmaß verbessern.

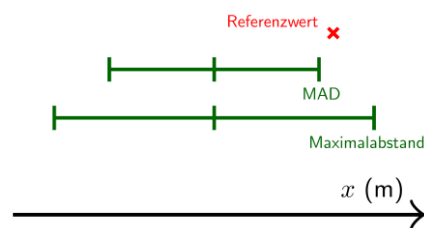


Abb. 1 Das Messergebnis (grüne Balken) ist verträglich mit den Referenzwert (rotes Kreuz), wenn der Maximalabstand gewählt wird; mit den *MAD* ist das nicht der Fall.

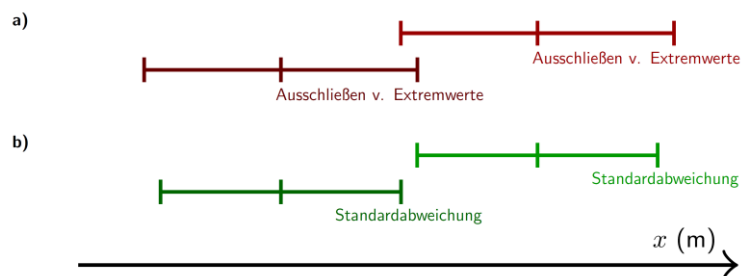


Abb. 2 a) Die zwei Messergebnisse (rot, dunkel rot) überschneiden sich, wenn das Ausschließen von Extremwerten angewendet wird, und sind somit verträglich. b) Die zwei Messergebnisse (grün, dunkel grün) überschneiden sich nicht, wenn die Standardabweichung angewendet wird, und sind somit nicht verträglich.

Literatur

- Buffler, A., Allie, S., & Lubben, F. (2001). The development of first year physics students' ideas about measurement in terms of point and set paradigms. *International Journal of Science Education*, 23(11), 1137–1156. <https://doi.org/10.1080/09500690110039567>
- Hellwig, J. (2012). *Messunsicherheiten verstehen: Entwicklung eines normativen Sachstrukturmodells am Beispiel des Unterrichtsfaches Physik* [Dissertation, Ruhr-Universität].
- Hull, M. M., Jansky, A., & Hopf, M. (2020). Probability-related naïve ideas across physics topics. *Studies in Science Education*, 57(1), 45–83. <https://doi.org/10.1080/03057267.2020.1757244>
- Kok, K. (2022). *Certain about uncertainty—What students need to know about measurement uncertainties to compare data sets*. [Dissertation, Humboldt-Universität]. <https://doi.org/10.18452/24782>
- Kok, K., & Priemer, B. (2022). Comparing Different Uncertainty Measures to Quantify Measurement Uncertainties in High School Science Experiments. *International Journal of Physics and Chemistry Education*, 14(1), 1–9. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2205.04102>
- Kok, K., & Priemer, B. (angenommen). Messunsicherheiten quantifizieren: Welche Maße gibt es dafür? *MNU Journal*.
- Kok, K., Priemer, B., Musold, W., & Masnick, A. (2019). Students' conclusions from measurement data: The more decimal places, the better? *Physical Review Physics Education Research*, 15(1), 010103. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.15.010103>
- Möhrke, P. (2020). Messunsicherheiten im Physikunterricht—Befragung von Lehrkräften in Baden-Württemberg. In S. Habig (Ed.), *Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen* (Vol. 46, pp. 876–879). Universität Duisburg-Essen.
- Priemer, B., & Hellwig, J. (2018). Learning About Measurement Uncertainties in Secondary Education: A Model of the Subject Matter. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 16(1), 45–68. <https://doi.org/10.1007/s10763-016-9768-0>
- Séré, M., Journeaux, R., & Larcher, C. (1993). Learning the statistical analysis of measurement errors. *International Journal of Science Education*, 15(4), 427–438. <https://doi.org/10.1080/0950069930150406>
- Zangl, H., & Hoermaier, K. (2017). Educational aspects of uncertainty calculation with software tools. *Measurement*, 101, 257–264. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2015.11.005>

Sarah Hohrath¹
 Heiko Krabbe¹
 Sandra Aßmann¹

¹Ruhr-Universität Bochum

Konzeptentwicklung durch Experimentieren im Schülerlabor

Einleitung

Schülerlabore als non-formale Lernorte geben den Schülerinnen und Schülern die Möglichkeit sowohl neue Inhalte als auch wissenschaftliche Vorgehensweisen zu erlernen. Sie können in Schülerlaboren wie Forschende agieren und in einer authentischen Lernumgebung eigenständig Erfahrungen während des Arbeitens sammeln (Euler & Schüttler, 2020; Sommer, Wirth & Rummel, 2018). Hierdurch wird es möglich, dass die Schülerinnen und Schüler wenig Vorgaben erhalten, um möglichst ähnlich wie Forschende agieren zu können. Klassische Schülerlaborprojekte nehmen hierbei trotzdem ein explizites Lernziel in den Blick, das jedoch nicht Teil des Schulcurriculums sein muss. In der Physik kann dabei ein forschendes Vorgehen durch die Möglichkeit zum selbstständigen Experimentieren angeregt werden.

Experimente sind wichtig für den Erwerb von konzeptionellen Wissen (von Aufschnaiter & Rogge, 2010). Sie unterstützen ein exploratives Lernen, bei dem notwendige eigenständige Erfahrungen gemacht werden (Euler & Schüttler, 2020; Girwidz, 2015). Die Schülerinnen und Schüler sollen während des Experimentierens zu hands-on minds-on angeregt werden (z. B. Hofstein & Lunetta, 2004). Dazu müssen sie eigenständig einen Experimentierprozess planen, durchführen, überwachen, regulieren und evaluieren. Dies kann herausfordernd für die Schülerinnen und Schüler sein (z. B. White, Frederiksen & Collins, 2009), sodass sie während des Experimentierprozesses Unterstützung benötigen. Diese Unterstützung kann durch eine Variation des Anleitungsgrades geschaffen werden (z. B. Girwidz, 2015), indem die Schülerinnen und Schüler mehr oder weniger Anleitung während des Experimentierens erhalten, auf die sie zurückgreifen können.

In unserer Studie unterschieden wir zwischen *selbstbestimmtem* und *angeleitetem* Experimentieren. Beide Interventionen hatten als Ziel des Experimentierprozesses das Phänomen der Sonnentaler (Schlichting, 1995) anhand von Modellexperimenten zu untersuchen. Die Schülerinnen und Schüler erhielten hierfür die identischen Fragestellungen, Materialien und Zeitvorgaben. Der Unterschied lag darin, dass die *angeleitet* experimentierenden Schülerinnen und Schüler die Planung von fünf Experimenten vorgegeben hatten und das letzte frei planen durften, während die *selbstbestimmt* Experimentierenden alle sechs Experimente selbst festlegen und dabei idealerweise auf zuvor gemachte Beobachtungen und daraus resultierenden neuen Ideen reagieren konnten. Anzumerken ist, dass nach Köster und Galow (2014) aufgrund der Vorgaben das angeleitete Experimentieren als Structured Inquiry zu klassifizieren wäre, wogegen das selbstbestimmte Experimentieren dem Guided Inquiry zuzuordnen wäre.

Vor diesem Hintergrund lautet die Forschungsfrage, inwiefern das *angeleitete* versus *selbstbestimmte* Experimentieren zu einer eigenständigen *Konzeptentwicklung* bei den Schülerinnen und Schülern beitragen könnte.

Methode

$N = 142$ Schülerinnen und Schüler der siebten und achten Jahrgangsstufe ($w = 63$, $m = 77$, $d = 2$; $M_{Alter} = 13,04$, $SD_{Alter} = 0,65$) aus sechs verschiedenen Klassen von zwei verschiedenen Schulen aus Nordrhein-Westfalen nahmen an dem Schülerlabortag „Sonnentaler: Ein Alltagsphänomen auf dem Schirm“ im Alfred Krupp-Schülerlabor der Wissenschaften (RUB) teil. Dabei haben 72 Schülerinnen und Schüler angeleitet experimentiert, während 70 Schülerinnen und Schüler eigenständig das nächste Experiment planen konnten. Im Rahmen des Experimentierprozesses wurde in randomisiert eingeteilten Kleingruppen von zwei bis drei Lernenden pro Gruppe gearbeitet. Die Gelegenheitsstichprobe basierte auf dem Interesse der Lehrkräfte an dem Schülerlaborprojekt.

Rahmenthema des Schülerlaborprojekts war das Phänomen der Sonnentaler, die als runde Lichtflecken unterhalb eines Blätterdaches auf dem Boden erscheinen. Physikalisch ging es um die hybride Abbildung an einer Blende, bei der sich die Form der Blende und der Lichtquelle überlagern (Schlichting, 1995). Anhand von Modellexperimenten untersuchten die Schülerinnen und Schüler das Phänomen mit dem Ziel, die Überlagerung zu erkennen und das Konzept der hybriden Abbildung zu verstehen. Dazu durchliefen sie drei Schritte:

1. *Schritt:* Die Schülerinnen und Schüler haben auf Grund ihres Vorwissens aus der Schule die Erwartung, dass die Blende einen Einfluss auf das Bild hat.
2. *Schritt:* Die Schülerinnen und Schüler erkennen, dass die Lichtquelle auch einen Einfluss auf das Bild hat (kognitiver Konflikt).
3. *Schritt:* Die Schülerinnen und Schüler erforschen durch die Experimente, dass sich das Bild als hybride Überlagerung ergibt.

Die ersten beiden Schritte wurden im Rahmen von Demonstrationsexperimenten durchgeführt: Es wurde zuerst ein Experiment mit einer punktförmigen Lichtquelle sowie einer dreieckigen Blende vorgeführt, bei dem sich erwartungsgemäß die dreieckige Form der Blende als Bild zeigt. Anschließend wurde das Experiment mit einer ausgedehnten Lichtquelle sowie der dreieckigen Blende demonstriert. Anhand des nun kreisrunden Bildes konnten die Schülerinnen und Schüler erkennen, dass die Lichtquelle auch einen Einfluss hat, sodass ihre bisherige Vorstellung offenbar unzureichend war (kognitiver Konflikt).

Für den Experimentierprozess erhielten die Schülerinnen und Schüler drei verschiedene Blendenformen (Kreis, Raute und Dreieck) sowie vier verschiedene Lichtquellenarten (punktförmig, länglich, ausgedehnt und 28LEDs auf einer Kreisfläche angeordnet), sodass sie insgesamt 12 verschiedene Experimente (ohne Kombination von mehreren Lichtquellen) und 21 verschiedene Experimente bei der Kombination mehrerer Lichtquellen mit jeweils einer der drei Blenden durchführen konnten. Zur Dokumentation der einzelnen Experimente füllten die Schülerinnen und Schüler für jedes Experiment ein Arbeitsblatt aus, welches auf dem Predict-Observe-Explain-Ansatz von White und Gunstone (1992) basierte. Die Schülerinnen und Schüler wurden zuerst gebeten in eine Skizze einzuzeichnen, welches Bild sie auf dem Schirm erwarten würden, und dann schriftlich zu begründen, warum dies der Fall sei. Anschließend gaben sie an, wie sicher sie mit ihrer Erwartung seien. Daraufhin führten sie das Experiment durch und zeichneten das beobachtete Bild inklusive der Strahlengänge in die Skizze ein. Abschließend wurden sie nach einer Erklärung gefragt und sollten angeben, wie sicher sie mit ihrer Erklärung seien. Im Anschluss an alle Experimente fassten die Schülerinnen und Schüler ihre Erkenntnisse bei der Beantwortung der zentralen

Aufgabenstellungen „Welche Einfluss haben die Form der Lichtquelle und Blende auf die Abbildung?“ und „Erkläre nun, wie der Zusammenhang deiner Ergebnisse zu den Sonnentälern ist.“ zusammen.

Die Mitschriften wurden mittels eines induktiv erstellten Kodiersystems (BA von Reuter, 2022) ausgewertet. Dabei wurden die bildlichen Darstellungen (bis zu 3 Punkte), die Strahlengänge (bis zu 3 Punkte) sowie die Erklärungen (bis zu 3 Punkte) hinsichtlich von zwei Experimenten berücksichtigt (Reuter, 2022). Zur Bestimmung des Lernzuwachses wurden die Schülerlösungen für das zweite Demonstrationsexperiment (ausgedehnte Lichtquelle und dreieckige Blende) mit dem letzten vorgegebenen, d.h. dem siebten Experiment (ausgedehnte Lichtquelle & rautenförmige Blende) der angeleiteten Gruppe, verglichen. Sofern die selbstbestimmten Gruppen auch das letztere Experiment durchgeführt hatten, wurde dies ebenfalls ausgewertet. Dabei wurden ein t-Test zur Untersuchung des Lernzuwachses sowie zwei ANOVAs für die Gruppenvergleiche gerechnet.

Ausgewählte Ergebnisse

In Tabelle 1 wird ersichtlich, dass die Schülerinnen und Schüler sich nicht in der Erklärung nach dem Experimentieren verbessert haben, $t(95) = -1.09, p = 0.279$, *Cohens d* = -0.11. Des Weiteren zeigten sich keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Experimenten - weder bezüglich des 2. Experiments, $F(1, 137) = 1.68, p = 0.192, \eta^2 = 0.01$, noch bezüglich des 7. Experiments, $F(1, 94) = 0.04, p = 0.836, \eta^2 = 0.00$.

Tab. 1: Deskriptive Ergebnisse des Vergleiches von 2 Experimenten

| | Angeleitet N=69 | Selbstbestimmt N=70 (Exp. 2) N=27 (Exp. 7) |
|-------------------------|---------------------------|---|
| Exp. 2 M (SD) | 5,7 (1,4) | 5,4 (1,1) |
| Exp. 7 M (SD) | 5,8 (1,3) | 5,7 (1,0) |

Diskussion

Ein möglicher Grund für die fehlende Sichtbarkeit der Konzeptentwicklung in den Mitschriften kann darin liegen, dass die Schülerinnen und Schüler ihre Erklärungen nur innerhalb ihrer Kleingruppen besprechen konnten, sie jedoch nicht während des Experimentierprozesses Feedback durch den Projektleiter oder im Klassenvergleich erhalten haben. Zudem hatten sie Schwierigkeiten, die Bildkonstruktion mit Strahlengängen einzuzeichnen, was das Verständnis des Phänomens schwierig macht.

Der fehlende Gruppenunterschied kann u.a. dadurch erklärt werden, dass in beiden Interventionen die Schülerinnen und Schüler Arbeitsblätter erhielten, die bereits eine große Vorstrukturierung nach dem POE-Schema beinhalteten. Zusätzlich bekamen die Schülerinnen und Schüler während des Experimentierprozesses keine Rückmeldung, inwiefern ihre Vorstellung angemessen war, sodass auf dieser Ebene kein Unterschied zwischen den Interventionen vorhanden war. Die Rückmeldung erhielten alle Teilnehmenden erst im Anschluss an den Experimentierprozess nach dem Posttest, um messen zu können, inwieweit neu erlangtes Wissen auf die eigenständige Experimentierphase zurückzuführen war.

Literatur

- Euler, M. & Schüttler, T. (2020). Schülerlabore. In E. Kirchner, R. Girwidz & H. E. Fischer (Hrsg.), *Physikdidaktik. Methoden und Inhalte* (4. Aufl., S. 127-166). Springer Spektrum.
- Girwidz, R. (2015). Medien im Physikunterricht. In E. Kircher, R. Girwidz, & P. Häußler (Hrsg.), *Physikdidaktik: Theorie und Praxis* (3. Aufl., S. 193-245). Springer Spektrum.
- Hofstein, A. & Lunetta, V. N. (2004). The Laboratory in Science Education: Foundations for the Twenty-First Century. *Science Education*, 28-54.
- Köster, H. & Galow, P. (2014). Forschendes Lernen initiieren. Hintergründe und Modelle offenen Experimentierens. *Unterricht Physik*, 144, 24-26.
- Reuter, J. (2022). *Entwicklung von Kodierschemata zur Beurteilung von Zeichnungen und Erklärungen in Schülerheften aus dem Projekt Sonntaler*. Bachelorarbeit im Studiengang „Bachelor of Arts“ im Fach Physik. Bochum.
- Schlichting, H. J. (1995). Sonntaler fallen nicht vom Himmel. Geringfügig erweiterte Version eines Aufsatzes erschienen in *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 48/4, 199-207.
- Sommer, K., Wirth, J., & Rummel, N. (2018). Authentizität der Wissenschaftsvermittlung im Schülerlabor – Einführung in den Thementeil. *Unterrichtswissenschaft*, 46, 253-260.
- von Aufschnaiter, C., & Rogge, C. (2010). Wie lassen sich Verläufe der Entwicklung von Kompetenz modellieren? *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16, 95-114.
- White, B., Frederiksen, J., & Collins, A. (2009). The Interplay of Scientific Inquiry and Metacognition. In D. J. Hacker, J. Dunlosky, & A. C. Graesser (Eds.), *Handbook of Metacognition in Education* (pp. 175–205). Routledge.
- White, R. T., & Gunstone, R. F. (1992). *Probing Understanding*. Great Britain: Falmer Press.

Mareike Machleid¹
 Arnim Lühken¹

¹Goethe-Universität Frankfurt

Chemistry HomeLab: Chemie im häuslichen Umfeld erleben

Ausgangslage

Pandemiebedingte Kontaktbeschränkungen und Digitalisierungsbestrebungen führten und führen zu immer mehr außerschulischen Projekten im häuslichen Umfeld. So entstanden auch einige naturwissenschaftliche Projekte, die von Kindern zuhause wahrgenommen werden können. Abseits von Experimentalunterricht und klassischen Schüler*innenlaboren werden so neue Lernräume in den Naturwissenschaften erschlossen. Auch am Institut für Didaktik der Chemie der Goethe-Universität Frankfurt wurde im Sommer 2020 ein Konzept entwickelt, um Familien die Begegnung mit der Naturwissenschaft Chemie im häuslichen Umfeld zu ermöglichen. Dieses chemiespezifische Familienprojekt wird im Rahmen einer qualitativen Studie beforscht, welche in diesem Beitrag vorgestellt wird.

Chemistry HomeLab

Das neuartige Projektangebot entwickelte sich 2020 aus der Frankfurter Adaption des KEMIE®-Projekts (Kinder Erleben Mit Ihren Eltern – Chemie) der Ruhr-Uni Bochum von Prof.in Dr. Sommer. Die grundlegenden Merkmale von KEMIE® finden sich auch in der Konzeption von Chemistry HomeLab wieder: Einbeziehung der Eltern bzw. Familien, Langfristigkeit, Begegnung mit naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen (Ruhr-Universität Bochum). Chemistry HomeLab zeichnet sich zudem durch die folgenden zentralen Bestandteile aus: Live-Konferenzen mit Betreuung, Labor-Kit für zu Hause sowie Experimente mit Alltagsbezug.

Live-Konferenzen mit Betreuung: Kinder der 3.-7. Klasse nehmen mit Eltern, Großeltern, Geschwistern oder/und Freund*innen an insgesamt neun virtuellen Treffen über ein Schuljahr teil. Diese Live-Konferenzen dauern jeweils zwei Stunden und es nehmen je 6-10 Familien teil. Dabei bilden die Familien feste Gruppen, sodass sich die Teilnehmenden über die Projektdauer von neun Monaten kennenlernen können. Für die Familien bedeuten diese virtuellen Konferenzen, dass sie ortsunabhängig teilnehmen können. Das Goethe-Schülerlabor kommt zu den Familien nach Hause, denn die Live-Konferenzen werden durch Wissenschaftler*innen angeleitet und begleitet. Über die virtuellen Treffen hinaus können die Teilnehmenden zusätzliche Unterstützungsangebote und –materialien über eine Online-Lernplattform asynchron abrufen.

Labor-Kit: Im Chemistry HomeLab, also dem häuslichen Labor, werden die Familien durch ein Labor-Kit unterstützt, welches vor Projektstart per Post zugestellt wird. Enthalten sind ausgewählte Materialien für verschiedene Experimente sowie einfache Laborgeräte. Das Labor-Kit unterstützt das Experimentieren im heimischen Labor nicht nur durch die Bereitstellung von Materialien, sondern ermöglicht auch das Erlernen naturwissenschaftlicher Arbeitstechniken, wie z.B. das Pipettieren, Abmessen mit Messzylinder etc.

Experimente mit Alltagsbezug: Jede Experimentiereinheit enthält drei bis fünf Versuche zu einem ausgewählten Thema, die gemeinsam während der Live-Konferenz sowie innerhalb der Familie nach der Live-Konferenz durchgeführt werden. Die Familien experimentieren

mithilfe einer Versuchsanleitung zuhause und erhalten zudem Hilfestellung während der Live-Konferenzen. Dadurch können alle in weitestgehend eigener Geschwindigkeit experimentieren. Die Experimente werden in den Live-Konferenzen gemeinsam besprochen, ausgewertet und diskutiert. Die insgesamt neun thematischen Experimentiereinheiten lassen sich den beiden Überthemen Lebensmittel und Tinte zuordnen. Dabei werden bewusst alltägliche Gegenstände und Materialien einbezogen, die durch die Laborgeräte aus dem Labor-Kit ergänzt werden. Bei vielen Experimenten entscheiden die Familien selbst, welche Lebensmittel und Materialien aus dem eigenen Haushalt untersucht werden sollen.

Seit Oktober 2020 ist Chemistry HomeLab fester Bestandteil des Angebots des Instituts für Didaktik der Chemie an der Goethe-Universität Frankfurt. 2020/21 nahmen 27 Familien mit 29 Kindern teil. 2021/22 nahmen 27 Familien mit 31 Kindern teil. 2022/23 nehmen 30 Familien mit 33 Kindern teil. Hinzukommen interessierte, gelegentlich teilnehmende Geschwister und Freund*innen.

Forschungsprojekt

Die leitende Idee, die sich durch das gesamte Projekt zieht, lautet: Chemie erleben. Es sollen (erste) Berührungspunkte mit der Naturwissenschaft Chemie geschaffen werden – ohne Bewertungsdruck. Diese Idee sowie die Beobachtung, dass durch die Pandemie und Digitalisierungsbemühungen immer mehr naturwissenschaftliche Projekte in das häusliche Umfeld verlegt wurden bzw. werden, ist auch leitend für das angeschlossene Forschungsprojekt.

Die zentrale Fragestellung lautet:

Wie erleben Kinder Chemie im häuslichen Umfeld im Rahmen von Chemistry HomeLab?

Chemie im häuslichen Umfeld wird hierbei mit dem Erlebnisbegriff verknüpft. Erleben ist subjektiv. Es wird durch unsere Vorerfahrungen geprägt (Schütz, 2004 [1932], Landgrebe, 1932). Das heißt die Verarbeitung von Erlebnissen findet auf Grundlage biografischer, gesellschaftlicher, institutioneller Strukturen, die einsozialisiert sind, statt (Böhlke, 2019, S.65ff). Bestimmte Erlebnisse werden zu Erfahrungen, sodass ein „subjektives Relevanzsystem“ entsteht, das die eigene Wirklichkeit ordnet (Abels, 2010). Daraus ergibt sich auch die Relevanz der Beforschung des Erlebens von Chemie.

Methodik

Im Forschungsstil der Grounded Theory unter dem Einfluss von Anselm Strauss soll eine Theorie entwickelt werden, indem die Erfahrungen und Deutungsmuster der Kinder rekonstruiert werden (Brüsemeister, 2008, S.23). Dieser qualitative Forschungsansatz zeichnet sich durch große Flexibilität sowie Dynamik aus und ist kontextsensibel, um die Relevanzsysteme der Befragten herauszuarbeiten und eine gegenstandsbezogene Theorie zu erarbeiten.

Daten werden im Rahmen von themenzentrierten Interviews mit narrativen Impulsen (angelehnt an Witzel, 2000) erhoben. Befragt werden Kinder, die an Chemistry HomeLab teilnehmen. Um das Erleben der Chemie im häuslichen Umfeld und auch die dabei prägenden Vorerfahrungen herauszuarbeiten, ist ein interpretatives Vorgehen nötig. Das offene, axiale und selektive Kodieren, welche sich unterschiedlicher Rekonstruktionslogiken bedienen und die Spiralbewegung von den Daten hin zur daraus abgeleiteten Theorie unterstützen, werden hierbei herangezogen (Strübing, 2010).

Erste Ergebnisse

Bisher wurden vier Interviews von je ca. einer Stunde geführt, aufgezeichnet und transkribiert. Erste verschriftlichte Daten wurden analysiert. Anhand eines Zitates sollen erste Ergebnisse dargestellt werden.

Auf die Frage, welche sich im Verlauf des Gesprächs ergab, ob K1 lieber ins Labor gehen würde oder lieber weiter zuhause experimentieren möchte antwortete K1 folgendermaßen:

K1: [...] man ist hier halt zuhause und zuhause ist halt etwas Anderes, als irgendwo woanders sozusagen im Nirgendwo, wo man noch nie war, so in irgend so einem Raum, wo man so festgebunden ist. Und hier hat man halt auch eigentlich die Freiheit so, so irgendetwas zu machen und im Labor ist man halt- da muss man, muss man das so machen. [...]

K1 sagt: „im Nirgendwo, wo man noch nie war, so in irgend so einem Raum“. Das Labor wird hier als unbekannter Ort aufgefasst, der nicht von K2 eingeordnet werden kann. Zudem impliziert „im Nirgendwo“ Orte, die weit abgeschnitten sind, ohne Anschluss an z.B. Ortschaften und damit an andere Menschen. K1 spricht zudem davon „in irgend so einem Raum, wo man so festgebunden ist“. K1 kann diesen anderen Ort (also den Ort, der nicht zuhause ist) nicht allein verlassen. Dort ist K1 auf andere Menschen angewiesen und muss auch gegen seinen Willen an diesem Ort bleiben. In Abgrenzung zum Labor, sagt K1 zum Zuhause: „Und hier hat man halt auch eigentlich die Freiheit so, so irgendetwas zu machen.“ Der Begriff der Freiheit ist hier stark auffallend. Freiheit kann als ein starkes, menschliches Bedürfnis verstanden werden. Genauer spricht K1 von der Freiheit „irgendetwas zu machen“, also von Handlungsfreiheit. Das bedeutet, auch die Freiheit z.B. von Versuchsanleitungen abzuweichen oder ein Experiment gar nicht zu machen. Dann kommt K1 nochmal zurück auf das Labor: „im Labor ist man halt- da muss man, muss man das so machen.“ „Muss“ drückt einen Zwang aus, der hier scheinbar durch äußere Umstände (Personen, geltende Regeln etc.) im Labor ausgeübt wird und sich verallgemeinern lässt („muss man“).

Das Experimentieren im häuslichen Umfeld wird hier in starkem Kontrast zum Experimentieren in einem Labor erlebt. Dabei stehen sich Unbekanntheit, Abhängigkeit und Zwänge in Bezug auf ein Labor der empfundenen Handlungsfreiheit zuhause gegenüber.

Ausblick

Die ersten Ergebnisse zeigen, dass Experimentieren im häuslichen Umfeld das Gefühl von selbstbestimmtem Handeln ermöglicht. Die Bedingungen hierfür sowie mögliche Einschränkungen müssen im weiteren Analyseprozess herausgearbeitet werden. Darüber hinaus wird das weitere, umfangreiche Datenmaterial analysiert, um das Erleben der Chemie im häuslichen Umfeld herauszuarbeiten. Im Sinne des Theoretical Sampling werden zudem anhand neuer Auswahlkriterien, die sich aus der entstehenden Theorie ergeben, weitere Interviewpartner*innen ausgewählt. Auch die neuen Daten werden analysiert und zur Erarbeitung einer Grounded Theory genutzt.

Danksagung

An dieser Stelle möchten wir dem VCI Hessen für die finanzielle Unterstützung danken. Diese Finanzierung ermöglicht die kostenlose Bereitstellung der Labor-Kits für alle Familien.

Literatur

- Abels, H. (2010). Interaktion, Identität, Präsentation. Kleine Einführung in interpretative Theorien der Soziologie. 5. Aufl. Wiesbaden: Verlag für Sozialwissenschaften
- Böhlke, N. (2019). Wie Jugendliche mit psychischen Störungen Sport erleben: Eine qualitative Studie. Hamburg: Feldhaus
- Brüsemeister, T. (2008). Qualitative Forschung: Ein Überblick. Wiesbaden: Verlag für Sozialwissenschaften
- Landgrebe, L. (2010). Der Begriff des Erlebens. Ein Beitrag zur Kritik unseres Selbstverständnisses und zum Problem der seelischen Ganzheit. Würzburg: Königshausen & Neumann
- Ruhr-Universität Bochum. KEMIE – Kinder Erleben Mit Ihren Eltern Chemie. Konzept. Bochum. Online: <https://www.ruhr-uni-bochum.de/kemie/konzept.html> (Zugriff: 17.10.2022)
- Schütz, A. (2004). Der sinnhafte Aufbau der sozialen Welt. Alfred Schütz Werkausgabe II. Köln: Herbert von Halem
- Strübing, J. (2010). Grounded Theory - ein pragmatistischer Forschungsstil für die Sozialwissenschaften. EEO Enzyklopädie Erziehungswissenschaft Online: https://content-select.com/media/moz_viewer/5282482b-36a0-460c-a4c1-11372efc1343/language:de (Zugriff: 17.10.2022)
- Witzel, A. (2000). Das problemzentrierte Interview. Forum: Qualitative Sozialforschung, 1 (1) Art. 22

Kevin Schmitt¹
Verena Spatz¹

¹Technische Universität Darmstadt

Skalierung eines physikalischen Vorwissenstests für Physik- Nebenfachstudierende mittels Item-Response Theory

Forschungsstand

Wiederholt zeigen Studien bezüglich der Entwicklung von Studienabbruchquoten an deutschen Hochschulen und Universitäten, dass der hohe prozentuale Anteil von Studienabbrechenden in den letzten Jahren stagniert (Heublein et al., 2020; Heublein et al., 2022). Neben den insgesamt höchsten Anteilen an Studienabbruchzahlen von bis zu 50% in Mathematik und Naturwissenschaften, verzeichnet sich im Absolvent:innenjahrgang 2020 in ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen eine Studienabbruchquote von 35% bezüglich der Studienanfänger:innen aus den Jahren 2016/2017 (Heublein et al., 2022).

An diese Datengrundlage knüpfen unter anderem empirische Studien an, die den Zusammenhang zwischen fachspezifischem Vorwissen und dem Studienerfolg untersuchen (Müller et al., 2016). Bei Studienanfänger:innen in MINT-Studiengängen zeigt sich, dass neben mathematischem Vorwissen auch das Vorwissen in anderen Grundlagenfächern, wie z.B. Physik, Chemie oder Biologie, ein valider Prädiktor für die Bewältigung von Studienanforderungen ist (Binder et al., 2021; Buschhüter et al., 2017b; Müller, 2018; Sternal & Walliser, 2020).

Diese Ergebnisse können insbesondere im Hinblick auf solche naturwissenschaftlich-technischen Studiengänge relevant sein, bei denen in einer frühen Studienphase u.a. Physik-Nebenfachveranstaltungen belegt werden müssen, die häufig als besonders herausfordernd gelten.

Studienziel und Testkonstruktion

Vor diesem Hintergrund wird am Fachbereich Physik der TU Darmstadt untersucht, ob und wie stark das physikalische Vorwissen von Studierenden ihren Erfolg in Physik-Nebenfachveranstaltungen beeinflusst. Zu diesem Zweck wurde ein Messinstrument für das physikalische Vorwissen der betreffenden Zielgruppe von Nebenfachstudierenden entwickelt. Innerhalb dieses Vorwissenstests wird das physikalische Vorwissen, orientiert am Wissensmodell nach Hailikari (Hailikari et al., 2007), in drei Wissensbereiche unterteilt und daraus folgend in drei Testteilen erhoben: Faktenwissen, Konzeptwissen und Anwendungswissen. Zusätzlich werden in allen Wissensbereichen Themen aus den Inhaltsfeldern Mechanik, Elektrizitätslehre und Optik behandelt. Die Themenauswahl wurde durch einen Abgleich mit dem Schulcurriculum Physik für das Gymnasium in Hessen (Hessisches Kultusministerium, 2016) und den Lerninhalten der betreffenden Physik-Nebenfachveranstaltungen getroffen. Bei der Auswahl der Fragenformate für die einzelnen Testteile sowie der Fragenkonstruktion fand eine Orientierung an bereits bestehenden Vorwissenstests von Binder et al. (Binder et al., 2019) und Buschhüter et al. (Buschhüter et al., 2017a) statt.

Zwei Iterationsschleifen

Das Messinstrument wurde im Wintersemester 21/22 in vier betreffenden Lehrveranstaltungen pilotiert und in einem ersten Iterationsschritt weiterentwickelt (Schmitt & Spatz, im Druck). Dabei wurde eine vollständige Rasch-Analyse der Daten vorgenommen, um das Testinstrument anhand der berechneten Personenfähigkeiten und Itemschwierigkeiten zu skalieren. Daraus resultierend konnten Fragen überarbeitet und die Testlänge deutlich reduziert werden. Auf Grund des zu hohen Schwierigkeitsgrades für die Stichprobe im Anwendungswissen, wurde das Fragenformat dieses Testteils konzeptionell überarbeitet (Schmitt & Spatz, im Druck). Eine anschließende Erhebung im Sommersemester 2022 in einer weiteren Physik-Nebenfachveranstaltung mit dem überarbeiteten Messinstrument bietet nun die Datengrundlage für eine weitere statistische Analyse nach der probabilistischen Testtheorie und eine zweite Iterationsschleife, die in den folgenden Abschnitten zusammenfassend dargestellt wird.

Stichprobe

Aus der Erhebung im Sommersemester 2022 konnten insgesamt $n=113$ gültig ausgefüllte Vorwissenstests in der Veranstaltung „Physik für Umwelt- und Bauingenieurwesen“ erfasst werden (50 weiblich, 63 männlich). Die rein digitale Erhebung fand zwischen der ersten und dritten Woche nach Vorlesungsbeginn mit einem zeitlichen Umfang von ca. 45 Minuten statt. Im Gegensatz zu den Lehrveranstaltungen der ersten Iterationsschleife, die für das erste („Physik für Elektrotechnik“ und „Physik für Biologiestudierende“) bzw. dritte Fachsemester („Physik für Maschinenbau“ und „Physik für Chemiestudierende“) vorgesehen sind, ist die Veranstaltung im Sommersemester im zweiten Fachsemester angesiedelt. Eine Besonderheit dieser Veranstaltung ist zudem, dass die Bestehensquoten in der Abschlussprüfung häufig besonders niedrig ausfallen (teilweise nur ca. 35% Bestehensquote).

Statistische Datenanalyse

Die Daten werden nach der probabilistischen Testtheorie anhand des Rasch-Analyseverfahrens ausgewertet. Dafür wird die Software „R“ mit den dazugehörigen Paketen „mirt“ und „WrightMap“ verwendet. Als eine Grundvoraussetzung für das statistische Verfahren gilt die Unidimensionalität des zu analysierenden Tests (Wright, 1997). Daher werden die drei verschiedenen Testteile statistisch getrennt voneinander betrachtet.

Zur Auswahl des IRT-Modells wird der M2-Modelfit nach Maydeu-Olivares (2013) berechnet (Chen et al., 2018). Als passendstes Modell zum Antwortverhalten der Studierenden zeigt sich das zweiparametrische Graded Response Model (Samejima, 1969) mit p - und RMSEA-Werten von 0.01/0.05 (Faktenwissen), 0.26/0.04 (Konzeptwissen) und 0.47/0.00 (Anwendungswissen). Im Gegensatz zum klassischen Rasch-Modell, bei dem alle Items eine einheitliche Trennschärfe zugeordnet bekommen, wird im gewählten Modell neben der Itemschwierigkeit die Trennschärfe jedes einzelnen Items berechnet. Zusätzlich können in diesem Modell alle drei Testteile analysiert werden, da sowohl dichotom bewertete Items (Fakten- und Anwendungswissen) als auch polytom bewertete Items (Konzeptwissen) analysiert werden können.

Bei der vollständigen Datenanalyse werden außerdem die Differential Item Functioning (DIF) für männliche und weibliche Studierende, Personen- und Itemparameter, In- und Outfit-Werte

für Item- und Personfit, sowie die Personenreliabilität des Tests - analog zur Bestimmung der Testreliabilität in der klassischen Testtheorie (Wright & Masters, 1982) - bestimmt.

Ergebnisse der Datenanalyse

Für eine überblicksartige Darstellung der Testteile werden im Folgenden die Mittelwerte der statistischen Werte wiedergegeben.

Im Testteil Faktenwissen weisen Itemschwierigkeit ($M=-0.03$, $SD=1.85$) und Personenfähigkeit ($M=0.05$, $SD=1.32$) ähnliche Mittelwerte auf. Die Items der anderen Testteile, Konzeptwissen ($M=0.34$, $SD=0.83$) und Anwendungswissen ($M=3.30$, $SD=3.98$) sind nach dem Wissensmodell komplexer, sodass die Personenfähigkeiten (Konzeptwissen: $M=0.13$, $SD=0.93$; Anwendungswissen: $M=0.28$, $SD=1.42$) auch stärker vom jeweiligen Mittelwert der Itemschwierigkeiten abweichen.

Für den Itemfit sind Outfit- (Faktenwissen: $M=0.94$, $SD=0.17$; Konzeptwissen: $M=0.81$, $SD=0.17$; Anwendungswissen: $M=0.84$, $SD=0.22$) und Infit-Werte (Faktenwissen: $M=0.97$, $SD=0.06$; Konzeptwissen: $M=0.91$, $SD=0.09$; Anwendungswissen: $M=0.90$, $SD=0.15$) im guten, bzw. sehr guten Bereich (Boone et al., 2014).

Ähnliche Ergebnisse liefert die Berechnung der Personen Outfit- (Faktenwissen: $M=0.94$, $SD=0.32$; Konzeptwissen: $M=0.81$, $SD=0.46$; Anwendungswissen: $M=0.84$, $SD=0.63$) und Infit-Werte (Faktenwissen: $M=0.99$, $SD=0.19$; Konzeptwissen: $M=0.92$, $SD=0.44$; Anwendungswissen: $M=0.91$, $SD=0.49$). Aus den berechneten Personenfähigkeiten kann zudem die Personenreliabilität bestimmt werden. Dafür ergibt sich für das Faktenwissen ein Wert von 0.76, für das Konzeptwissen 0.83 und für das Anwendungswissen 0.66.

Fazit und Ausblick

Auf Grundlage der statistischen Werte kann das Testinstrument für die Hauptstudie im Wintersemester 22/23 bzw. im Sommersemester 23 finalisiert werden. Items mit Kennwerten die nicht im guten bzw. sehr guten Bereich liegen werden dabei überarbeitet. Zusätzlich können insgesamt drei Items beim Faktenwissen, ein Item beim Konzeptwissen und zwei Items im Anwendungswissen gestrichen und dafür jeweils ein Item im Konzept- und im Anwendungswissen aus der ersten Pilotierung hinzugefügt werden. Es bleibt zu überprüfen, ob die geänderten Items weiterhin im akzeptablen bzw. guten Bereich bleiben.

Die Personenreliabilitäten der einzelnen Testteile zeigen für das Faktenwissen eine akzeptable und für das Konzeptwissen eine gute innere Konsistenz. Im Bereich Anwendungswissen weist der Wert von 0.66, analog zur Interpretation von Cronbachs Alpha in der klassischen Testtheorie, auf eine fragwürdige innere Konsistenz hin (Streiner, 2003). Dies ist auf den sehr hohen Schwierigkeitsgrad der Items im Vergleich zu den Personenfähigkeiten zurückzuführen (Linacre, 2022).

Allgemein reproduzieren die Daten außerdem den steigenden Komplexitätsgrad zwischen den Wissensbereichen aus dem zugrunde liegenden Wissensmodell. Dies bildet sich beim Vergleich der Personenfähigkeiten und Itemschwierigkeiten zwischen den verschiedenen Testteilen ab.

Als ein Ausblick auf die Haupterhebung deuten die hohen Werte der Standardabweichungen für die Mittelwerte der Personenfähigkeiten bereits darauf hin, dass die Stichprobe der Nebenfachstudierenden im Hinblick auf ihr physikalisches Vorwissen besonders heterogen zu sein scheint. Neben dieser Betrachtung von Unterschieden im physikalischen Vorwissen

zwischen den Studiengängen, soll des Weiteren eine Untersuchung des Zusammenhangs von physikalischem Vorwissen und dem Erfolg in der Abschlussprüfung der Lehrveranstaltungen erfolgen.

Literatur

- Binder, T., Sandmann, A., Sures, B., Friege, G., Theyssen, H. & Schmiemann, P. (2019). Assessing prior knowledge types as predictors of academic achievement in the introductory phase of biology and physics study programmes using logistic regression. *International Journal of STEM Education*, 6(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-019-0189-9>
- Binder, T., Waldeyer, J. & Schmiemann, P. (2021). Studienerfolg von Fachstudierenden im Anfangsstudium der Biologie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*. Vorab-Onlinepublikation. <https://doi.org/10.1007/s40573-021-00123-4>
- Boone, W. J., Staver, J. R. & Yale, M. S. (2014). *Rasch Analysis in the Human Sciences*. Springer Netherlands. <https://ebookcentral.proquest.com/lib/kxp/detail.action?docID=1593304>
- Buschhüter, D., Spoden, C. & Borowski, A. (2017a). Physics knowledge of first semester physics students in Germany: a comparison of 1978 and 2013 cohorts. *International Journal of Science Education*, 39(9), 1109–1132. <https://doi.org/10.1080/09500693.2017.1318457>
- Buschhüter, D., Spoden, C. & Borowski, A. (2017b). Studienerfolg im Physikstudium: Inkrementelle Validität physikalischen Fachwissens und physikalischer Kompetenz. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 23(1), 127–141. <https://doi.org/10.1007/s40573-017-0062-7>
- Chen, F., Liu, Y., Xin, T. & Cui, Y. (2018). Applying the M2 Statistic to Evaluate the Fit of Diagnostic Classification Models in the Presence of Attribute Hierarchies. *Frontiers in psychology*, 9, 1875. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.01875>
- Hailikari, T., Nevgi, A. & Lindblom-Ylänne, S. (2007). EXPLORING ALTERNATIVE WAYS OF ASSESSING PRIOR KNOWLEDGE, ITS COMPONENTS AND THEIR RELATION TO STUDENT ACHIEVEMENT: A MATHEMATICS BASED CASE STUDY. *Studies in Educational Evaluation*, 33(3-4), 320–337. <https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2007.07.007>
- Hessisches Kultusministerium. (2016). *Kerncurriculum gymnasiale Oberstufe*.
- Heublein, U., Huttsch, C. & Schmelzer, R. (2022). *Die Entwicklung der Studienabbruchquoten in Deutschland*. https://doi.org/10.34878/2022.05.DZHW_BRIEF
- Heublein, U., Richter, J. & Schmelzer, R. (2020). DZHW-Brief 03|2020 - Die Entwicklung der Studienabbruchquoten an den deutschen Hochschulen. *DZWH Brief(03)*.
- Linacre, J. M. (2022). *A User's Guide to Winsteps: Rasch-Model Computer Programs*. <https://www.winsteps.com/manuals.htm>
- Maydeu-Olivares, A. (2013). Goodness-of-Fit Assessment of Item Response Theory Models. *Measurement: Interdisciplinary Research & Perspective*, 11(3), 71–101. <https://doi.org/10.1080/15366367.2013.831680>
- Müller, J. (2018). *Studienerfolg im Fach Physik: Zusammenhang zwischen Modellierungskompetenz und Studienerfolg* [Dissertation]. Universität Duisburg-Essen.
- Müller, J., Dammann, E., Fischer, H. E., Lang, M., Borowski, A., Lorke, A. & Menkenhagen, J. (2016). Physikalisch-mathematische Modellierung in der Physik und im Bauingenieurwesen als Prädiktor für Studienerfolg. In Christian Maurer (Vorsitz), *Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Zürich 2016*. Symposium im Rahmen der Tagung von Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik.
- Samejima, F. (1969). *Estimation of Latent Ability using a response Pattern of graded Scores*. *Psychometric Monograph: Bd. 17*. The William Byrd Press. <https://www.psychometricsociety.org/sites/main/files/file-attachments/mn17.pdf>
- Schmitt, K. & Spatz, V. (im Druck). Physikalisches Vorwissen in Physik-Nebenfachveranstaltungen. In H. Grötzebauch (Hrsg.), *PhyDid B, Didaktik der Physik Beiträge zur virtuelle DPG-Frühjahrstagung 2022*.
- Sternal, O. & Walliser, N.-O. (2020). Physik-Vorkenntnisse von Studienanfängerinnen und -anfängern in MINT-Fächern. *die hochschullehre*(6), 103–118. http://www.hochschullehre.org/wp-content/files/diehochschullehre_2020_Sternal_Walliser_Physik-Vorkenntnisse_Studienanfangerinnen_MINT.pdf
- Streiner, D. L. (2003). Starting at the beginning: an introduction to coefficient alpha and internal consistency. *Journal of personality assessment*, 80(1), 99–103. https://doi.org/10.1207/S15327752JPA8001_18
- Wright, B. D. (1997). *A History of Social Science Measurement*.
- Wright, B. D. & Masters, G. N. (1982). *Rating scale analysis: Rasch measurement*. Mesa Pr.

Simon Kaulhausen¹
Carolin Eitemüller¹
Maik Walpuski¹

¹Universität Duisburg-Essen

Constructive Alignment in der Allgemeinen Chemie an der Universität

Theoretischer Hintergrund

In Modulen mit Allgemeiner Chemie an Universitäten lassen sich in Prüfungen häufig hohe Misserfolgsquoten beobachten. Dies kann sowohl national als auch international beobachtet werden (Averbeck, 2021; Freeman et al., 2011). Es fallen meist über 50 % Studierende, häufig auch weit mehr, durch die Prüfung. Ein solches Prüfungsversagen ist nicht unproblematisch. So ist Prüfungsmisserfolg eine der Hauptursachen von Studienabbruch (Heublein et al., 2010). Auf der Suche nach Ursachen für diese Beobachtungen konnten bereits individuelle Faktoren ausgemacht werden. So ist bekannt, dass beispielsweise Faktoren wie das Vorwissen und die Motivation einen Einfluss haben (Averbeck, 2021; Freyer, 2013). Es gibt jedoch auch Indizien, die auf strukturelle Faktoren schließen lassen. Es zeigen sich in Lehrveranstaltungen oft Diskrepanzen zwischen den gelehrten Inhalten und den von Studierenden tatsächlich gelernten Inhalten (Eilks et al., 2010). In Bezug auf die Prüfungen zeigt sich, dass Lehrende sich bei der Wahl der Prüfungsaufgaben nicht immer auf die zuvor definierte Lernziele beziehen (Schindler, 2015). Ausgehend von den Lernzielen konnte Elert (2019) für Laborpraktika in Allgemeiner Chemie feststellen, dass sich die wahrgenommenen Lernziele von Studierenden und die intendierten Lernziele von Lehrenden stark unterscheiden. Die Indizien, die Probleme in den Bereichen Lernziele, Lehre und Prüfungen aufzeigen, deuten auf einen Missstand in Bezug auf das Constructive Alignment innerhalb der Module hin. Das Modell des Constructive Alignment stellt die Passung von Lernzielen, Lehre und Prüfungen als besonders wichtig heraus (Kennedy, 2008; Wildt & Wildt, 2011). So führen Frölich-Steffen und den Ouden (2019) an, dass empfundene Willkür und Angst bei Studierenden und ein hohes Belastungsempfinden bei Lehrenden durch transparente Lernziele und dazu passende Prüfungsaufgaben gesenkt werden können. Zusätzlich hierzu werden durch die vom Modell beschriebene Passung von Lernzielen, Lehre und Prüfungen die Motivation und Leistung von Studierenden gesteigert (Romeike, 2010).

Ziel der Studie

Im Rahmen dieser Studie soll überprüft werden, inwieweit sich strukturelle Probleme im Sinne des Constructive Alignments in Modulen mit Allgemeiner Chemie beobachten lassen.

Forschungsfragen

FF1: Wie decken sich die von den Studierenden wahrgenommenen Lernziele mit den als wichtig erachteten Lernzielen der Lehrenden?

FF2: In welchem Umfang bilden Prüfungen die von den Lehrenden intendierten bzw. die von den Studierenden rezipierten Kompetenzen ab?

FF3: Welchen Einfluss hat die Höhe der Lernzielübereinstimmung zwischen den von Studierenden wahrgenommenen Lernzielen und den als wichtig erachteten Lernzielen der Lehrenden auf den Klausurerfolg?

Methodisches Vorgehen und Design der Studie

Zur Beantwortung der Forschungsfragen wurden in einem ersten Schritt 104 mögliche Lernziele der Allgemeinen Chemie identifiziert. Hierzu wurden Modulhandbücher, Vorlesungsfolien und gängige Lehrwerke der Allgemeinen Chemie gesichtet und auf dieser Grundlage eine Auswahl an Lernzielen formuliert. Es wurde darauf geachtet, dass eine gewisse inhaltliche Breite abgedeckt wird, indem auch Lernziele zu angrenzenden chemischen Disziplinen formuliert worden sind.

Um auch die kognitive Tiefe in den Lernzielen abzudecken, wurden zu jedem Thema Lernziele mit verschiedenem kognitiven Anspruch formuliert. Hierzu wurde sich an der Taxonomie von Anderson und Krathwohl (2001) orientiert. Auf einer vierstufigen Likert-Skala sollten die Lernziele von den Dozierenden zu Anfang des Semesters nach Wichtigkeit in Bezug auf die zu haltende Vorlesung bewertet werden. Die Studierenden wurden am Anfang des Semesters auf ihr Vorwissen in Allgemeiner Chemie getestet. Hierzu diente ein adaptierter Fachwissenstest mit ergänzenden Items (Averbeck, 2021; Freyer, 2013). Nach dem Besuch der letzten Vorlesungssitzung vor der anstehenden Klausur wurden die Studierenden erneut mit einem Fachwissenstest getestet. Ihnen wurden zusätzlich die Lernziele präsentiert, die bereits die Dozierenden zu Anfang des Semesters bewertet hatten. Ergänzend dazu wurden individuelle Voraussetzungen wie die Motivation, die Kurswahl in der Oberstufe und die Abiturnote erhoben. Insgesamt wurden so drei Dozenten und etwa 300 Studierende aus drei Modulen mit Allgemeiner Chemie getestet. Die Übereinstimmung in der Bewertung der Lernziele wurde zunächst deskriptiv untersucht und anschließend mittels gewichtetem Cohen's Kappa quantifiziert. Für die zweite Forschungsfrage wurden zunächst die Klausurergebnisse mit den Ergebnissen des Fachwissenstests verglichen, um eine Aussage über die Kompetenzorientierung der Klausuren treffen zu können. Den Klausuraufgaben wurden anschließend Lernziele zugeordnet und mittels der Punktzahl in den Aufgaben eine Rangfolge erstellt. Diese Rangliste wurde anschließend mit den zuvor durch Studierende und Dozierende bewerteten Lernzielen verglichen. Um die dritte Forschungsfrage zu beantworten, wurden die Kappa-Werte mit den Klausurpunkten verglichen. Zusätzlich dazu wurde überprüft, welchen Einfluss die individuellen Faktoren auf den Klausurerfolg haben. Hierzu sind zunächst Korrelationen berechnet worden und anschließend wurde eine hierarchische Regression mit den zusammenhängenden Prädiktoren berechnet.

Ergebnisse

Für die erste Forschungsfrage wurde zuerst deskriptiv die Passung der Lernzielbewertung von Studierenden und Dozenten verglichen. Hier zeigte sich, dass die Passung eher schlecht ist. Die anschließend berechneten Interrater-Reliabilitäten bestätigen diesen ersten Eindruck. Hier wurde für jeden Studierenden mit dem zugehörigen Dozenten ein Kappa-Wert errechnet. Die mittleren Kappa-Werte der untersuchten Module liegen im niedrigen Bereich (Chemie für Lehramt κ_{gew} : .13; Chemie für Biologen κ_{gew} : .11; Chemie für Medizin κ_{gew} : .16). Diese Ergebnisse zeigen, dass den Studierenden die intendierten Lernziele der Dozenten durch den Besuch der Vorlesung nicht klar werden. Ein genauerer Blick in die Daten zeigt, dass in

Grundlagenthemen wie Atomtheorie und Atombau noch relative Einigkeit herrscht, während sich in den Themen wie chemische Bindung, chemisches Gleichgewicht und Aufbau und Struktur organischer Verbindungen Studierende und Dozierende eher uneinig sind. Um ein genaueres Bild über die Studierenden zu bekommen, die niedrig mit dem Dozenten übereinstimmen, wurde im nächsten Schritt untersucht, welche Prädiktoren die übereinstimmende Lernzielbewertung beeinflussen. Hier zeigte sich, dass die Abiturnote ($r: -.14, p \leq .05$), das Vorwissen ($r: .32, p \leq .001$) und die Motivation ($r: .14, p \leq .05$) mit dem Kappa-Wert korrelieren. Im Regressionsmodell hat jedoch nur das Vorwissen einen signifikanten Einfluss. Es kann aus den Ergebnissen geschlossen werden, dass für den Studienerfolg günstige individuelle Voraussetzungen auch die übereinstimmende Lernzielwahrnehmung beeinflussen.

Ob die Prüfungen der Module auch tatsächlich kompetenzorientiert sind, wurde anschließend untersucht. Dabei wurde zunächst im Sinne einer externen Validierung überprüft, ob die Prüfungen Kompetenzen der Allgemeinen Chemie abprüfen. Alle Prüfungen korrelieren hoch mit dem eingesetzten Fachwissenstest. Hierzu wurde dieser mittels Item-Response-Theorie ausgewertet und die durch das Rasch-Modell ermittelten Personenfähigkeiten mit den Klausurpunkten verglichen. Beim Vergleich der in der Klausur gefundenen Lernziele mit den bewerteten Lernzielen von Studierenden und Lehrenden konnte keine signifikante Korrelation ermittelt werden.

In der abschließenden Frage nach dem Einfluss der übereinstimmenden Lernzielwahrnehmung auf den Prüfungserfolg wurde zunächst eine korrelative Analyse der einzelnen individuellen, wie auch dem strukturellen Faktor (Kappa-Wert) gerechnet. Hier zeigte sich, dass der Kappa-Wert ($r: .34, p \leq .001$), das Vorwissen ($r: .27, p \leq .05$), das Fachwissen ($r: .66, p \leq .001$), die Kurswahl ($r: .20, p \leq .01$) und die Motivation ($r: .19, p \leq .05$) einen Zusammenhang zu den Klausurpunkten aufweisen. In einer einfachen linearen Regression mit dem Kappa-Wert als Prädiktor werden 12 % der Varianz aufgeklärt ($F(1, 157) = 20.94, p \leq .001, R^2 = .12$). Wird Kappa zusammen mit den individuellen Faktoren, die einen korrelativen Zusammenhang gezeigt haben, in ein hierarchisches Regressionsmodell gegeben, kann kein signifikanter Einfluss mehr beobachtet werden. Ursächlich hierfür könnte sein, dass das Fachwissen, welches einen starken Einfluss hat, die anderen Prädiktoren nicht sichtbar werden lässt.

Diskussion und Ertrag der Forschung

Die dargestellten Ergebnisse zeigen, dass es wichtig ist, Lernziele transparent zu machen. Studierenden wird sonst nicht klar, welche Lernziele vom Dozierenden als wichtig erachtet werden. Je weniger Vorwissen Studierende haben, desto schwieriger ist es für sie, die wichtigen Lernziele zu erkennen. Zusätzlich wurde herausgefunden, dass Klausuraufgaben zum Teil Lernziele abprüfen, die vom Dozierenden als weniger wichtig eingeschätzt worden sind. Im Sinne des Constructive Alignment sind beide Befunde als ungünstig zu bewerten. Sichtbar wird dies auch durch den gefundenen Zusammenhang zwischen der übereinstimmenden Wahrnehmung der Lernziele (Kappa) und den Klausurpunkten.

Literatur

- Anderson, L. W. & Krathwohl, D. R. (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. Longman.
- Averbeck, D. (2021). Zum Studienerfolg in der Studieneingangsphase des Chemiestudiums: Der Einfluss Kognitiver und Affektiv-Motivationaler Variablen. *Studien zum Physik- und Chemielernen: Bd. 308*. Logos.
- Eilks, I., Bäumer, M. & Byers, B. (2010). Methodische Innovationen für die Chemielehre. *CHEMKON*, 17(3), 124–130. <https://doi.org/10.1002/ckon.201010139>
- Elert, T. (2019). *Course Success in the Undergraduate General Chemistry Lab*. *Studien zum Physik- und Chemielernen: Bd. 284*. Logos.
- Freeman, S., Haak, D. & Wenderoth, M. P. (2011). Increased course structure improves performance in introductory biology. *CBE life sciences education*, 10(2), 175–186. <https://doi.org/10.1187/cbe.10-08-0105>
- Freyer, K. (2013). *Zum Einfluss von Studieneingangsvoraussetzungen auf den Studienerfolg Erstsemesterstudierender im Fach Chemie*. Zugl.: Universität Duisburg-Essen, Diss. *Studien zum Physik- und Chemielernen: Bd. 156*. Logos Berlin.
- Frölich-Steffen, S. & den Ouden, H. (2019). Hochschulprüfungen im Fokus. Vom autodidaktischen Abschaun zu didaktisch-gereifter Prüfungskompetenz. In S. Frölich-Steffen, H. den Ouden & U. Gießmann (Hrsg.), *Kompetenzorientiert prüfen und bewerten an Universitäten: Didaktische Grundannahmen, rechtliche Rahmenbedingungen und praktische Handlungsempfehlungen* (1. Aufl., S. 11–27). Verlag Barbara Budrich.
- Heublein, U., Hutzsch, C., Schreiber, J., Sommer, D. & Besuch, G. (2010). Ursachen des Studienabbruchs in Bachelor- und in herkömmlichen Studiengängen. http://www.dgb-jugend.de/neue_downloads/data/abbrecherstudie_2010.pdf
- Kennedy, D. (2008). *Lernergebnisse (Learning Outcomes) in der Praxis. Ein Leitfaden*. DAAD.
- Romeike, R. (2010). *Output statt Input - Zur Kompetenzformulierung in der Hochschullehre Informatik*. https://www.computingeducation.de/pub/2010_Romeike_HDI2010.pdf
- Schindler, C. (2015). *Herausforderung Prüfen: Eine fallbasierte Untersuchung der Prüfungspraxis von Hochschullehrenden im Rahmen eines Qualitätsentwicklungsprogramms*.
- Wildt, J. & Wildt, B. (2011). Lernprozessorientiertes Prüfen im "Constructive Alignment": Ein Beitrag zur Förderung der Qualität von Hochschulbildung durch eine Weiterentwicklung des Prüfungssystems. In B. Berendt, A. Fleischmann, N. Schaper, B. Szczyrba & J. Wildt (Hrsg.), *Neues Handbuch Hochschullehre* (H 6.1). DUZ Verlags- und Medienhaus GmbH. (Erstveröffentlichung 2011)

Cornelia Borchert¹
Annika Oberbremer¹
Kerstin Höner¹

¹Technische Universität Braunschweig

Forschen(d) lernen mit Antrag und Peer Review im Chemielehramtsstudium

Einleitung. Die Vermittlung naturwissenschaftlicher Fachkultur erfordert neben fachlichen Fähigkeiten u.a. Wissenschaftsverständnis, wissenschaftliches Denken und Argumentieren. Die Vorstellungen von (angehenden) Lehrkräften über Erkenntnisgewinnung sind jedoch nicht durchweg adäquat und beziehen sich wie bei Schülerinnen und Schülern vorwiegend auf handwerkliche und intellektuelle Tätigkeiten (Wentorf et al., 2017; Leiß, 2019). Zudem fällt es ihnen schwer, Hypothesen zu bilden und Experimente zu planen (z.B. Hilfert-Rüppell et al., 2013). Während forschendes Lernen wissenschaftliches Denken fördert (z.B. Bicak et al., 2021), verbessert vor allem die explizite Reflexion wissenschaftlicher Praktiken das Wissenschaftsverständnis (z.B. Schwartz et al., 2004). Die Gewinnung von Erkenntnissen ist in der Forschung darüber hinaus an Praktiken der Kommunikation und Bewertung geknüpft: So werben Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler kompetitiv Mittel ein, arbeiten mit anderen zusammen, kommunizieren ihre Forschungserkenntnisse mit der Scientific Community und nehmen z.B. mittels Peer Review Qualitätsbewertung wissenschaftlicher Arbeit vor (Dunbar, 1995; Stamer et al. 2020). Als Teil von Nature of Science (vgl. Hodson & Wong, 2014) sind diese Praktiken für die Beurteilung der Aussagekraft wissenschaftlicher Erkenntnisse bedeutsam und stellen somit relevante Aspekte für das Wissenschaftsverständnis von (angehenden) Lehrkräften dar. In der Lehre, z.B. zum wissenschaftlichen Schreiben oder zu Forschungskompetenzen, lassen sich wissenschaftliche Praktiken zur Modellierung von Unterrichtsmethoden nutzen (z.B. Venning & Buisman-Pijlman, 2013; Rapp & Kauf, 2018). Dabei stellt die Planung und Durchführung von Forschungsprojekten typischerweise den Kern forschenden Lernens dar (Huber & Reinmann, 2019). Indem Lernende z.B. Vorträge auf simulierten Tagungen halten, lassen sich kommunikative Kompetenzen adressieren (Nehring & Lüttgens, 2019; Leiß, 2019; Montgomery et al., 2022). Peer Review kann als Feedback-Methode eingesetzt werden (Wolff, 2017; Reynolds & Thompson, 2011).

Die Veranstaltung „SciencE⁺ erschließen“. In einer Lehrveranstaltung im Projekt ProSciencE⁺ (Nimz et al., 2021) für Lehramtsstudierende der Chemie und Physik am Ende des Bachelors wurden die wissenschaftlichen Praktiken des Schreibens eines Forschungsantrags, dessen Begutachtung in einem Peer Review-Verfahren und die Präsentation von Forschungsergebnissen auf einer simulierten Tagung eingesetzt und untersucht. Ziel der Veranstaltung ist es, dass die Lehramtsstudierenden an einem fachwissenschaftlichen Projekt (a) Forschungskompetenzen, u.a. zur Vorbereitung auf die Bachelorarbeit, erwerben, dabei (b) kriteriengeleitete Bewertung der Qualität wissenschaftlicher Erarbeitungen üben und (c) ihr Wissenschaftsverständnis verbessern. Durch das Aufzeigen von Handlungsalternativen im Peer Review-Verfahren soll eine konstruktive Feedback-Kultur etabliert werden, in der die Studierenden die gegenseitige Begutachtung von Lernergebnissen als gewinnbringend erfahren. Die Veranstaltung ist eingebunden in das Spiralcurriculum Erkenntnisgewinnung (Borchert et al., 2020).

Auf Basis der Literaturrecherche identifizieren die Studierenden ein Problem bzw. eine Wissenslücke zu einem gesellschaftlich relevanten Thema ihrer Wahl und entwickeln daraus eine Forschungsfrage. Sie entwerfen ein Forschungsprojekt zur Beantwortung dieser Frage und planen die wissenschaftliche Untersuchung sowie den zeitlichen Ablauf des Projekts inkl. Meilensteinen. Im Seminar werden sie dabei durch Scaffolding (Hmelo-Silver et al., 2007) unterstützt. So entstanden z.B. Projekte zur Entwicklung von Verpackungen, die das Verderben von Lebensmitteln anzeigen, zur vergleichenden Untersuchung von (Natur-) Kosmetikprodukten auf Mikroplastik oder zur Untersuchung einer wasserabweisenden Beschichtung für Brillengläser mit Nano-Partikeln. Um den Planungsprozess zu fokussieren, fertigen die Studierenden einen Forschungsantrag zu einer fiktiven Ausschreibung an. Dabei müssen sie sich schriftlich mit ihrer Fragestellung auseinandersetzen, begründen, warum das Projekt von gesellschaftlicher und wissenschaftlicher Relevanz ist, und ihre Forschungsmethodik, z.B. das geplante Experiment, detailliert darlegen. Während der Erarbeitung der Anträge werden im Seminar auch Kriterien diskutiert, z.B. wie man eine gute Forschungsfrage aufstellt, wie man Experimente plant oder wie man Zeitpläne mit erreichbaren Meilensteinen erstellt. Daraus entwickeln die Studierenden im Seminar Begutachungskriterien für das Peer Review-Verfahren, die sich sowohl auf den Erkenntnisprozess im Speziellen, als auch auf allgemeinere Planungskompetenzen beziehen. Ihren Antrag reichen die Studierenden in anonymisierter Form bei den Lehrenden ein, die die Anträge so umverteilen, dass alle Studierenden mehrere, qualitativ möglichst unterschiedliche Anträge ihrer Kommilitoninnen und Kommilitonen für das Peer Review-Verfahren erhalten. Zu diesen Anträgen schreiben die Studierenden Gutachten auf Basis des gemeinsam erstellten Kriterienkatalogs, senden die Gutachten als anonymisierte Datei an die Lehrenden und erhalten von diesen die Gutachten zurück, die zu ihren Projektanträgen eingegangen sind. Die Reflexion des Planungsprozesses erfolgt in individuellen Beratungssitzungen, in denen die Studierenden zunächst das Antrags- und Begutachtungsverfahren Revue passieren lassen. Danach besprechen Studierende und Lehrende die Gutachten und das weitere Vorgehen im Projekt, z.B. Änderungen an der Planung. In den folgenden 4 Wochen setzen die Studierenden ihr Projekt um. Das Seminar endet mit einer simulierten Tagung, auf der sie ihren Kommilitoninnen und Kommilitonen die Projektergebnisse präsentieren (vgl. Nehring & Lüttgens, 2019). Für Details zur Seminarplanung s. Borchert et al. (in Vorb. b).

Begleitforschung. Die Forschung zur studentischen Sicht auf die Antrags- und Peer Review-Methoden erfolgte mittels Interviews in der Beratungssitzung und verfolgt die Forschungsfragen (1) Wie nehmen die Studierenden die Methoden an?, (2) Welche Schwierigkeiten treten für die Studierenden auf? und (3) Welche Aspekte der Methoden helfen das Lernen zu unterstützen? (vgl. Borchert et al., in Vorb. a). Die freiwillige Beratungssitzung wird gut angenommen: Von 20 betreuten Studierenden in den Jahren 2020 und 2021 nahmen 18 Personen teil, 17 Interviews konnten inhaltsanalytisch ausgewertet werden. Alle Studierenden äußerten sich zur Antragsmethode, 16 Personen sprachen über das Begutachten fremder Anträge und 10 berichteten über die Gutachten zum eigenen Projekt. Die Antragsmethode wurde positiv kommentiert, z.B. als gute Übung darin, *„anderen das eigene Thema schmackhaft zu machen“* (2020-01), aber auch als neu und herausfordernd wahrgenommen: *„Ich fand es herausfordernd, einen Antrag zu schreiben, der (...) motivational ansprechend ist und gleichzeitig argumentativ überzeugend ist“* (2021-

13). Zu Antrag, Begutachtung und Rückhalt der Gutachten nannten die Studierenden mehrere Schwierigkeiten, z.B. in Bezug auf ihre Fachexpertise („*Das konnte ich fachlich gar nicht einschätzen, ob das [d.h. der fremde Projektplan, Anm. CB] realistisch ist.*“ (2020-04)), aber erkannten auch Lernunterstützungen, wie z.B. das Scaffolding zur Antragstellung, durch das „*man ja schon alle Teile für den Antrag hatte und das dann nur noch hübsch formulieren musste.*“ (2020-01).

Insgesamt wurden wenig Schwierigkeiten mit dem **Erkenntnisprozess** genannt. Die meisten Schwierigkeiten entfielen auf (a) Formulierungs- und Formatierungsschwierigkeiten, deutlich weniger auf (b) Untersuchungen planen, Zeitpläne aufstellen und einschätzen und (c) den aktuellen Stand der Forschung herausarbeiten bzw. beurteilen. Hingegen traten Unsicherheiten zur **Intention der Methoden** auf. So gab nur eine Person an, dass mit den Methoden erfahren werden kann, wie Forschung abläuft und wie Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler arbeiten. Und nur eine Person äußerte, dass man mit der Review-Methode Bewerten üben kann. Drei Personen erkannten, dass die Methoden sie auf die Bachelorarbeit vorbereiten. Viele Studierende hielten die Methoden lediglich für motivationale Maßnahmen („*mal was anderes*“, 2021-06; „*Rollenspiel*“, 2020-03), mehrere sahen das Antragschreiben sogar als Selbstzweck an. Unterstützend wirkten aus Sicht der Studierenden die klare Kommunikation der Seminarziele und das Scaffolding zum Antrag. Außerdem fiel es vielen Studierenden schwer **Feedback zu geben** und Kritik zum eigenen Projekt anzunehmen. Mangelnde Feedback-Fähigkeiten führten sie darauf zurück, dass ihre Expertise nicht ausreiche und dass sie trotz des double-blind peer review-Prinzips Probleme mit der sozialen Dimension des Bewertens hätten („*Man will ja auch nichts Fieses schreiben*“, 2021-11). Darüber hinaus fiel ihnen der **Umgang mit Kritik** schwer: In den Interviews ging nur etwa die Hälfte der Studierenden überhaupt auf die Frage zum Rückhalt der Gutachten ein, die anderen wichen der Frage aus. Nur Wenige äußerten sich reflektiert gegenüber der Kritik der Peers, konnten sie konstruktiv für Verbesserungen ihres Projekts nutzen oder zumindest nachvollziehen („*Ich habe dann [durch das Lesen der Gutachten, Anm. CB] auch gemerkt, dass ich [in meinem Antrag, Anm. CB] nur die positive Seite dargestellt habe.*“, 2020-08). Hingegen etwa die Hälfte derer, die sich zu Kritik äußerten, gab an, dass es zu ihren Projekten keine oder nur marginale Kritik gegeben hätte („*Die Gutachten waren an sich sehr positiv [...] und der Antrag wurde ja auch angenommen in den Gutachten.*“, 2021-03b).

Fazit. Die Methoden der Antragstellung und des Peer Reviews werden von den Studierenden positiv, aber auch als herausfordernd und schwierig eingeschätzt. Sie unterstützen die Studierenden im Hinblick auf die Erkenntnisgewinnung angemessen in ihrem Forschungsprozess. Die Reflexion von Nature of Science sollte jedoch stärker expliziert werden. Darüber hinaus bietet die Review-Methode Potential, um die naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung mit den für Lehramtsstudierende ebenso berufsrelevanten Themen der Leistungsbewertung und des Feedbacks zu verknüpfen (vgl. Wolff, 2017). Auch hinsichtlich der Kritikfähigkeit bestehen Unterstützungsbedarfe. Der Einsatz von Feedback-Interventionen erscheint daher gewinnbringend (McMahon, 2010; Wolff, 2017). Bereits im Bachelorstudium mit Reflexionsangeboten eine Lernkultur zu schaffen, die einen konstruktiven Umgang mit eigenen Fehler wertschätzt, ist nicht nur für die Forschungskompetenzen angehender Lehrkräfte wünschenswert und kann mit der Peer Review-Methode angebahnt werden.

Literatur

- Bicak, B. E., Borchert, C. E. & Höner, K. (2021). Measuring and Fostering Preservice Chemistry Teachers' Scientific Reasoning Competency. *Education Sciences*, 11 (9), 496.
- Borchert, C., Hilfert-Rüppell, D. & Höner, K. (2020). Naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung im Lehramtsstudium. In S. Habig (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen*. Duisburg, Essen: Universität Duisburg-Essen, 808–811.
- Borchert, C. E., Oberbremer, A., Sonntag, D. & Höner, K. (in Vorb. a), "It's as if... You Went Boxing for the First Time". *The Student Perspective on Peer Review in Inquiry Learning*.
- Borchert, C. E., Oberbremer, A., Sonntag, D. & Höner, K. (in Vorb. b). *Modelling Teaching Methods for Inquiry Learning on Practices from Real Research. A Seminar for Pre-Service Teacher Students*.
- Dunbar, K. (1995). How scientists really reason: Scientific reasoning in real-world laboratories. In R. J. Sternberg & J. E. Davidson (Eds.), *The nature of insight*. MIT Press, 365–395.
- Hilfert-Rüppell, D., Looß, M., Klingenberg, K., Eghtessad, A., Höner, K., Müller, R. et al. (2013). Scientific reasoning of prospective science teachers in designing a biological experiment. *Lehrerbildung auf dem Prüfstand*, 6 (2), 135–154.
- Hmelo-Silver, C. E., Duncan, R. G. & Chinn, C. A. (2007). Scaffolding and Achievement in Problem-Based and Inquiry Learning. *Educational Psychologist*, 42 (2), 99–107.
- Hodson, D. & Wong, S. L. (2014). From the Horse's Mouth. Why scientists' views are crucial to nature of science understanding. *International Journal of Science Education*, 36 (16), 2639–2665.
- Huber, L. & Reinmann, G. (2019). *Vom forschungsnahen zum forschenden Lernen an Hochschulen. Wege der Bildung durch Wissenschaft*. Wiesbaden: Springer VS.
- Leiß, F. (2019). *Untersuchung von Schülervorstellungen über Tätigkeiten von Naturwissenschaftlern und deren Beeinflussung durch ein Schülerlabor*. Dissertation. Aachen: RWTH Aachen.
- McMahon, T. (2010). Peer feedback in an undergraduate programme. Using action research to overcome students' reluctance to criticise. *Educational Action Research*, 18 (2), 273–287.
- Montgomery, T. D., Buchbinder, J. R., Gawalt, E. S., Iulucci, R. J., Koch, A. S., Kotsikorou, E. et al. (2022). The Scientific Method as a Scaffold to Enhance Communication Skills in Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 99(6), 2338–2350.
- Nehring, A. & Lüttgens, U. (2019). Die Tagungsmethode. *Unterricht Chemie*, 30 (6), 14–19.
- Nimz, A., Borchert, C. & Höner, K. (2021). ProScienceE²: Nature of Science mit aktuellen Forschungsthemen vermitteln. In S. Habig (Hrsg.), *Naturwissenschaftlicher Unterricht und Lehrerbildung im Umbruch?* Duisburg, Essen: Universität Duisburg-Essen, 354–357.
- Rapp, C. & Kauf, P. (2018). Scaling Academic Writing Instruction. Evaluation of a Scaffolding Tool (Thesis Writer). *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 28 (4), 590–615.
- Reynolds, J. A. & Thompson, R. J. (2011). Want to improve undergraduate thesis writing? Engage students and their faculty readers in scientific peer review. *CBE life sciences education*, 10 (2), 209–215.
- Schwartz, R. S., Lederman, N. G. & Crawford, B. A. (2004). Developing views of nature of science in an authentic context. *Science Education*, 88(4), 610–645.
- Stamer, I., Pönicke, H., Tirre, F., Laherto, A., Höffler, T., Schwarzer, S. et al. (2020). Development & validation of scientific video vignettes to promote perception of authentic science in student laboratories. *Research in Science & Technological Education*, 38 (2), 168–184.
- Venning, J. & Buisman-Pijlman, F. (2013). Integrating assessment matrices in feedback loops to promote research skill development in postgraduate research projects. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 38 (5), 567–579.
- Wentorf, W., Höffler, T. N. & Parchmann, I. (2017). Welche Vorstellungen, Interessen und Selbstwirksamkeitserwartungen zu naturwissenschaftlichen Tätigkeiten weisen Studierende der Naturwissenschaften auf? *CHEMKON*, 24(3), 111–118.
- Wolff, I. (2017). *Reviewing-Kompetenz erfassen und fördern. Entwicklung und Evaluation eines Projektes zum wissenschaftlichen Schreiben im Physikpraktikum*. Dissertation. RWTH Aachen.

¹ Das Projekt „TU4Teachers II“ wird im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsinitiative Lehrerbildung“ von Bund und Ländern aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter den Förderkennzeichen 01JA1909 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen.

André Große¹
Friederike Korneck¹

¹Goethe-Universität Frankfurt am Main

Tiefenstrukturmerkmale kollegialer Reflexionen über Physikunterricht

Hintergrund und Ziele

Bei der Auseinandersetzung mit Reflexionen über Unterricht kann eine Differenzierung zwischen der Funktion als *Werkzeug* versus *komplexes Konzept* vorgenommen werden (Danielowich, 2007). Handlungsoptimierende Reflexionsprozesse werden in allen Phasen der Lehrkräftebildung als elementar angesehen, wobei deren Einsatz als Tool nicht per se zur Stabilisierung bzw. Verbesserung von Unterrichtsqualität beiträgt (vgl. Häcker, 2019). Besonders die Vorteile ko-konstruktiver Reflexionen (z.B. im Praxissemester, in Unt.-besuchen und Fortbildungen) entfalten sich erst mit Blick durch eine ‚gemeinsame Brille‘ auf Unterricht. Das Potential kann besonders dann nutzbar für professionelles Handeln gemacht werden, wenn alle Beteiligten über ein geteiltes Konzept von Reflexion verfügen (Jay & Johnson, 2002; Aeppli & Lötscher, 2016). Wenn eine Reflexion von Tiefenstrukturmerkmalen gelingt, so muss dieser Mehrwert eine Veränderung von Unterrichtsqualität bewirken.

Im Projekt ‚Factio‘ werden im Rahmen der skizzierten Wirkkette videografierte Unterrichtsminiaturen und dazugehörige Reflexionsprozesse mit einem Instrumentenspektrum analysiert. Anhand von Vorarbeiten zur *Erfassung von Unterrichtsqualität und Reflexionsmerkmalen* wurde ein neues *Instrument zur Einschätzung der Qualität von Reflexionsprozessen* entwickelt. Neben der Mediationsfunktion kollegialer Reflexionen auf Unterricht im Prä-Post-Design wurden auch moderierende Prozesse, u.a. *prüfender Perspektivwechsel* und *Diskursivität*, operationalisiert. Dieser Beitrag stellt zunächst das Setting und Instrument vor, bevor erste Ergebnisse und Meilensteine skizziert werden.

Untersuchungsdesign

Angehende Physiklehrkräfte der ersten und zweiten Phase führen selbstgeplante Unterrichtsminiaturen (je 15 min) durch, welche alle Phasen von Regelunterricht enthalten. Die videografierten Miniaturen dienen der Untersuchung von Unterrichtsqualität. Innerhalb des Prä-Post-Designs führt jede Lehrkraft ihren Unterricht zweimal am gleichen Tag durch, jeweils mit einer Klassenhälfte. Nach dem ersten Unterricht erfolgt eine kollegiale Reflexion zwischen Lehrkraft, Peers und Dozierenden. Die Leitfragen der Intervention sind offen gestaltet und an Reflexionsgespräche der zweiten Phase angelehnt. In diesem Rahmen erfolgt u.a. eine Rekonstruktion und Analyse des Unterrichts sowie die Entwicklung von Handlungsalternativen für Unterricht 2. Nach einer Reorganisationsphase führt die Lehrkraft den adaptierten Unterricht mit der zweiten Klassenhälfte durch. Dieses Setting wird mithilfe mehrerer Instrumente untersucht. Im aufgezeigten Lehr-/Forschungssetting (Abb. 1) wurden die Miniaturen bzgl. einer Reihe von Unterrichtsqualitätsmerkmalen hochinferent eingeschätzt. Veränderungen zwischen Unterricht 1 und 2 können global sowie auch auf Subdimensionsebene erfasst werden (Szogs et al., 2021) und tragen damit zur Aufklärung des Einflusses kollegialer Reflexionen bei. In einem weiteren Schritt konnten durch umfangreiche *Kodierungen kollegialer Reflexionen* erste Effekte auf die Veränderung der Unterrichtsqualität (UQ)

identifiziert werden. So zeigt sich, dass u.a. hohe Anteile interpretierender und begründender Aussagen einen positiven Einfluss haben, während hohe Anteile narrativer Elemente oder eine Ideen-Flut zur Verschlechterung des zweiten Unterrichts beitragen kann (Szogs et al., 2020).

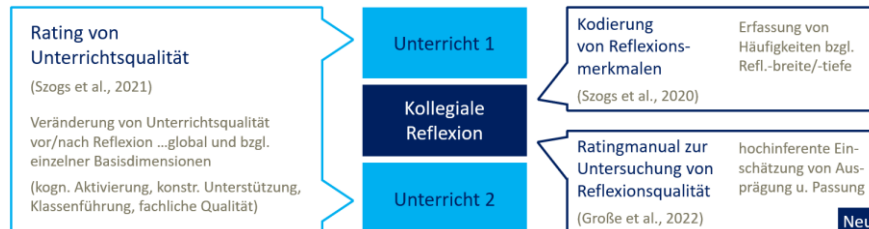


Abb. 1: Microteaching Setting mit Auswahl an Instrumenten

Auf Grundlage von Struktur (UQ-Ratingmanual) und Ergebnissen (Kodierung Reflexionen) der Vorarbeiten wurde ein neues Instrument zur *Einschätzung der Merkmale von Reflexionsqualität (ReQ)* entwickelt (Große & Korneck, 2022). Hiermit soll ein höheres Auflösungsvermögen bzgl. der *Tiefenstrukturen von Reflexionsprozessen* erzielt werden. Anhand hochinferenter Ratings wird in einer Reanalyse (50 Reflexionen von Kodierungsarbeiten) die Ausprägung und Passung von Qualitätsmerkmalen durch drei erfahrene Rater:innen eingeschätzt.

Manual zur Erfassung von Reflexionsqualität (ReQ)

Die Basis des ReQ-Ratingmanuals bildet das EDAMA Rahmenmodell nach Aepli und Lötcher (2016). Mithilfe von Reflexionsphasen und -kategorien soll die Etablierung und Kommunikation eines differenzierten Reflexionsverständnisses unterstützt werden (ebd.). In Anlehnung an das Modell wurden die Phasen ‚Abbilden‘, ‚Analysieren‘ sowie ‚Handlungsoptionen‘ und auch die Prozesse ‚Kritisches Prüfen‘ sowie ‚Blickrichtung‘ operationalisiert (Abb. 2). Auch die bewusste Entscheidung zum Aufbrechen hierarchischer Reflexionsebenen zugunsten individueller Kategorien (Collin et al., 2013), die fallspezifische Reflexionsschwerpunkte berücksichtigen, wurde adaptiert.

| | Abbilden | Analysieren | Handl.-opt. | | Abbilden | Analysieren | Handl.-opt. | Krit. Prüfen | Blickrichtung |
|--|----------|-------------|-------------|--|---|-------------|-------------|--------------|---------------|
| Reflexionsphasen | | | | | Reflexionsprozesse | | | | |
| Abbildung und Unterstützung im Unt. | | | | | Akteure und Prozessqualität in Reflexion | | | | |
| Analyse von Unterrichtsdetails | X | X | | Fokus SuS-Verhalten und -bedarfe | X | X | | | |
| Fokus auf Unterrichtsphasen | X | X | | Verdichtung zu Unterrichtsbildern | X | X | | | |
| Elemente Konstr. Unterstützung in Reflexion | | X | X | Fachl./fachdid. Elemente in Reflexion | X | X | X | | |
| Lenkung und Konstruktivismus im Unt. | | | | | Mehrwert aus Reflexionsprozess | X | X | X | X |
| Charakter des Lernprozesses | | X | X | Mehrwert aus Diskursivität in Reflexion | X | X | X | X | X |
| Elemente Kognitiver Aktivierung in Reflexion | | X | X | Mehrwert aus Perspektivwechsel | X | X | X | X | |
| | | | | Passung u. Bereitschaft Reflexionsprozess | | | | | |
| | | | | Struktur und Reflexionsschwerpunkt | X | X | X | | X |
| | | | | Passung Reflexionsangebot/-urteil | X | X | X | | X |
| | | | | Bereitschaft zur Reflexion | X | X | X | X | |

Abb. 2: Verortung individueller Schwerpunkte auf Subdimensionsebene

Neben deduktiv abgeleiteten Items konnte der Itempool auch induktiv, auf Basis der Vorarbeiten und umfangreicher ReQ-Manual-Pilotierungen, erweitert werden. Da sich trotz umfangreicher Kodierungen (Abs. 4) keine Effekte durch *Perspektivwechsel* oder *Diskursivität* der

Reflektierenden aufklären ließen, wurden diese Elemente auf Subdimensionsebene im Manual verortet und tragen damit zu einem höheren Auflösungsvermögen des Instruments bei.

Einschätzung kollegialer Reflexionen

Als Zwischenergebnis der Haupterhebung (n=50) wurden 14 kollegiale Reflexionen untersucht. Mithilfe einer Hauptkomponentenanalyse konnten vier Dimensionen identifiziert werden (KMO = .71). Die Bildung von 15 Subdimensionen ergab zufriedenstellende Reliabilitäten ($.71 > \alpha_c > .89$). Durch Prüfung des Manuals, hinsichtlich mehrerer Gütekriterien, lassen sich zwei Dimensionen mit Fokus auf *Reflexionsphasen* sowie zwei weitere bzgl. der *Reflexionsprozesse* inhaltlich valide zuordnen (Abs. 6). Auf Subdimensionsebene zeigt sich die Anlage der deduktiv und induktiv erschlossenen Tiefenstrukturmerkmale. Anders als bei klassischen Reflexionsniveaus wurden keine diskreten oder hierarchischen Zielzustände operationalisiert, sondern eine Passung und Ausprägung von Qualitätsmerkmalen (Abs. 6). Der Einsatz des Manuals als Performanztest ist nicht vorgesehen.

Erste Interpretationen von Profillinien auf Subdimensionsebene (n=14) lassen eine Konsolidierung auf drei Muster erkennen. Im *>Muster 1<* wird der Reflexionsschwerpunkt auf das fachliche Abholen und Mitnehmen der Lerngruppe ausgerichtet, was mit einer ausgeprägten fachlich-fachdidaktischen Analyse einhergeht. Die Prozessebene (Prüfen, Blickrichtung) scheint als Moderator zu fungieren und entscheidet über den Mehrwert der Reflexion. Im *>Muster 2<* zeigen sich große Teile der Reflexionsphasen und -prozesse eher gering ausgeprägt. Elemente, wie vertiefende Rückfragen oder ausschärfende Ergänzungen vorheriger Wortbeiträge, fehlen zumeist und tragen daher kaum zu einer Balance zwischen Reflexionsbreite und -tiefe bei. Eine unstrukturierte Flut an Details und Ideen ist für Lehrkraft sowie Peers gleichermaßen überlastend und führt zu einer inhaltlichen Entkopplung zwischen den Phasen ‚Analyse‘ und ‚Handlungsoptionen‘. Das *>Muster 3<* wirkt in den zuvor genannten Aspekten ausbalanciert und zeigt eine konstruktive Wechselwirkung zwischen den Reflexionsphasen untereinander. Gleichzeitig gelingt hier eine Quervernetzung zu den Reflexionsprozessen, welche die Wortbeiträge als Ausgangspunkt bzw. Gelegenheit zur Prüfung auf Passung und Perspektive aufgreifen. In diesem Muster zeigt sich in der Zwischenbilanz das größte Potential zur Verbesserung von Unterrichtsqualität.

Aktueller Stand und Ausblick

Beim vergleichenden Blick auf Ergebnisse aus Analysen von Unterrichts- und Reflexionsqualität zeigt sich validierend, dass eine Auseinandersetzung und Verwertung von Tiefenstrukturmerkmalen einen positiven Einfluss auf die Veränderung von Unterrichtsqualität haben kann: Durch Reorganisation des Unterrichts, basierend auf Muster 3, lässt sich eine Verbesserung der Unterrichtsqualität auf mehreren Ebenen identifizieren. Nach Abschluss der ReQ-Haupterhebung im November 2022 werden, neben einer latenten Profilanalyse, auch Zusammenhänge mit Aspekten *professioneller Überzeugungen* und *fachdidaktischem Wissen* von Lehrkraft und Peers untersucht. Gleichzeitig sollen anhand eines Mixed-Methods-Ansatzes Extremfälle der quantitativen ReQ-Analysen in einem explanativen Design auch qualitativ betrachtet werden. So können auch Aspekte *professioneller Wahrnehmung* zur Validierung und Aufklärung der Reflexionsmuster beitragen. Final sollen aus dieser Arbeit auch Implikationen für Regelunterricht und Schulpraxis skizziert werden.

Literatur

- Aeppli, J. & Löttscher, H. (2016). EDAMA - Ein Rahmenmodell für Reflexion. In *Beiträge zur Lehrerinnen und Lehrerbildung* 34 (2016) 1, S. 78-97.
- Collin, S., Karsenti, T. & Komis, V. (2013). Reflective practice in initial teacher training: Critiques and perspectives. *Reflective Practice*, 14 (1), 104-117.
- Danielowich, R. (2007). Negotiating the conflicts: Reexamining the structure and function of reflection in science teacher learning. *Science Education*, 91 (4), 629-663.
- Große, A. & Korneck, F. (2022). Rating der Qualität kollegialer Reflexionen. In S. Habig & H. Van Vorst (Hrsg.): *Unsicherheit als Element von naturwissenschaftsbezogenen Bildungsprozessen*. 48. Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (42).
- Häcker, T. (2019). Reflexive Professionalisierung: Anmerkungen zu dem ambitionierten Anspruch, die Reflexionskompetenz angehender Lehrkräfte umfassend zu fördern. In M. Degeling, N. Franken, S. Freund, S. Greiten, D. Neuhaus & J. Schellenbach-Zell (Hrsg.): *Herausforderung Kohärenz. Praxisphasen in der universitären Lehrerbildung. Bildungswissenschaftliche und fachdidaktische Perspektiven*. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt 2019, S. 81-96.
- Jay, J.K. & Johnson, K.L. (2002). Capturing complexity: A typology of reflective practice for teacher education. *Teaching and Teacher Education*, 18 (1), 73-85.
- Leonhard, T. & Rihm, T. (2011). Erhöhung der Reflexionskompetenz durch Begleitveranstaltungen zum Schulpraktikum? Konzeption und Ergebnisse eines Pilotprojekts mit Lehramtsstudierenden. *Lehrerbildung auf dem Prüfstand*, 4 (2), 240-270.
- Szogs, M., Große, A. & Korneck, F. (2020). Wie bedingen sich die Unterrichtsqualität und Reflexivität angehender Physiklehrkräfte? In S. Habig (Hrsg.): *Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung in Wien 2019*.
- Szogs, M., Oettinghaus, L., Krüger, M., Große, A. (2021). *Unterrichtsbeobachtung 2021: Ratingmanual zur Einschätzung der Unterrichtsqualität im Physikunterricht. PHIactio - Professionelle Kompetenz und professionelles Unterrichtshandeln von Physiklehrkräften*. Hrsg. vom Verbund Forschungsdaten Bildung (VerbundFDB). Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation. Online verfügbar unter <https://www.forschungsdaten-bildung.de/en/studies/875-professionelle-kompetenz-und-professionelles-unterrichtshandeln-von-physiklehrkraeften>.
- Förderhinweis: "The Next Level - Lehrkräftebildung vernetzt entwickeln" wird im Rahmen der gemeinsamen Qualitätsoffensive Lehrerbildung von Bund und Ländern aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert.

Büşra Tonyali¹
 Mathias Ropohl¹
 Julia Schwanewedel²

¹Universität Duisburg-Essen
²Universität Hamburg

Einfluss von Feedback auf das Wissen von Lehramtsanwärter:innen

Theoretischer Hintergrund

Multiple externe Repräsentationen (MER) dienen im Chemieunterricht als Medium zur Wissensvermittlung. Dabei werden nicht nur fachspezifische und komplexe Repräsentationen eingesetzt, sondern mehrere, unterschiedliche Repräsentationsformen gleichzeitig (Krey & Schwanewedel, 2018). Ohne entsprechende Kompetenzen von Lehrkräften zur Nutzung und Gestaltung von MER ist ein Kompetenzzuwachs seitens der Lernenden kaum möglich (Kozma & Russell, 1997). Angehende Lehrkräfte müssen mit Blick auf MER repräsentationsbezogenes Fachwissen (repFW) und fachdidaktisches Wissen (repFDW) erlangen (McElvany & Willems, 2012). Untersuchungen zeigen jedoch, dass angehende Lehrkräfte über ein geringes repräsentationsbezogenes Wissen verfügen (Taskin, Bernholt & Parchmann, 2015). Insbesondere stellt das kohärente Unterrichten bzw. Repräsentieren von Inhalten auf makroskopischer, submikroskopischer und symbolischer Ebene eine dominierende Schwierigkeit dar, da Schülerschwierigkeiten und -vorstellungen häufig nicht bedacht werden (Bucat & Mocerino, 2009).

Vor diesem Hintergrund wird eine Unterstützungsmaßnahme entwickelt, die Lehramtsanwärter:innen (LAA) dabei helfen soll, ihr Wissen in Bezug auf den Umgang mit Repräsentationen zu erweitern. Befunde der Professionalisierungsforschung indizieren das Potenzial von Feedback in der Ausbildung von Lehrkräften. Dabei sollte sich das Feedback auf ein möglichst konkretes unterrichtliches Vorgehen oder Unterrichtsmaterial beziehen (Lipowsky, 2009). Zudem wird angenommen, dass vor allem die Kombination aus internem (Selbstfeedback) und externem Feedback (Fremdfeedback) dazu geeignet ist, das Wissen angehender Lehrkräfte zu fördern. Bei der Kombination der Feedbackarten generiert eine Person (z.B. LAA) zunächst eigenes Feedback. Unabhängig von dem Ergebnis dieses internen Feedbacks wird in gleicher Vorgehensweise das externe Feedback von einer außenstehenden Person (z.B. Mentor:in, Ausbildungslehrkraft, Fachleitung) gegeben. So kann der/die LAA durch das Vergleichen und Reflektieren beider Feedbacks zukünftige Arbeits- und Denkprozesse anpassen und optimieren (Butler & Winne, 1995).

Forschungsfragen

Übergeordnetes Ziel des Vorhabens ist die Klärung der Frage, wie sich das repräsentationsbezogene Wissen von LAA mithilfe einer feedbackgestützten Intervention fördern lässt:

- FF 1: Welchen Effekt haben internes und/oder externes Feedback bei LAA auf ihr repräsentationsbezogenes Fachwissen und ihr fachdidaktisches Wissen?
 FF 2: Welchen Einfluss haben individuelle Faktoren durch den Vorbereitungsdienst (wie Belastungen, Selbstwirksamkeitserwartung) auf diese Variablen?

Methodisches Vorgehen

Die Interventionsstudie im Prä-Post-Kontrollgruppendesign wurde als interaktives Online-Selbstlernmodul in den Vorbereitungsdienst in NRW implementiert und bei einer Gesamtstichprobe von $N = 98$ LAA erprobt (73 % LAA mit abgeschlossenem Lehramtstudium, 27 %

Seiten- und Quereinsteiger:innen). Zur Untersuchung von Interaktionseffekten wurde das Feedback zwischen den drei Untersuchungsgruppen variiert: 1. Internes und externes Feedback (IG1), 2. Internes Feedback (IG2), 3. Dummy Feedback (KG). Beide Feedbackvarianten wurden anhand eines entwickelten Bewertungsbogens standardisiert generiert.

Die Intervention bestand aus drei Sitzungen à 90 Minuten. Jede Sitzung war identisch aufgebaut und thematisierte einen anderen chemischen Inhalt. Im ersten Schritt designten die LAA ein Lehr-Lern-Material anhand eines vorgegebenen Lernziels sowie bereitgestellter Text- und Bildelemente. Anschließend bewertete jede Testperson in IG1 und IG2 ihr Arbeitsblatt mittels Bewertungsbogen (internes Feedback). In der folgenden Interventionsitzung erhielten die Testpersonen in IG1 einen für ihr Arbeitsblatt ausgefüllten Bewertungsbogen von Seiten der Testleitung (externes Feedback). Zuletzt verglichen sie beide Feedbacks (intern und extern) miteinander und designten in der nächsten Sitzung erneut ein Lehr-Lern-Material. Die IG2 erhielt kein externes Feedback und die KG gar kein Feedback. In diesen beiden Gruppen wurden die Arbeitsphasen mit anderen, nicht feedbackbezogenen Aufgaben ergänzt, um die Gesamtarbeitszeit in den Gruppen gleich zu halten.

Als abhängige Variablen wurden im Prä- (105 min) und Posttest (90 min) u.a. das repFW ($\alpha_{\text{Prä}} = .69$) und das repFDW ($\alpha_{\text{Prä}} = .63$) erhoben. Die Testinstrumente wurden in Anlehnung an bereits evaluierte Tests adaptiert, weiterentwickelt und in der Pilotierung evaluiert. Als Kontrollvariablen wurden das allgemeine fachliche und fachdidaktische Wissen sowie Merkmale zum Ausbildungshintergrund erhoben (Tonyali, Ropohl & Schwanewedel, 2020). Alle Testungen wurden in die Lernplattform Moodle implementiert und online durchgeführt. Beide Feedbackarten wurden anhand eines kriteriengeleiteten Bewertungsbogens generiert, welcher in einer Vorstudie pilotiert wurde (Tonyali et al., 2020). Der Bewertungsbogen enthält verschiedene fachdidaktische und kognitionspsychologische Kriterien, die bei der Gestaltung von chemischen Repräsentationen berücksichtigt werden sollten. Die Bewertung bzw. Überprüfung dieser Kriterien erfolgt über eine fünfstufige Likert-Skala mit 64 Items und einer anschließenden Gesamtbewertung.

Ergebnisse

In Abb. 1 sind die Ergebnisse zum repräsentationsbezogenen Wissen dargestellt. Sowohl das repFW als auch repFDW sind im Prätest auf einem eher niedrigen Niveau. In Bezug auf das repFW unterscheiden sich die Gruppen IG2 und KG im Prätest voneinander ($F(2, 87) = 3.28^*$, $\eta^2 = .07$; $t(59) = 2,61^{**}$). Dieser Unterschied ist im Posttest nicht mehr vorhanden. Eine Zunahme des repFW ist in den Gruppen IG1 ($t(28) = -2,82^{**}$, $d = .52$) und KG ($t(31) = -3,70^{***}$) zu finden. Hinsichtlich des repFDW gibt es keine Unterschiede im Prätest. Im Posttest unterscheiden sich die Gruppen IG2 und KG voneinander ($F(2, 87) = 3.38^*$, $\eta^2 = .07$; $t(59) = 2.48^{**}$, $d = .32$). Darüber hinaus steigt das repFDW in der Gruppe IG2 an ($t(28) = -3,35^{**}$, $d = .62$).

Durch eine multiple hierarchische Regressionsanalyse konnten Prädiktoren für beide Wissensbereiche ermittelt werden. Die Prädiktoren *repFW im Prätest* ($B = .40^{***}$, $SE \beta = .10$), *allgemeines Fachwissen* ($B = .21^*$, $SE \beta = .08$) und die *Hochschulabschlussnote* ($B = 6.90^*$, $SE \beta = 3.00$) sagen das repFW im Posttest (pro Prozenteinheit) voraus (korr. $R^2 = .39$, $F(3, 53) = 12.86^{***}$). Wiederum kann das repFDW im Posttest (pro Prozenteinheit)

* $p < .05$. ** $p < .01$. *** $p < .001$.

von den Prädiktoren *repFDW im Prättest* ($B = .65^{***}$, $SE \beta = .11$) sowie der *Selbstwirksamkeitserwartung an den eigenen Chemieunterricht* ($B = 9.00^{**}$, $SE \beta = 3.35$) vorausgesagt werden ($\text{korr. } R^2 = .41$, $F(2, 54) = 20.76^{***}$).

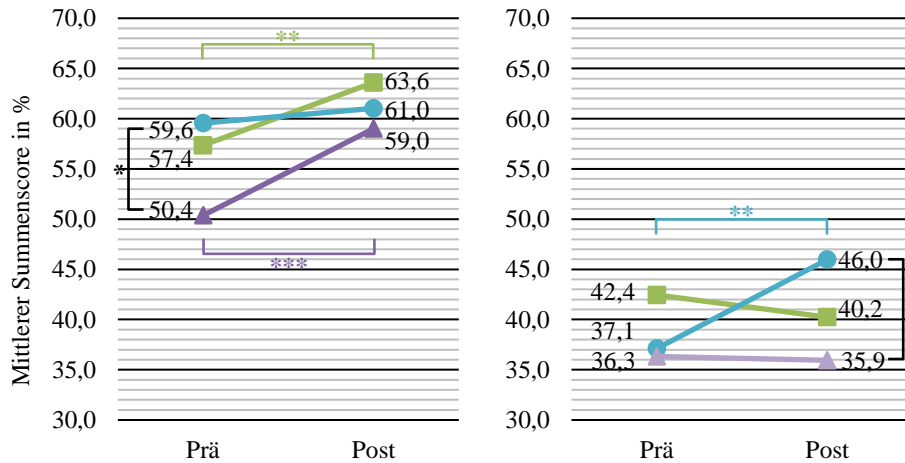


Abb. 1: Summenscores und Varianzanalysen zu den Untersuchungsgruppen, links *repFW* und rechts *repFDW* (grün/■: IG1, blau/●: IG2, violett/▲: KG)

Zu beiden Interventionsgruppen IG1 und IG2 liegen zudem Daten zum Cognitive Load für jede Interventionssitzung vor. Auffällig ist der Cognitive Load bzw. die wahrgenommene Schwierigkeit, den Bewertungsbogen auszufüllen, die in beiden Gruppen von Sitzung zu Sitzung signifikant abfällt, in IG1 jedoch immer signifikant höher als in IG2 ist ($d = .73-.92$, $p = .021-.050$).

Zusammenfassung

Die Daten deuten darauf hin, dass internes und/oder externes Feedback differenzielle Effekte bewirken: Internes Feedback bewirkt bei LAA die Zunahme von *repFW*, während beim zusätzlichen Einsatz von externem Feedback das *repFW*, aber auch der Cognitive Load steigen. Die Zunahme des *repFW* in der KG muss an Gründen außerhalb des Feedbacks liegen, da hier kein Feedback eingesetzt wurde. Dies wird in den nächsten Analyseschritten näher untersucht. Bezogen auf den Kontext Vorbereitungsdienst, in dem das fachliche Wissen der LAA aus dem Lehramtsstudium bereits ausgereift sein müsste, und nun schwerpunktmäßig fachdidaktisches Wissen vertieft werden muss, erweist sich in dieser Studie internes Feedback als die effektivere Feedbackform (FF 1). Als Prädiktoren für einen feedbackbasierten Wissenszuwachs wurden beim *repFW* die Abschlussnote an der Universität sowie das Vorwissen im allgemeinen und repräsentationsbezogenen Fachwissen festgestellt. Wiederum kann das *repFDW* mit der Selbstwirksamkeitserwartung und dem Vorwissen im *repFDW* vorausgesagt werden (FF 2).

Literatur

- Bucat, B. & Mocerino, M. (2009). Learning at the Sub-micro Level: Structural Representations. In J. K. Gilbert & D. F. Treagust (Hrsg.), *Multiple Representations in Chemical Education* (Bd. 4, S. 11–29). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Butler, D. L. & Winne, P. H. (1995). Feedback and Self-Regulated Learning: A Theoretical Synthesis. *Review of Educational Research*, 65, 245–281.
- Kozma, R. B. & Russell, J. (1997). Multimedia and Understanding: Expert and Novice Responses to Different Representations of Chemical Phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(9), 949–968.
- Krey, O. & Schwanewedel, J. (2018). Lernen mit externen Repräsentationen. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (Bd. 33, S. 159–175). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Lipowsky, F. (2009). Unterrichtsentwicklung durch Fort- und Weiterbildungsmaßnahmen für Lehrpersonen. *Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung*, 27(3), 346–360.
- McElvany, N. & Willems, A. S. (2012). Videobasiertes Fortbildungsmodul zur Bild-Text-Integration. *Schule NRW*, (2), 68–70.
- Taskin, V., Bernholt, S. & Parchmann, I. (2015). Student Teachers' Knowledge About Chemical Representations. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15(1), 39–55.
- Tonyali, B., Ropohl, M. & Schwanewedel, J. (2020). Optimierung von Lehr-Lern-Materialien durch Feedback im Referendariat. In S. Habig (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (Bd. 40, S. 677–680). Jahrestagung in Wien 2019.

Christina Priert¹
Jürgen Menthe¹

¹Universität Hildesheim

Klimawandel und COVID-19

Implizites Wissen bei der Beurteilung globaler Krisen

Theoretischer Hintergrund

Die Gesellschaft und die Politik werden fortlaufend mit verschiedensten Krisen konfrontiert. Je nach wahrgenommener Ausprägung der Bedrohung erfordern diese Krisen ein Handeln. Laut Bösch, Deitelhoff und Kroll (2020) kann die Bewältigung einer Krise erfolgen, indem eine De-Politisierung und ein schnelles Entscheiden stattfinden. Damit Krisen und ihre Vielseitigkeit richtig eingeschätzt werden können, bedarf es einen mehrperspektivischen Blick. Der Klimawandel und die COVID-19-Pandemie stellen zwei aktuell bedeutsame Krisen dar. Sie sind gesellschaftlich relevante und interdisziplinäre Herausforderungen, die einen wissenschaftlichen Schwerpunkt aufweisen, womit sie als Socio-Scientific-Issues (SSI) gelten (Zeidler & Nichols, 2009; Dawson & Carson, 2018; Ke et al., 2021). Eine unterrichtliche Auseinandersetzung mit solchen SSI fördere vor allem die Mehrperspektivität und damit auch die Bewertungskompetenz von Schülerinnen und Schülern (Dittmer et al., 2016; Gebhard et al., 2017), wodurch eigene Handlungsperspektiven zur Bewältigung solcher Krisen entstehen könnten. Bisherige Studien zu Einstellungen, Sichtweisen und Orientierungen zum Klimawandel zeigen, dass Jugendliche den Klimawandel als eine ernst zu nehmende Bedrohung ansehen, jedoch die eigene Rolle im Handeln gegen den Klimawandel als eher passiv und weniger gestalterisch begreifen (Sander, 2016; Holfelder, 2018; Bundesministerium für Umwelt et al., 2020; Pusch & Home, 2021). Die wenigen Studien zur COVID-19-Pandemie zeigen, dass der Klimaschutz durch die stärkere Fokussierung auf die Pandemie in den Hintergrund gerückt wurde (Loureiro & Alló, 2021) und dass beim Vergleich der beiden Krisen unterschiedliche Angstregime vorliegen, die unmittelbaren Einfluss auf das gesellschaftliche und politische Handeln haben (Jankó, 2020). Im Hinblick auf die bisherigen Erkenntnisse bezüglich beider Krisen wurde sich in diesem Projekt mit folgender Frage auseinandergesetzt: „Wie gehen jugendliche Schülerinnen und Schüler mit den aus der Krise resultierenden Herausforderungen und den damit verbundenen eigenen Unsicherheiten um?“. Eine Konfrontation mit beiden Krisen sollte einen Einblick darin gewähren, wie die Jugendlichen zu beiden Themen stehen, welche Sichtweisen und Orientierungen deutlich werden sowie inwiefern eigene Handlungsperspektiven erkannt werden.

Design

An der Studie nahmen 40 Jugendliche teil. Neben neun Gruppendiskussionen mit Zehntklässler:innen wurden fünf kontrastierende Gruppendiskussionen mit Achtklässler:innen und mit „Fridays for Future“-Jugendlichen durchgeführt. Die thematische Fokussierung der Gruppendiskussionen wurde mittels zweier Audiovignetten erreicht. Die Frageimpulse wurden auf einer von den Jugendlichen selbst navigierten PowerPoint-Präsentation eingegeben, um die Jugendlichen nicht durch unterschiedliche Impulse zu beeinflussen. Die Audiovignetten und die Frageimpulse wurden nacheinander bearbeitet (Abb. 1).

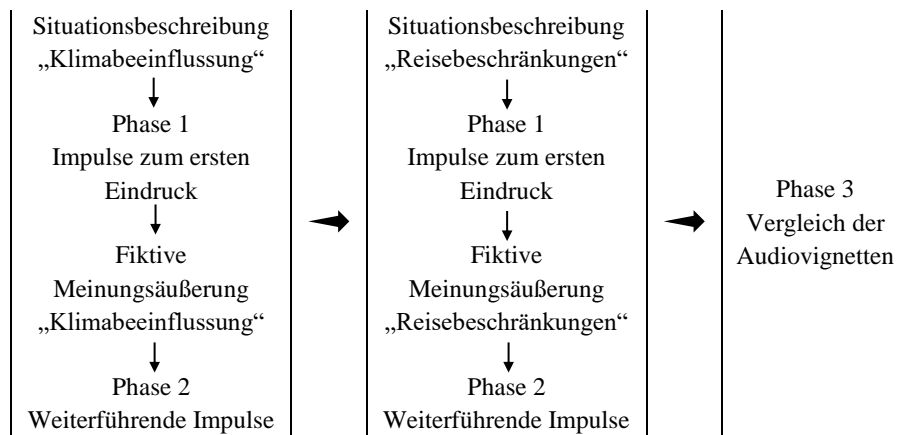


Abb. 1: Inhaltliche Struktur der Gruppendiskussionen.

Nachdem das Datenmaterial transkribiert wurde, wurde es dokumentarisch ausgewertet, um eine Rekonstruktion der Orientierungen vornehmen zu können. Der methodische Ansatz der Dokumentarischen Methode beruht auf der Wissenssoziologie nach KARL MANNHEIM (1980) und zielt auf die implizite Ebene des im Gesagten sich dokumentierenden konjunktiven Wissens der untersuchten Gruppen ab. Durch die Fokussierung auf den „modus operandi“ sollen die kollektiven Erfahrungsräume, in denen das kommunikative und konjunktive Wissen geteilt wird, sichtbar gemacht werden (Bohnsack, 2014). Das diskursanalytische Vorgehen nach Przyborski (2004) erlaubt dabei eine dokumentarische Gesprächsanalyse der vorliegenden Gruppendiskussionen.

Ergebnisse

Auf der Ebene des expliziten Wissens wurde in den Gruppendiskussionen deutlich, dass die Qualität der jeweiligen Krise und die Qualität der Handlungen ausgehandelt wurde. So wurde der Klimawandel als vorhersehbar und sich schleichend entwickelnd beschrieben. Die Folgen treffen erst in der Zukunft ein, sodass eine unmittelbare Betroffenheit nicht vorhanden ist. Auf diese Weise können Handlungen geplant und abgesichert werden, da unmittelbares Eingreifen nicht notwendig wäre. Trotz dessen werden bisherige Handlungen im Zuge des Klimaschutzes als nachgiebig und inkonsequent angesehen. Die Pandemie wird dagegen als unvorhersehbar und sich schnell entwickelnd eingeschätzt. Die Folgen waren direkt spürbar, was eine unmittelbare Betroffenheit auslöste. Eine Planung war demnach nicht möglich, sodass Handlungen schnell folgen mussten. Daraus zeigt sich, dass der *Ort-/Zeit-Faktor*, der *Grad der Betroffenheit*, die *Geschwindigkeit der Entwicklung* und die *(Un-)Vorhersehbarkeit des Ereignisses* die Qualitäten der Krisen und der Handlungen bestimmen. Trotz der Tatsache, dass sowohl der Klimawandel als auch die COVID-19-Pandemie bedeutende, gesellschaftsrelevante Krisen sind, werden sie aufgrund ihrer Qualitäten als grundlegend verschieden angesehen. Der Entscheidungsprozess, der zu einem krisenbezogenen Handeln führt, wird von den Schülerinnen und Schülern so beschrieben, dass das demokratische Prinzip, der Erhalt von Mandaten und Fachwissen als Befähigungslegitimationen angesehen werden und als Gründe angeführt werden, weshalb bestimmte Personengruppen am

Entscheidungsprozess beteiligt sein sollten. In dieser Vorstellung werden allerdings auch Abhängigkeiten und Machtpositionen deutlich gemacht (Abb. 2).

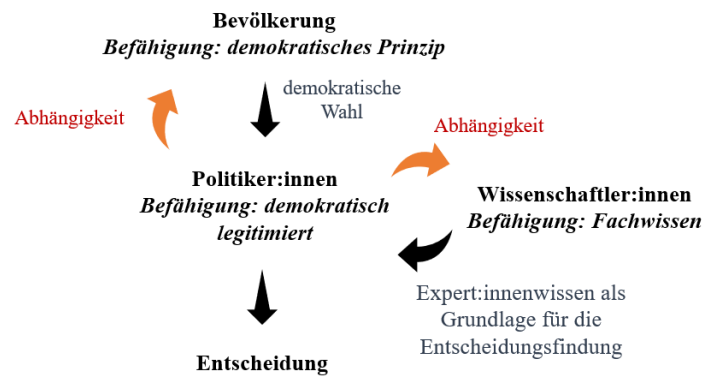


Abb. 2: Schüler:innenvorstellung zum Entscheidungsprozess und den Beteiligten.

Auf impliziter Ebene zeigt sich deutlich, dass die Jugendlichen im Kontext beider Krisen und der daraus resultierenden Herausforderungen eigene Unsicherheiten offenbaren und mit diesen auf verschiedene Art und Weise umgehen. Diese stellen den modus operandi der Gruppendiskussionen dar, der vergleichend analysiert wurde. Die Unsicherheiten zeichneten sich ab, als die Jugendlichen mittels implizit verankerten Wissens ihre eigene Realität konstruierten und dabei eigene Entscheidungsprozesse bezüglich des Umgangs mit beiden Krisen offenbarten. Durch diese Konstruktion ihrer eigenen Realität grenzen sie sich von einer Realität ab, die durch Unsicherheiten geprägt ist. Diese Unsicherheiten konnten zu drei Oberkategorien zusammengefasst werden: Unsicherheiten aufgrund des Ausmaßes der Krise, Unsicherheiten aufgrund von Krisenbewältigungsstrategien und Unsicherheiten aufgrund einer Verantwortlichkeitszuweisung. Diese drei Kategorien bilden Situationen oder Zustände ab, in denen die Jugendlichen ihre eigene „erlebte oder vermutete Kontrollierbarkeit oder Beeinflussbarkeit“ (Pfister et al., 2017, S. 119) der jeweiligen Situation aushandeln und damit ihre persönliche Unsicherheit zeigen. So wurde beispielsweise bei der Aussicht, den Klimawandel mittels Maßnahmen zu stoppen eine Unsicherheit aufgrund der Folgen und Wirkungen einer solchen Krisenbewältigung gezeigt. Durch die Skepsis gegenüber möglichen negativen Folgen und Wirkungen, die bei einem Handeln entstehen könnten, wurde diese Unsicherheit deutlich. Indem sie externalisierend, suchend, distanzierend oder gar ablehnend reagieren sowie ihre Realität auf entsprechende Art konstruieren, zeigen sie unterschiedliche Formen des Umgangs mit den jeweiligen Unsicherheiten. Der Umgang unterscheidet sich zwischen den Gruppen. Es wird aber auch deutlich, dass sich innerhalb der Gruppen gleiche Tendenzen zeigen und sich hier bereits Typen herauskristallisieren.

Ausblick

Für die Absicherung dieser Ergebnisse werden weitere Auswertungen und kontrastierende Vergleiche durchgeführt, um eine konkrete Typologie der Gruppen vornehmen zu können.

Literatur

- Bohnsack, R. (2014). *Rekonstruktive Sozialforschung. Einführung in qualitative Methoden* (UTB, 8242: Erziehungswissenschaft, Sozialwissenschaft, 9., überarb. und erw. Aufl.). Opladen, Toronto: Budrich.
- Bösch, F., Deitelhoff, N. & Kroll, S. (Hrsg.). (2020). *Handbuch Krisenforschung (Handbuch)*. Wiesbaden: Springer VS.
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit & www.bmu.de. (2020). *Zukunft? Jugend fragen! Umwelt, Klima, Politik, Engagement – Was junge Menschen bewegt*.
- Dawson, V. & Carson, K. (2020). Introducing Argumentation About Climate Change Socioscientific Issues in a Disadvantaged School. *Research in Science Education*, 50(3), 863–883.
- Dittmer, A., Gebhard, U., Höttecke, D. & Menthe, J. (2016). Ethisches Bewerten im Naturwissenschaftlichen Unterricht. Theoretische Bezugspunkte. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 22(1), 97–108.
- Gebhard, U., Höttecke, D. & Rehm, M. (2017). *Pädagogik der Naturwissenschaften*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Holfelder, A.-K. (2018). *Orientierungen von Jugendlichen zu Nachhaltigkeitsthemen*. Dissertation. Wiesbaden.
- Jankó, F. (2020). Fear regimes: Comparing climate change and the Covid-19 pandemic. *Geoforum*, 117, 308–310. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2020.09.023>
- Ke, L., Sadler, T. D., Zangori, L. & Friedrichsen, P. J. (2021). Developing and Using Multiple Models to Promote Scientific Literacy in the Context of Socio-Scientific Issues. *Science & Education*, 30(3).
- Loureiro, M. L. & Alló, M. (2021). How has the COVID-19 pandemic affected the climate change debate on Twitter? *Environmental Science & Policy*, 124, 451–460.
- Mannheim, K. (1980). *Strukturen des Denkens (Suhrkamp-Taschenbuch Wissenschaft, Bd. 298, 1. Auflage)*. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Pfister, H.-R., Jungermann, H. & Fischer, K. (2017). *Die Psychologie der Entscheidung. Eine Einführung* (4. Aufl.): Springer Berlin Heidelberg.
- Przyborski, A. (2004). *Gesprächsanalyse und dokumentarische Methode. Qualitative Auswertung von Gesprächen, Gruppendiskussionen und anderen Diskursen*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Pusch, B. & Horne, C. (2021). Our Common Future Today: Umwelt- und Nachhaltigkeitsorientierungen von Jugendlichen in der Pfalz. In: Bünger, C., Czejkowska, A., Lohmann, I. & Steffens, G. (Hrsg.). (2022). *Zukunft - Stand jetzt (Jahrbuch für Pädagogik, Bd. 2021, 1. Auflage)*. Weinheim: Beltz Juventa.
- Sander, H. (2016). *Orientierungen von Jugendlichen beim Urteilen und Entscheiden in Kontexten nachhaltiger Entwicklung. Eine rekonstruktive Perspektive auf Bewertungskompetenz in der Didaktik der Naturwissenschaft*. Dissertation. Universität Hamburg, Hamburg.
- Zeidler, D. L. & Nichols, B. H. (2009). Socioscientific issues: Theory and practice. *Journal of Elementary Science Education*, 21(2), 49–58.

Frederik Bub¹
 Thorid Rabe¹

¹Martin-Luther-Universität Halle-
 Wittenberg

Klima, Energiewende und Kernwaffen – Zur Rolle von SSI im Physikunterricht

Socioscientific Issues im Physikunterricht

Socioscientific Issues (SSI) sind naturwissenschaftlicher Themen, welche bewusst im Unterricht eingesetzt werden unter der Perspektive, dass Schüler*innen zur Bearbeitung des Themas in diskursiven Austausch treten müssen. Die Themen sind in der Regel kontroverser Natur so dass ihre Bearbeitung neben naturwissenschaftlicher Fachkenntnis auch moralischer Argumentationskompetenz bedarf (Zeidler, 2003). Beispielhaft hierfür ist zum Beispiel die Stammzellforschung, Gentechnik oder Umweltprobleme (Sadler et al., 2006). Die Integration solcher Inhalte sollen den kulturellen und gesellschaftlichen Wert der Naturwissenschaften hervorheben, Reflexionsanlässe bilden für meist implizite gesellschaftliche sowie individuelle Normen und insgesamt zu einer gesellschaftlichen Teilhabe an der Gegenwarts- und Zukunftsgestaltung befähigen (Hadjilouca et al., 2010). Die Befähigung zu verantwortungsvoller gesellschaftlicher Teilhabe, begründet vor allem auf umfassenden Bewertungskompetenzen in gesellschaftlich relevanten und ethisch kontroversen Themenkomplexen, wird immer wieder als Bildungsbeitrag des Fachs Physik angeführt (KMK, 2020). Eine Leitperspektive bei der Auswahl von curricularen Inhalten bilden SSI aber häufig nicht. Ob und wie diese also in den Unterricht eingebunden werden, ist maßgeblich geprägt durch die Lehrkraft (u.a. Sadler, 2006).

Forschungsdesign: Interviewstudie und Dokumentarische Methode

In der hier dargestellten qualitativ-rekonstruktiven Studie wurden leitfadengestützte Interviews mit 14 Physiklehrkräften geführt, um die Forschungsfrage zu beantworten, welche implizite Orientierungen zum Verhältnis von Physik und Technik bei Physiklehrkräften rekonstruierbar sind. Der Leitfaden bestand aus offenen Stimuli (Kruse, 2015), welche die Berufsbiographie, das Verhältnis von Physik und Technik, die Rolle von Verantwortung darin und die Integration der Trias Physik-Technik-Verantwortung in den Physikunterricht umfassten (Bub & Rabe 2021). Methodologischer Rahmen der Studie ist die Dokumentarische Methode, welche implizite, handlungsleitende Wissensbestände rekonstruierbar macht durch die Analyse der strukturellen Regelmäßigkeit sozialer Daten wie Interviews (Nohl, 2017). Socioscientific Issues wurden explizit nicht im Leitfaden genannt. Durch die (abstrakten) Fragen zur Trias Physik-Technik-Verantwortung wurden diese jedoch von den Interviewten verbalisiert. Im Folgenden sollen die inhaltlich-thematische Behandlung von Socioscientific Issues und die strukturellen, themenübergreifenden Bearbeitungsmuster der Lehrkräfte dargestellt werden.

Ergebnisse: SSI Thematisierung im Interviewsample

In Abbildung 1 ist die Häufigkeit der Thematisierung von Socioscientific Issues in der Interviewstudie gezeigt. Im Sample wurden Radioaktivität, Energiewende, Mobilität und Klima beschrieben. Elf der vierzehn interviewten Physiklehrkräfte thematisieren in den

Interviews das Thema Radioaktivität. Mit zehn Fällen ist auch das Thema Energiewende stark im Sample vertreten. Die Themen Mobilität und Klimawandel dagegen sind mit sechs beziehungsweise zwei Fällen nur von wenigen Lehrkräften beschrieben worden. Für die Analyse der themenübergreifenden Bearbeitungsmodi für SSI wurden die Textsorten der identifizierten Passagen bestimmt und die Erzählung eigener Unterrichtspraxis (in Abbildung 1 dunkelgrün) ist für die Rekonstruktion herangezogen.

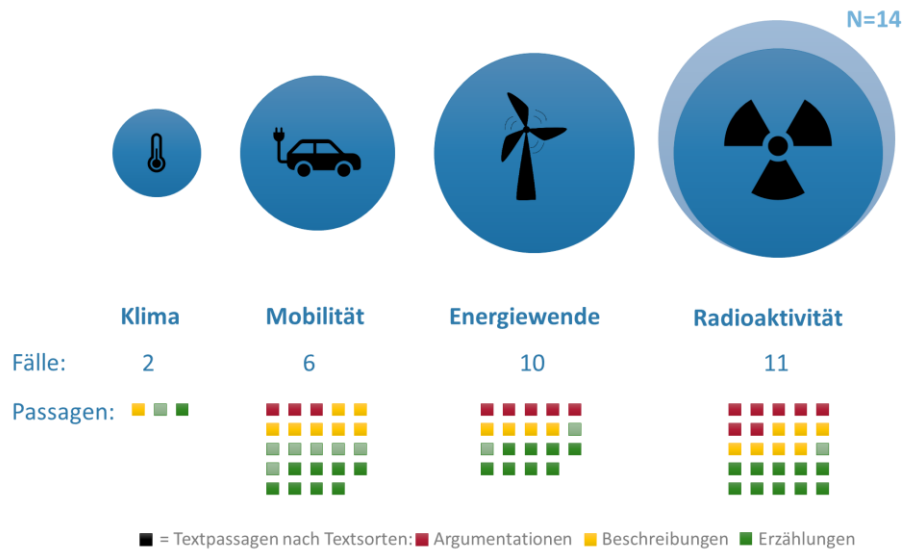


Abb1: Anzahl der Fälle, welche eines der Socioscientific Issues thematisieren (Größe der blauen Kreise), sowie Form der Darstellung (Textsorte der Passagen). Hellgrün sind Erzählungen, welche sich nicht auf die eigene Unterrichtspraxis beziehen.

Ergebnisse: Strukturelle, themenübergreifende Bearbeitungsmodi von SSI

Es konnten fünf verschiedene Bearbeitungsmodi im Interviewsample rekonstruiert werden:

Modus der Begrenzung

Physik wird abgegrenzt von anderen Fächern und gesellschaftlichen Themen mit Bezug auf zeitliche und organisatorische Vorgaben. Dabei werden SSI häufig als relevanter für die Fächer Technik, Geographie oder Ethik beschrieben und die Behandlung auf diese Fächer abgeschoben: „je nachdem wo sich manchmal auch durch die fragen der schüler im unterricht spontan dann irgend=so=n=diskussionspunkt ergibt und das man dann auf die idee kommt vielleicht mal zu sagen, och mensch müsst=er mit=m geolehrer abklären“ (Fall Kirsten Lehmann, 305f). In den Fällen in denen zwar der Physikunterricht als prinzipiell geeigneter Ort für die Behandlung von SSI gesehen wird, werden unzureichende zeitliche Rahmenbedingung und Vorgaben aus Lehrplänen als Hinderungsgrund angeführt.

Modus des Ungeplanten

SSI werden nicht als integraler Unterrichtsbestandteil geplant, sondern ergibt sich nebenbei. Dies betrifft sowohl die Behandlung selbst, welche z.B. auf Fragen von Schüler*innen und Schülern zurückgeführt wird (vgl. Zitat oben), als auch auf die Art der Bearbeitung, bei der z.B. die überfachliche Abstimmung mit Kolleg*innen als zufällig und nicht strukturiert beschrieben wird.

Modus des Besonderen

SSI weichen vom Standard des Physikunterrichts ab in Bezug auf Methoden, Interaktionen und Anforderungen. Beschrieben werden besondere Situationen (z.B. die Stunde vor Weihnachten) und unterrichtliche Einbettungen (die Verwendung von Liedern, Mindmaps, Quizzes, Rollenspielen, Zeitungsartikeln). Auch die Bedeutung der Beziehung zwischen Lehrperson und Schüler*innen wird thematisiert: *„weil physik sonst auch kein:: fach ist wo man viel über die SCHÜLER und ihre MEINUNG erfÄHRT und das ist dann was wo die auch nochmal MENSCHLICHER werden, das find ich dann ganz angenehm“ (Fall Jasmin Albrecht, 350f.)*

Modus der normativen Überforderung

Die (eigene) Normativität im Physikunterricht wird unterschiedlich problematisiert. Hierbei wird die Herausforderung beschrieben, Schüler*innen zur eigenen Meinungsbildung zu befähigen statt ihnen normative Urteile aufzudrücken. Dieser Modus ist sehr unterschiedlich ausgeprägt im Sample vom sehr zurückhaltenden Umgang mit Normativität bis zur klaren Positionierung, dass bestimmte Urteile als gesellschaftlicher Konsens nicht mehr in Frage zu stellen sind und Physikunterricht die klare Pflicht hat, diese Position nachvollziehbar zu machen.

Modus der begründeten Sorge

In Bezug auf SSI wird auf die Gründe von Sorgen fokussiert und diese entweder entkräftet oder gestärkt. Im ersten Fall werden aus Sicht der Lehrperson unbegründete Sorgen z.B. vor Strahlung durch fachlich fundiertes Wissen genommen. In der zweiten Ausprägung dieses Modus wird versucht, die Sorglosigkeit durch eine begründete Sorge zu ersetzen z.B. im Hinblick auf Kernwaffen oder radioaktive Abfälle: *„als jugendlicher is=mer halt unbedachter, [...] da denkste ja nicht drüber nach was passiert jetzt hier ma in paar tausend jahren mit dem radioaktiven material und so weiter und sofort. ich mein, da ist das n punkt auf der liste, aber das ist jetzt nicht DER punkt.“ (Fall Dennis Groß, 471f.)*

Ausblick

Die verschiedenen Modi der Bearbeitung von SSI sollen noch in Beziehung gesetzt werden mit der in dieser Interviewstudie rekonstruierten mehrdimensionalen Typologie (Bub & Rabe, 2021), welche neben grundlegenden Orientierungen zur Konstruktion des eigenen Gestaltungspotentials, der Relevanten Anderen und der Entwicklungsperspektive, auch fachbezogene Orientierungen im Hinblick auf das eigene Bildungsideal strukturiert. Hieraus sollen Hinweise für die Lehrer*innenprofessionalisierung im Hinblick auf die Behandlung von SSI im Physikunterricht abgeleitet werden.

Literatur

- Bub, F. & Rabe, T. (2021). Physik ist Math emit Technik? – Typologien au seiner Interviewstudie. In: Habig, Sebastian [Hrsg.]: Naturwissenschaftlicher Unterricht und Lehrerbildung im Umbruch? Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik online Jahrestagung 2020. Duisburg-Essen : Universität 2021, XVI, 796 S. - (Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik; 41), 246-249
- Hadjilouca, R.; Constantinou, C. P.; Papadouris, N. (2011): The Rationale for a Teaching Innovation About the Interrelationship Between Science and Technology. In: *Sci & Educ* 20 (10), S. 981–1005.
- KMK (Hg.) (2020): Bildungsstandards im Fach Physik für die Allgemeine Hochschulreife. KMK.
- Kruse, J. (2015). Qualitative Interviewforschung: Ein integrativer Ansatz. *Grundlagentexte Methoden*. Weinheim: Beltz Juventa.
- Martens, M. & Asbrand, B. (2018). Dokumentarische Unterrichtsforschung. In M. Heinrich & A. Wernet (Hrsg.), *Rekonstruktive Bildungsforschung. Zugänge und Methoden* (S. 11–23). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Nohl, A.-M. (2013). *Relationale Typenbildung und Mehrebenenvergleich. Neue Wege der dokumentarischen Methode*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Nohl, A.-M. (2017). *Interview und Dokumentarische Methode. Anleitungen für die Forschungspraxis* (Lehrbuch, 5., aktualisierte und erweiterte Auflage). Wiesbaden: Springer VS.
- Sadler, Troy D.; Amirshokoohi, Aidin; Kazempour, Mahsa; Allspaw, Kathleen M. (2006): Socioscience and Ethics in Science Classrooms. *Teacher Perspectives and Strategies*. In: *J. Res. Sci. Teach.* 43 (4), S. 353–376.
- Zeidler, Dana L.; Nichols, Bryan H. (2009): Socioscientific issues: Theory and practice. In: *J Elem Sci Edu* 21 (2), S. 49–58.

Carina Wöhlke¹
 Rainer Wackermann¹
 Thomas Schubatzky²
 Claudia Haagen-Schützenhöfer³
 Marko Jedamski¹
 Kai Cardinal⁴
 Hannes Kasimir Lindemann¹

¹Ruhr-Universität Bochum
²Universität Innsbruck
³Karl-Franzens-Universität Graz
⁴Universität Duisburg-Essen

Wissen Jugendlicher zum Klimawandel: Ergebnisse vom CCCI-422

Ausgangslage

Der Klimawandel ist eines der großen Probleme der Weltgemeinschaft (IPCC-AR6, 2021, 2022). Er betrifft vor allem junge Menschen, weil die mit dem Klimawandel einhergehenden wirtschaftlichen, ökologischen und sozialen Herausforderungen (Schreiner et al., 2005) ihre gesamte Lebensspanne betrifft. WeltbürgerInnen sollten daher eine Grundbildung zum Klimawandel (Climate Literacy) haben. Climate Literacy ist das Verständnis des eigenen Einflusses auf das Klima und des Einflusses des Klimas auf sich selbst und die Gesellschaft (USGCRP, 2009). Für eine bezüglich des Klimawandels grundgebildete Person ist es notwendig, (a) die wesentlichen Prinzipien des Klimasystems der Erde zu verstehen, (b) zu wissen, was wissenschaftlich glaubwürdige Informationen über das Klima sind und wie diese zu bewerten sind, (c) auf sinnvolle Weise über Klima und Klimawandel kommunizieren zu können und (d) fundierte und verantwortungsvolle Entscheidungen im Nachhaltigkeitskontext treffen zu können.

In der vorliegenden Studie wurde ein Instrument entwickelt, um zu untersuchen, inwiefern junge Menschen die wesentlichen Prinzipien des Klimasystems bereits verstehen (siehe dazu auch Schubatzky et al., 2021). Dazu wurde in einem ersten Schritt ein Concept Inventory (CI) aus Australien (Jarrett & Takacs, 2009) ins Deutsche übersetzt, in Österreich eingesetzt und die Schwächen dieses übersetzten CIs identifiziert. Die Schwächen lagen in inhaltlichen und formalen Aspekten des CIs. Daher war eine Neuentwicklung notwendig, für die in einem zweiten Schritt der Konzeptraum zum Thema Klimawandel aus einer physikalischen Perspektive durch Literaturrecherche und ExpertInneninterviews festgelegt wurde. Diese Festlegung wurde in einem dritten Schritt in die Definition eines Ergebnisbereichs und die Entwicklung offener Fragen überführt. Letztere wurden in Interviews von SchülerInnen gelöst. Aus diesen Daten wurden drei bis sieben geschlossene Antworten zu 40 Items entwickelt. In qualitativen und quantitativen Pilotstudien wurde das Instrument evaluiert. Resultat dieser Vorarbeiten ist das Climate Change Concept Inventory-422 (CCCI-422) bestehend aus 35 Items zu den Inhaltsbereichen „Die Atmosphäre unserer Erde“, „Das Klima als System“, „Der Kohlenstoffkreislauf“, „Klima und Wetter“ und „Der Treibhauseffekt“ mit je drei bis fünf Distraktoren.

Forschungsinteresse

Um die Güte eines CIs zu bewerten, werden typischerweise die Inhalts-, Kriteriums- sowie Konstruktvalidität und die Reliabilität geprüft (Steif et al., 2005; Librakin et al., 2006). Bezüglich der Validität werden Argumente dafür gesammelt, dass die Interpretation der Testwerte oder Personenfähigkeiten angemessen ist (Meinhardt et al., 2018). Argumente für

die Inhaltsvalidität des CCCI-422 wurden bereits bei der Erstellung des Konzeptraums durch die ExpertInneninterviews und die Literaturrecherche gesammelt. Außerdem wurden mit der Methode der bekannten Gruppen (hier: Scientist for Future, Studierende und SchülerInnen) Argumente für die Kriteriumsvalidität des CCCI-422 gesammelt. Noch offen ist die Prüfung der Reliabilität an einer größeren Stichprobe sowie das Sammeln von Argumenten für die Konstruktvalidität. Es stellt sich die Frage, ob die fünf Inhaltsbereiche sich als Dimensionen in den Daten des CCCI-422 zeigen.

Methodik in der Hauptstudie

Für die Prüfung der ausstehenden Gütekriterien wurde das CCCI-422 mit den 35 Items mit je drei bis fünf Distraktoren in einer Hauptstudie $N=783$ SchülerInnen der Oberstufe sowie Studierenden aus je zwei deutschen und österreichischen Bundesländern vorgelegt. Die Datenerhebung fand dabei mittels Online-Fragebogen während des Unterrichts im Klassenraum beziehungsweise Seminarraum/Hörsaal zu einem Messzeitpunkt statt. Die erhobenen Daten wurden probabilistisch mittels Raschmodell analysiert, sodass Infit-/Outfit-Werte, Reliabilität, Itemschwierigkeit und Personenfähigkeit bewertet werden können. Für die Bewertung der Konstruktvalidität wurden die Daten hinsichtlich der Dimensionalität mit einem eindimensionalen und einem fünfdimensionalen Modell geschätzt und diese anschließend verglichen.

Ergebnisse der Hauptstudie

Reliabilität

Die WLE-Personenreliabilität des CCCI-422 beträgt 0.72 für die Gesamtstichprobe. Die Reliabilität scheint für die gewählte Stichprobe somit geeignet zu sein.

Infit- und Outfit-Werte

Die Raschanalyse der $N=783$ Datensätze ergibt Infit-Werte zwischen 0.88 und 1.16, Outfit-Werte zwischen 0.79 und 1.43. Für die vier Items, deren Outfit-Wert größer als 1.2 ist, lassen sich inhaltliche Begründungen für die erhöhten Outfitwerte formulieren. Beispielsweise zeigt ein Item zu der Frage nach dem Anteil an Treibhausgasen in unserer Atmosphäre einen höheren Outfit-Wert. Dieses Item zeigte sich als eines der schwierigsten Items im CCCI-422. Vermutlich gab es einige Personen, die insgesamt wenig angemessene Vorstellungen über die naturwissenschaftlichen Grundlagen aufwiesen, aber diesen einen konkreten Fakt (Anteil der Treibhausgase) wussten, wodurch der erhöhte Outfit-Wert zustande kommt. Die entsprechenden Items werden trotz nur akzeptabler Outfit-Werte im CCCI-422 belassen, da die betreffenden Inhaltsbereiche sowohl in der Literatur als auch in den ExpertInneninterviews als wichtig betrachtet werden.

Itemschwierigkeit und Personenfähigkeit

Die Itemschwierigkeiten liegen zwischen -1.65 und 2.83, während die Personenfähigkeiten sich im Bereich zwischen -2.36 und 3.71 befinden (siehe Wrightmap in Abbildung 1). Auf Grundlage dieser Schätzung ergeben sich für die einzelnen Inhaltsfelder die mittleren Itemschwierigkeiten (aufsteigend sortiert): Klima und Wetter = -0.44, Klima als System = -0.09, Kohlenstoffkreislauf = 0.3, Treibhauseffekt = 1.17 und Atmosphäre unserer Erde = 1.4. Mit diesen Werten kann allerdings keine Aussage darüber getätigt werden, wie schwer oder leicht es Lernenden fallen wird, sich diesen Inhaltsbereich anzueignen.

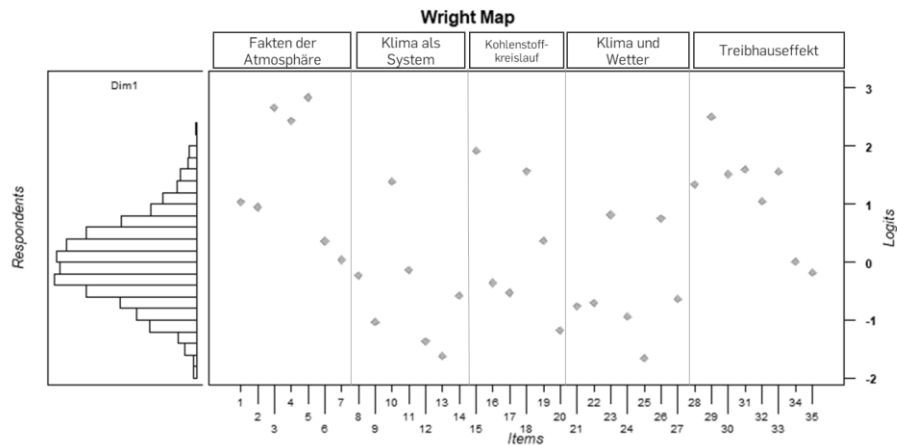


Abb 1. Wrightmap der Haupterhebung des CCCI-422 mit N=783 Testpersonen

Dimensionalität

Für die Prüfung der Dimensionalität wurde ein eindimensionales und ein fünfdimensionales Modell entsprechend der fünf Inhaltsfelder spezifiziert. Das fünfdimensionale Raschmodell gibt Auskunft über die Personenfähigkeiten in den fünf unterschiedlichen Inhaltsbereichen. Die entsprechende Personenreliabilität beträgt für den Inhaltsbereich „die Atmosphäre unserer Erde“ 0.56 und für alle anderen Bereiche ist sie größer als 0.72, was hinsichtlich der geringen Itemanzahl pro Bereich (sechs bis acht Items) zufriedenstellend ist. Der maximal akzeptable Wert von 0.56 lässt sich auf die Faktenfrage zum Anteil der Treibhausgase in der Atmosphäre zurückführen.

Der Chi-Quadrat-Vergleich der beiden Modelle zeigt für das fünfdimensionale Modell einen signifikant besseren Modellfit ($\chi^2(10) = 44.12, p < .001^{***}$). Das Bayessche Informationskriterium BIC zeigt jedoch einen minimal niedrigeren Wert für das eindimensionale Modell. Daraus lässt sich auf eine Modelläquivalenz schließen, sodass der CCCI-422 mit beiden Modellspezifikationen eingesetzt werden kann.

Zusammenfassung und Ausblick

Mit dem CCCI-422 wurde ein valides und reliables Instrument zur Erfassung der Vorstellungen bezüglich des Klimawandels entwickelt. Die Daten der Hauptstudie können sowohl durch ein eindimensionales als auch fünfdimensionales Modell entlang der fünf vorher definierten Inhaltsbereiche beschrieben werden. Bezüglich der Konstruktvalidität sind weitere Einteilungen der Items in andere Dimensionen denkbar. Des Weiteren könnte eine kognitive Validierung durch Interviews während des Bearbeitens vom CCCI-422 vorgenommen werden, um herauszufinden, wie die Testpersonen die Antworten zu den Items verstehen. Demnächst erfolgt eine deskriptive Analyse und inhaltliche Interpretation der Schülervorstellungen aus der Haupterhebung.

Literatur

- Jarrett, L., & Takacs, G. (2019). Secondary students' ideas about scientific concepts underlying climate change. Advance online publication. <https://doi.org/10.1080/13504622.2019.1679092>.
- Libarkin, J. C., Anderson, S. W., Deeds, D., & Callen, B. (2006). Development of the geoscience concept inventory. In Proceedings of the National STEM Assessment Conference, Washington DC (pp. 148-158).
- Meinhardt, C., Rabe, T. & Krey, O. (2018). Formulierung eines evidenzbasierten Validitätsarguments am Beispiel der Erfassung physikdidaktischer Selbstwirksamkeitserwartungen mit einem neu entwickelten Instrument. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 24(1), 131–150. <https://doi.org/10.1007/s40573-018-0079-6>
- Schreiner, C., Henriksen, E. K., & Kirkeby Hansen, P. J. (2005). Climate education: Empowering today's youth to meet tomorrow's challenges. *Studies in Science Education*, 41(3), 3–49.
- Schubatzky, T., Wackermann, R., Wöhlke, C., Haagen-Schützenhöfer, C. (2021). Das Thema Klimawandel im Physikunterricht. *Plus Lucis*, 3(2021).
- Steif, P. S., & Dantzler, J. A. (2005). A statics concept inventory: Development and psychometric analysis. *Journal of Engineering Education*, 94(4), 363-371.
- USGCRP (US Global Change Research Program). 2009. Global climate change impacts in the US. Washington, DC: US Global Change Research Program. <http://www.globalchange.gov/publications/reports/scientific-assessments/us-impacts>
- Wackermann, R., Schubatzky, T., Wöhlke, C., & Haagen-Schützenhöfer, C. (2021). Entwicklung eines Climate Change Concept Inventory. In S. Habig (Hrsg.), *Naturwissenschaftlicher Unterricht und Lehrerbildung im Umbruch? Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik online Jahrestagung 2020* (S. 485–488).

Robert Gieske¹
 Sabine Streller¹
 Claus Bolte¹

¹Freie Universität Berlin

Das Tote Meer stirbt – Effekte einer sprachsensiblen Unterrichtsreihe

Aus aktuellen Schulleistungsvergleichsstudien, wie dem IQB-Bildungstrend (Stanat et al., 2022, S. 91), geht hervor, dass Schüler*innen den bildungssprachlichen Anforderungen der Schule häufig nicht gewachsen und somit dem Risiko ausgesetzt sind, den in Bildungsstandards und Lehrplänen festgelegten Ansprüchen nicht gerecht werden zu können (Bolte & Pastille, 2010, S. 34–35). Unzureichende sprachliche Kompetenzen wirken sich nachweislich auch auf die Leistung von Lernenden in den naturwissenschaftlichen Fächern negativ aus (Bird & Welford, 1995, S. 396–397; Bolte & Pastille, 2010, S. 27). Um den bildungssprachlichen Herausforderungen einer zunehmend heterogenen Schülerschaft in der deutschen Einwanderungsgesellschaft (Stanat et al., 2022, S. 184–185) in allen Fächern zu begegnen, wurde das Konzept des sprachsensiblen Fachunterrichts und in diesem Zuge eine Reihe von Unterrichtsansätzen zur Förderung bildungs- und fachsprachlicher Kompetenzen entwickelt. Als vielversprechend, im deutschsprachigen Raum allerdings noch nicht verbreitet, hat sich der *Disaggregate-Instruction-Ansatz* (kurz: *DIA*, Brown, Ryoo & Rodriguez 2010) herausgestellt, der im Rahmen dieses Forschungsvorhabens empirisch erprobt und evaluiert wurde (Gieske, Streller, & Bolte, 2022).

Theoretische Rahmung und forschungsleitende Fragestellung

Gesprächsanlässe, die aus naturwissenschaftlicher Betätigung erwachsen, werden als besonders geeignet erachtet, um bildungssprachliche und fachbezogene Kompetenzentwicklungen anzustoßen und zu fördern (Kempert, Schalk & Saalbach, 2019, S. 190; Streller, Bolte, Dietz & Noto La Diega, 2019, S. 37f.). Beim Erwerb fach- und bildungssprachlicher Fähigkeiten ergibt sich für die Lernenden ein erheblicher kognitiver Aufwand, wenn der Fokus des Lernens parallel auf das fachinhaltliche, konzeptuelle Verständnis als auch auf die sprachlichen Kompetenzen gerichtet wird. Wie Studien im angloamerikanischen Raum gezeigt haben (z.B. Brown et al., 2010; Brown, Donovan & Wild, 2019), wird Schüler*innen ein besseres Abschneiden im naturwissenschaftlichen Unterricht häufig durch den anspruchsvollen gleichzeitigen Erwerb fachlicher Konzepte und der dazugehörigen Fachtermini verwehrt. Eine mögliche Herangehensweise, Lernende hinsichtlich beider Aspekte zu unterstützen, bietet der *Disaggregate-Instruction-Ansatz*, welcher eine Auftrennung des Lehr-Lern-Prozesses in eine konzeptuelle und in eine fachsprachliche Komponente vorsieht (Brown et al., 2010, S. 1467). Durch die Disaggregation setzen sich die Schüler*innen mit den Fachkonzepten zunächst unter Verwendung von ihnen bekannten sprachlichen Mitteln auseinander und werden mit neuen Fachtermini erst im Anschluss konfrontiert (Brown et al., 2010, S. 1474). Die Erprobung des Ansatzes mit multilingualen Lernenden im Rahmen einer Interventionsstudie im Fach Science offenbarte einen höheren Fachwissenszuwachs sowie eine verbesserte Fähigkeit zur Kommunikation der erworbenen Fachkonzepte bei Schüler*innen, die in Anlehnung an den *DIA* lernten (Brown et al., 2010, S. 1489). Diese vielversprechenden

Ergebnisse nehmen wir zum Anlass, um den *DIA* an die in Berlin anzutreffenden Rahmenbedingungen einer (bildungs-)sprachlich heterogenen Schülerschaft (Stanat et al., 2022, S. 185) anzupassen und so folgender übergeordneter Fragestellung nachzugehen:

Inwiefern werden Lernende mit divergierenden sprachlichen Fähigkeiten beim Erwerb chemischen Fachwissens und in der Entwicklung ihrer chemiebezogenen kommunikativen Kompetenzen unterstützt, wenn Chemieunterricht gemäß dem *DIA* praktiziert wird?

Studiendesign

Für die Evaluierung haben wir eine Vergleichsstudie konzipiert, in welcher der *DIA* in einer angepassten Form (Interventionsgruppe) einem sprachsensiblen Chemieunterricht ohne expliziter Trennung von konzeptuellem und fachsprachlichem Lernen (Kontrollgruppe) gegenübergestellt wird (Gieske, Steller & Bolte, 2022). Die Fachinhalte und neu einzuführenden Fachtermini sowie die Unterrichtsmethoden und Anwendung von sprachsensiblen Gestaltungsprinzipien des *Scaffolding* (Hammond & Gibbons, 2005) unterscheiden sich zwischen den beiden Bedingungen nicht. Beide Lerngruppen nehmen an einer Unterrichtsreihe mit dem Titel *Das Tote Meer stirbt* teil, welche dem Themenfeld Salze des Chemieunterrichts der 8./9. Jahrgangsstufen an Integrierten Sekundarschulen und Gymnasien zuzuordnen ist. Zur Erfassung von Lernzuwächsen bezüglich des Aufbaus von Salzen aus Ionen und des Lösens in Wasser (SenBJF Berlin, 2015, S. 36) wenden wir im Prä-Post-Design einen eigens entwickelten Fachwissenstest mit 16 Multiple-Choice-Items an. Um Aussagen über den sprachlichen Leistungsstand der Schüler*innen zu treffen, setzen wir einen erprobten, allgemeinsprachlichen C-Test bestehend aus vier Texten des ifbq Hamburg (2008) ein, welcher von den Lernenden gemeinsam mit dem Fachwissenstest vor der Unterrichtsreihe bearbeitet wird. Die erreichten Fachwissenszuwächse in den *DIA*- und Kontrollgruppen werden inferenzstatistisch analysiert (Bortz & Döring, 2006). Außerdem wenden wir zur Untersuchung des Einflusses der sprachlichen Kompetenzen ein Median-Split-Verfahren (Iacobucci et al., 2015, S. 652) anhand der im C-Test erreichten Punktzahl an.

Stichprobe und ausgewählte Ergebnisse

Zwischen Juni 2021 und Mai 2022 konnten wir die Unterrichtsreihe mit 362 Schüler*innen in 16 Schulklassen von drei Gymnasien und vier Integrierten Sekundarschulen durchführen. Aufgrund von pandemiebedingten Einschränkungen ergab sich ein erheblicher Drop-Out, sodass unseren Analysen schlussendlich vollständige Datensätze von 228 Schüler*innen zugrunde liegen. Die interne Konsistenz liegt für den Fachwissenstest bei Cronbachs $\alpha = .72$ sowie für die vier Teiltexthe des C-Tests zwischen $\alpha = .84$ und $\alpha = .88$ und damit in einem zufriedenstellenden Bereich. Tabelle 1 gibt die Zusammensetzung der Stichprobe und eine Auswahl deskriptiver Kenngrößen an.

Tabelle 1. Deskriptive Kenngrößen ausgewählter Teilstichproben.

| *p < ,001 | | C-Test t ₀ | | | Fachwissen t ₀ | | | Fachwissen t ₁ | | | Lernzuwachs t ₁ -t ₀ | | |
|--------------------|-----|-----------------------|------|------|---------------------------|-----|-----|---------------------------|------|-----|--|------|-----|
| Teilstichprobe | n | Md | M | SD | Md | M | SD | Md | M | SD | Md | ΔM | SD |
| alle Schüler*innen | 228 | 75,0 | 71,8 | 15,7 | 6,0 | 5,9 | 2,3 | 12,0 | 11,2 | 2,6 | 5,0 | 5,3* | 2,6 |
| <i>DIA</i> -Gruppe | 113 | 76,0 | 71,7 | 16,5 | 6,0 | 6,0 | 2,2 | 12,0 | 11,4 | 2,3 | 5,0 | 5,4* | 2,4 |
| C-Test < 75 | 56 | 62,0 | 59,7 | 13,5 | 5,0 | 5,1 | 2,1 | 11,0 | 10,6 | 2,5 | 6,0 | 5,5* | 2,4 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|-----|------|------|------|-----|-----|-----|------|------|-----|-----|------|-----|
| C-Test ≥ 75 | 57 | 84,0 | 84,6 | 5,5 | 7,0 | 6,9 | 2,1 | 12,0 | 12,2 | 1,9 | 5,0 | 5,4* | 2,4 |
| Kontrollgruppe | 115 | 75,0 | 71,8 | 14,8 | 6,0 | 5,8 | 2,3 | 12,0 | 10,9 | 2,8 | 5,0 | 5,1* | 2,7 |
| C-Test < 75 | 59 | 64,0 | 60,8 | 12,4 | 5,0 | 4,8 | 2,2 | 10,0 | 9,8 | 3,1 | 5,0 | 4,9* | 3,0 |
| C-Test ≥ 75 | 56 | 83,0 | 83,4 | 5,1 | 6,0 | 6,7 | 2,1 | 12,0 | 12,1 | 1,9 | 5,0 | 5,4* | 2,3 |

Vor der Unterrichtsreihe erzielen die Lernenden im Fachwissenstest durchschnittlich etwa 6 von 16 Punkten, was für ein noch unbekanntes Themenfeld als erwartungskonform eingeschätzt werden kann. Im C-Test liegt der Mittelwert bei knapp 72 von 100 Punkten. Die Gesamtheit der teilnehmenden Schüler*innen erreicht einen mittleren Fachwissenszuwachs von $\Delta M = 5,3$. Vergleicht man die Ergebnisse *DIA*- und Kontrollgruppen, so lässt sich feststellen, dass die *DIA*-Gruppe der Kontrollgruppe leicht überlegen ist, ohne dass der Unterschied statistische Signifikanz aufweist.

Anhand des C-Test-Medians ($Md = 75$) lassen sich die beiden Gruppen in je zwei weitere, nahezu gleich große Teilstichproben (sprachlich stärkere und sprachlich schwächere Schüler*innen) einteilen. Beim Vergleich der Fachwissenszuwächse dieser Teilstichproben zeigt sich, dass sprachlich schwächere Lernende in der *DIA*-Gruppe besser abschnitten als in der Kontrollgruppe (s. Tab. 1), wenngleich die paarweisen Unterschiede nicht statistisch signifikant sind.

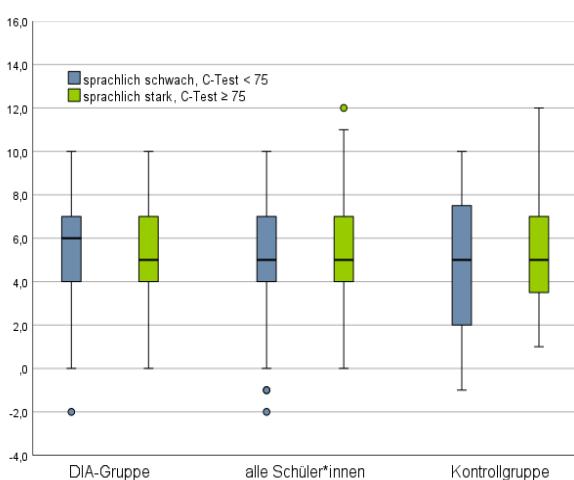


Abb. 1. Fachwissenszuwächse der Teilstichproben unter Berücksichtigung der sprachlichen Kompetenzen.

Interventionsgruppe einen höheren Fachwissenszuwachs erreichen als Schüler*innen in der Kontrollgruppe, wobei die Unterschiede nicht statistisch signifikant ausfallen. Hervorzuheben ist, dass die sprachlich schwächeren Schüler*innen in der *DIA*-Gruppe erfreulicherweise einen sehr ähnlichen Lernzuwachs erreichen wie sprachlich stärkere Lernende. In der Kontrollgruppe hingegen erreichen die sprachlich schwächeren Lernenden einen niedrigeren Lernzuwachs als die sprachlich stärkeren. Diese Beobachtung lässt darauf hoffen, dass durch die Anwendung des *DIA* Schüler*innen mit sprachlichen Förderbedarfen zielgerichtet unterstützt werden können, ohne dabei sprachlich weniger geforderte Lernende zu vernachlässigen.

Diskussion und Ausblick

Aus den vorgestellten Analysen geht hervor, dass die sprachensible Unterrichtsreihe sich über die gesamte Stichprobe hinweg bewährt und bei allen Lernenden zu bedeutsamen Lernzuwächse geführt hat. Die deskriptive Betrachtung bescheinigt dem *DIA* eine höhere Wirksamkeit als einem sprachsensiblen Chemieunterricht ohne strikte Trennung von konzeptuellem und fachsprachlichem Lernen. Mit Blick auf die forschungsleitende Fragestellung dieses Beitrags lässt sich resümieren, dass Schüler*innen in der

Mit dem Ziel, diese Trends auf ein robusteres statistisches Fundament zu stellen, werden wir die Untersuchung mit weiteren Lerngruppen fortsetzen und dabei den Fokus vor allem auf Schüler*innen legen, die besondere sprachliche Unterstützungsbedarfe aufweisen. Ergänzen werden wir die statistischen Erkenntnisse durch die qualitative Analyse von Textprodukten, die die Schüler*innen im Post-Test angefertigt haben.

Literatur

- Bird, E., & Welford, G. (1995). The effect of language on the performance of second-language students in science examinations. *International Journal of Science Education*, 17(3), 389–397.
- Bolte, C., & Pastille, R. (2010). Naturwissenschaften zur Sprache bringen. Strategien und Umsetzung eines sprachaktivierend naturwissenschaftlichen Unterrichts. In G. Fenkart, A. Lembens, & E. Erlacher-Zeitlinger (Hrsg.), *Sprache, Mathematik und Naturwissenschaften* (S. 26–46). StudienVerlag.
- Bortz, J., & Döring, N. (2006). *Forschungsmethoden und Evaluation: Für Human- und Sozialwissenschaftler* (4. Aufl.). Springer.
- Brown, B. A., Donovan, B., & Wild, A. (2019). Language and cognitive interference: How using complex scientific language limits cognitive performance. *Science Education*, 103(4), 750–769.
- Brown, B. A., Ryoo, K., & Rodriguez, J. (2010). Pathway Towards Fluency: Using 'disaggregate instruction' to promote science literacy. *International Journal of Science Education*, 32(11), 1465–1493.
- Gieske, R., Streller, S., & Bolte, C. (2022). Zur Trennung von Umgangs- und Fachsprache beim fachlichen Chemielernen. In S. Habig (Hrsg.), *Unsicherheit als Element von naturwissenschaftlichen Bildungsprozessen* (S. 92–95).
- Hammond, J., & Gibbons, P. (2005). Putting scaffolding to work: The contribution of scaffolding in articulating ESL education. *Prospect*, 20(1), 6–30.
- Iacobucci, D., Posavac, S. S., Kardes, F. R., Schneider, M. J., & Popovich, D. L. (2015). Toward a more nuanced understanding of the statistical properties of a median split. *Journal of Consumer Psychology*, 25(4), 652–665.
- Kempert, S., Schalk, L., & Saalbach, H. (2019). Sprache als Werkzeug des Lernens: Ein Überblick zu den kommunikativen und kognitiven Funktionen der Sprache und deren Bedeutung für den fachlichen Wissenserwerb. *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, 66, 176–195.
- Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Familie Berlin. (2015). *Rahmenlehrplan für die Jahrgangsstufen 7-10. Chemie*.
- Stanat, P., Schipolowski, S., Schneider, R., Sachse, K. A., Weirich, S., & Henschel, S. (2022). *IQB-Bildungstrend 2021. Kompetenzen in den Fächern Deutsch und Mathematik am Ende der 4. Jahrgangsstufe im dritten Ländervergleich*. Waxmann.
- Streller, S., Bolte, C., Dietz, D., & Noto La Diega, R. (2019). *Chemiedidaktik an Fallbeispielen: Anregungen für die Unterrichtspraxis*. Springer.

Sascha Schanze¹
 Andreas Nehring¹
 Gunnar Friege¹
 Jos Oldag¹
 Marvin Roski¹
 Tom Bleckmann¹

¹Leibniz Universität Hannover

Digitalgestütztes Lernen und Datennutzung: Daten in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung

Durch die zunehmende Digitalisierung und die wachsende Integration von technologischen Entwicklungen, wie Künstliche Intelligenz (KI), Virtual Reality (VR) oder Eyetracking, werden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung immer mehr und immer unterschiedlichere Datentypen relevant. „Klassische“ Datentypen, die bspw. aus Paper-Pencil-Tests resultieren, können digital erfasst zusätzliche Informationen liefern, wenn z. B. Zeitstempel oder Bewegung der Augen automatisch aufgezeichnet werden. KI-basierte Methoden vermögen diese unterschiedlichen Datenstrukturen zu kombinieren und auszuwerten, was über menschliche Leistung hinausgeht. Standardisierte Methoden der Lehr-Lernforschung können sinnvoll durch KI ergänzt werden, sodass z.B. individuelle Lernwege im Detail betrachtet und evaluiert werden können oder nutzbar für reale Unterrichtsettings werden, bspw. durch Zeitersparnis.

Auch das Promotionsprogramm LernMINT (www.lernmint.org) hat sich speziell für die naturwissenschaftlichen Fächer und die Mathematik als Leitfrage gestellt: Wenn in Lehr- und Lernprozessen digitale Daten anfallen, inwiefern kann zukünftig künstliche Intelligenz (KI) für eine Unterstützung dieser Prozesse eingesetzt werden?

Ein Schlüssel für eine zuverlässige Analyse von Lernenden- und Lernprozessdaten ist das Trainieren von Algorithmen mit Vergleichsdaten. Welche Herausforderungen treten aber bei der Analyse unstrukturierter Daten aus offenen Aufgabenformaten und Handlungsabläufen auf, die gerade für tiefergehendes Lernen (Harris, Krajcik, Pellegrino & DeBarger, 2019) relevant sind? Wie und unter welchen Bedingungen kann fachdidaktische Expertise die Analyse unterstützen? Unter diesen Leitfragen werden aus LernMINT exemplarisch Erfahrungen aus den Fächern Chemie und Physik vorgestellt.

LernMINT - Datengestützter Unterricht in den MINT-Fächern

Möglichkeiten der Digitalen Transformation zur Qualitäts- und Effizienzsteigerung in Schule und Hochschule im Spannungsfeld von Fachdidaktik, Learning Analytics und Datenschutz? Gezielte Entwicklung und fachdidaktische Evaluierung von datengestützten, intelligenten Methoden und deren sinnvolle Einbeziehung in den Unterricht der MINT-Fächer
 Themenkomplexe:

- (1) Learning-Analytics-Methoden für den MINT-Unterricht,
- (2) Datengestützte Nutzung von Lernpotenzialen,
- (3) Informelles Lernen in Schule und Hochschule,
- (4) Übergang von Schule zu Hochschule,
- (5) Datenschutz, Fairness und Akzeptanz von Learning Analytics.

Herausforderungen der Lehr- Lernprozessunterstützung mit unstrukturierten Daten

Texte, Zeichnungen, Strukturdiagramme wie Concept-Maps Audio- oder Videodaten gehören zum Typ unstrukturierter Daten, die von Computerprogrammen zunächst schwer zu verarbeiten sind. Während bei strukturierten Daten, die z.B. aus Multiple Choice Aufgaben durch ihr eindeutig vorgegebenes Format hervorgehen, sich alle Informationen (z.B. Setzen eines Kreuzes) in eine Datenbank einordnen lassen, muss bei den oben angegebenen offenen Formaten eine Struktur in den Daten zunächst erst entwickelt werden. Bei offenen Texten sind die einzelnen Objekte (Buchstaben, Satzzeichen) zunächst leicht zu identifizieren und einer Syntax (Worte, Sätze) zuzuordnen. In Zeichnungen müssen vergleichbar im ersten Schritt erst einmal einfache Formen, wie Kreise, Quadrate oder Pfeile (sogenannte „Primitive“) identifiziert werden, die in einem zweiten Schritt über immer wieder auftretende vergleichbare Anordnungen größeren zusammenhängenden Clustern zugeordnet werden können. Für eine weitere Bearbeitung im Lernprozess bedarf es dann sowohl bei Texten als auch bei Zeichnungen einer Kontextualisierung, um den Clustern eine Bedeutung zuzuweisen, eine Bewertung vorzunehmen, um daraufhin Informationen in den Lernprozess zurückspielen zu können. In LernMINT wird dieser Prozess durch eine enge Kooperation zwischen Informatik und Fachdidaktik vorgenommen. Das Ziel ist es, Kenntnisse aus der Fachdidaktik z.B. über erwartbare Lernenden-Eingaben so zu nutzen, dass eine hinreichende Genauigkeit der Kontextualisierung auch bei geringen Trainingsdaten erzielt werden kann (s. a. Bertolini, Finch & Nehm, 2021). In den folgenden Abschnitten werden Beispiele aus den Teilprojekten dargestellt.

Beispiel 1: Analyse von Texten und Zeichnungen in Chemieaufgaben

In diesem Teilprojekt (s.a. Oldag & Schanze in diesem Band) bearbeiten die Lernenden Aufgaben mit unterschiedlichen Antwortformaten: offene Texte oder Reaktionsgleichungen bzw. Zeichnungen in der Regel verbunden mit textlichen Erläuterungen. Die Lernenden werden oft direkt aufgefordert, die Zeichnung auf der submikroskopischen Ebene anzufertigen. *Herausfordernd* bei der Zeichenauswertung ist, dass Primitive wie Kreise, Linien und Pfeile sowie Buchstaben und mathematische Symbole dominieren und immer wieder eine unterschiedliche Bedeutung annehmen können. Kreise können z.B. Atome darstellen oder bereits Repräsentanten für ein Molekül sein (s.a. Tang, Wong & Treagust, 2019).

Beispiel 2: Analyse von Concept Maps in Physikaufgaben

Bei diesem Teilprojekt (s.a. Bleckmann & Friege in diesem Band) erstellen Lernende basierend auf dem computerbasierten CmapTools Concept Maps zum Thema Mechanik. Unter der Annahme, dass die Lernenden der Regel entsprechend zwei Begriffe mit einem Pfeil in Relation setzen, die dann auch durch die Beschriftung eine Bedeutung erhalten, kann hier von semistrukturierten Daten ausgegangen werden. Eine kleinste zu bewertende Einheit wäre dann eine solche Proposition. *Herausforderungen* sind hier neben unvollständigen Propositionen Rechtschreib- und Grammatikfehler oder die Vermischung lebensweltlicher Ausdrücke mit der Fachsprache.

Beispiel 3: Lernen in der Lernumgebung webbasierten Lernplattform *I3Lern*

In diesem Teilprojekt (s.a. Roski, Hoppe & Nehring in diesem Band) nutzen Lernende eine webbasierte Lernplattform in denen strukturierte Aufgaben eingebunden sind aber auch eine Interaktivität z.B. mit Videos oder interaktiven Lernaufgaben möglich ist. Hier liegt der Fokus

auf der Analyse der individuellen Lernaktivitäten mit dem Ziel der Aussage und Förderung konzeptionellen Wissens. Als unstrukturierte Daten liegen log files vor, die das Verhalten der Lernenden innerhalb der Lernplattform *I₃Lern* widerspiegeln. *Herausfordernd* ist einerseits die Datenmenge: Jede Interaktion mit *I₃Lern* führt zu einem Datenpunkt mit jeweils 21 Informationen wie ID des Lernenden, des betrachteten Inhalts, Zeitstempel, Wert der Interaktion etc. Eine zusätzliche Herausforderung liegt in der Bewertung einer Abfolge von Interaktionen, die eine Interpretation der Handlung vornehmen muss: Worauf beruht z.B. eine zügige (Verständnis vs. Trial&Error) oder verzögerte (Nachdenken vs. Ablenkung) Handlung?

Einbezug fachdidaktischer Erkenntnisse in die Analyse

In LernMINT besteht eine große fachdidaktische Expertise für die Entwicklung der Instruktionen. Sie sind bereits so erstellt, dass das Lernverhalten eine Aussage über das (Konzept)Verständnis der Lernenden zum Lerngegenstand zulässt (z.B. Heeg, Hundertmark & Schanze, 2020). Bekannte Analyse- und Diagnoseverfahren sind zuverlässig, in der Regel aber manuell sehr zeitaufwändig und damit für eine unmittelbare Unterstützung im Lernprozess bisher nicht geeignet.

Für die Genauigkeit einer automatisierten Analyse bieten fachdidaktische Entscheidungen, die in die Gestaltung der Lernumgebung einfließen, Potenzial. So können Kontextfaktoren (Thema, Aufgabenstamm) herangezogen werden um einen Raum zu erwartender Objekte bzw. Handlungen aufzuspannen. Das Wissen über (alternative) Konzepte die der Aufgabe potenziell zugrunde liegen kann diesen Erwartungsraum sinnvoll erweitern. Es gilt damit aufgabenübergreifend Kategoriensysteme mit zu erwartbaren Objekten und Handlungen zu bilden, die über das Erkennen des Aufgabenkontexts als potenzielle Filter die Analysegenauigkeit erhöhen lassen. Hinweise zur Aufgabenbearbeitung schränken den Erwartungsraum sinnvoll ein (z.B.: Nutze zur Darstellung das Atommodell nach Dalton, Beachte die Richtung des Pfeils und beschrifte ihn)

Eine andere Option zur Erhöhung der Analysegenauigkeit wäre die konkrete Vorgabe von gängigen Objekten (per Drag&Drop) oder Schlüsselbegriffen und im Falle von *I₃Lern* geschlossene Aufgaben. Dies schränkt aber auch die Individualität der Lösungen ein, die dann nicht unbedingt ein Abbild des Verständnisses der Lernenden sein müssen.

Ausblick: Von der Analyse in kleinen Schritten zum globalen Feedback an Lernende

Im Fokus einer Unterstützung des Lernprozesses steht oft ein Feedback im Sinne einer Leistungsbewertung. Bei unstrukturierten Daten ist dies maximal in Bezug auf mögliche Referenzergebnisse denkbar und immer noch sehr ambitioniert, wenn das Produkt als Ganzes beurteilt werden soll. Aber bereits im Lernprozess sind Feedback-Möglichkeiten basierend auf der automatisierten Analyse von Handlungen denkbar. So z.B. der Einbau einer Aufforderung, für bereits analysierte aber noch nicht ausreichend spezifizierte Objekte und Handlungen diese zu überprüfen, eine Legende anzufertigen oder im Falle von Concept Maps, Pfeile zu beschriften oder Beschriftungen zu überprüfen. Derartige Unterstützungen reduzieren das Auftreten bekannter Charakteristika (z.B. bei Zeichnungen: alternative Ausdrücke, verwirrende Beschriftung, inkonsistente Größen, inkonsistente Positionen, redundante Informationen, Zhai, He & Krajcik, 2022) und ermöglichen eine Bewertung zumindest auf der Objektebene.

Literatur

- Bertolini, R., Finch, S.J. & Nehm, R.H. (2021). Enhancing data pipelines for forecasting student performance: integrating feature selection with cross-validation. *Int J Educ Technol High Educ* 18 (44). <https://doi.org/10.1186/s41239-021-00279-6>
- Harris, C. J., Krajcik, J. S., Pellegrino, J. W., & DeBarger, A. H. (2019). Designing Knowledge-In-Use Assessments to Promote Deeper Learning. *Educational Measurement: Issues and Practice*, 38(2), 53–67. <https://doi.org/10.1111/emip.12253>
- Heeg, J., Hundertmark, S., & Schanze, S. (2020). The interplay between individual reflection and collaborative learning-seven essential features for designing fruitful classroom practices that develop students' individual conceptions. *Chemistry Education Research and Practice*, 21(3), 765–788. <https://doi.org/10.1039/c9rp00175a>
- Tang, K.-S., Won, M., & Treagust, D. (2019). Analytical framework for student-generated drawings. *International Journal of Science Education*, 41(16), 2296–2322. <https://doi.org/10.1080/09500693.2019.1672906>
- Zhai, X., He, P., & Krajcik, J. (2022). Applying machine learning to automatically assess scientific models. *Journal of Research in Science Teaching*, (March), 1–30. <https://doi.org/10.1002/tea.21773>

Wie verknüpfen Schüler:innen Reaktion, Energie und Struktur?

Energie als Schlüsselkonzept der Fachwissenschaft Chemie

Der Nobelpreis Chemie wurde im Jahr 2021 an Benjamin List und David MacMillan für die Erforschung der asymmetrischen Organokatalyse verliehen (List 2007). Sie zeigten, dass relativ einfach organische Moleküle als Katalysatoren genutzt werden können, um gezielt bestimmte Enantiomere zu synthetisieren. Aber wie kann es sein, dass das eine Spiegelbild eines Moleküls schneller reagiert als das andere? Aus einer Metaperspektive versucht chemische Forschung diese Reaktivität auf strukturelle Eigenschaften der Moleküle zurückzuführen. Ein solche Eigenschaft kann z.B. sein, dass der chirale Katalysator mit dem aromatischen System eines der Enantiomere besonders starke attraktive Wechselwirkungen ausbilden kann und somit diese Reaktion deutlich beschleunigt wird (Pöloth, Sibi & Zipse 2021). Allerdings ist ein solcher Rückbezug auf chemische Strukturen nur die indirekte Antwort auf die Frage nach der Reaktivität (Goodwin 2007). Die unmittelbare Ursache für solche Reaktivitätsunterschiede ist vielmehr die (Gibbs-)Energie der im Verlauf der Reaktion durchlaufenen Strukturen. Quantenchemische Rechnungen erlauben es heutzutage diese Unterschiede zu quantifizieren und damit Reaktivitätsunterschiede direkt zu erklären (Grimme & Schreiner 2018). Abb. 1 fasst ein solches Wissenschaftsverständnis moderner (organischer) Chemie zusammen. Aus einer theoretisch-chemischen Perspektive kann Jensen (2007) Chemie weiterführend folgendermaßen beschreiben:

„Chemistry is knowing the energy as a function of nuclear coordinates.“

In diesem Sinne lassen sich zentrale chemische Konzepte auf energetische Eigenschaften zurückführen (Nahum, Mamlok-Naaman, Hofstein & Krajcik 2007):

- Chemische Verbindungen sind die räumlichen Anordnungen von Atomen, die einer minimalen Energie entsprechen
- Chemische Reaktionen sind Umordnungen von Atomen zur Energieminimierung
- Reaktionsmechanismen beschreiben die Reaktionswege, in denen minimale Energiebarrieren überschritten werden müssen

Empirische Ergebnisse zum Konzeptverständnis Energie

Aufgrund dieser herausragenden Rolle der Energie für die Chemie ist es folgerichtig, dass sie als eines der Basiskonzepte für die allgemeine Hochschulreife im Fach Chemie (Kultusministerkonferenz 2020) definiert wurde. Bernholt, Höft & Parchmann (2020) untersuchten kürzlich, wie sich die Kompetenzen von Schüler:innen bezüglich der fachlichen Basiskonzepte entwickeln. Dabei zeigte sich, dass vor allem die Kompetenz im Umgang mit dem Energiekonzept generell schwach ausgeprägt ist, während der Schullaufbahn nur wenig

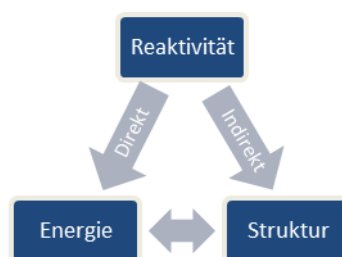


Abb. 1: Schematische Darstellung des Wissenschaftsverständnisses der modernen Chemie

zunimmt und nicht im Zentrum des Schulunterrichts zu stehen scheint. Energetisches Wissen ist dabei häufig fragmentiert und wenig kohärent (Podschuweit & Bernholt 2020). Nahum, Mamlok-Naaman, Hofstein & Krajcik (2007) berichten, dass viele Lernende energetische Begriffe wie z.B. „stabil“ nutzen, ohne mit diese Begriffen tatsächliche Ideen zu verknüpfen. Zusammenhänge zwischen Vorgänge auf Stoff- und Teilchenebene scheinen insbesondere im Bereich der Energetik für viele Lernende wenig greifbar zu sein (Macrie-Shuck & Talanquer 2020). Diese Defizite im Konzeptverständnis haben auch Auswirkungen auf andere zentrale Konzepte der Chemie: So ist die Vorstellung eines exothermen Bindungsbruchs eine der häufigsten alternativen Lernendenvorstellungen zu chemischen Bindungen (Hunter, Rodriguez & Becker 2022). In Bezug auf reaktionsmechanistische Argumentationsweisen zeigt sich, dass energetische Aspekte von Studierenden sogar dann vernachlässigt werden, wenn sie kurz vorher in Tutorials explizit hervorgehoben wurden (Eckhard, Rodemer, Bernholt & Graulich 2022). Reaktionskoordinatendiagramme als zentrale Darstellung der Zusammenhänge von Energie, Reaktion und Struktur werden von vielen Studierenden wenig produktiv verwendet (Popova & Bretz 2018).

Andrea diSessa bietet mit „Knowledge in Pieces“ (diSessa 2014) einen Rahmen für eine produktiven Umgang mit den Vorstellungen von Lernenden. Die Annahme ist dabei, dass Lernendenvorstellungen nicht in sich abgeschlossene (Fehl-)Konzepte sind, sondern es sich um ein lockeres Netzwerk diverser kognitiver „Ressourcen“ handelt, die je nach Kontext aktiviert werden (Hammer, Elby, Scherr & Redish 2005). Diese Aktivierung entscheidet, inwiefern Wissen produktiv zur Lösung eines spezifischen Problems genutzt werden kann. Zur Gestaltung von Lernprozessen ist es deshalb zielführend, durch empirische Studien produktive Anknüpfungspunkte im Vorwissen zu identifizieren und Lernprozesse in Mikrostudien zu untersuchen (diSessa 2014).

Ziel der Arbeit und Forschungsfragen

Daher sollen in einem aktuellen Projekt die kognitiven Ressourcen mit Bezug zum Energiekonzept identifiziert werden, die Schüler:innen zur Lösung einer chemischen Fragestellung aktivieren. Diese Anknüpfungspunkte sollen anschließend genutzt werden, um mit Hilfe eines Design-Based Research Ansatzes zu untersuchen, wie kohärentes Konzeptwissen durch die Erschließung computerchemischer Experimente für Schüler:innen gefördert werden kann. Im Folgenden wird als erste Stufe des Gesamtprojekts die Methodik für die empirische Untersuchung des Konzeptverständnisses beschrieben. Dabei sollen die folgenden Forschungsfragen beantwortet werden:

- Mit welchen **energetischen** Vorstellungen erklären Schüler:innen *kinetische* (Aktivierung) und *thermodynamische* (Wärmeentwicklung, Triebkraft) Eigenschaften einer chemischen **Reaktion**?
- Inwiefern argumentieren Schüler:innen mit potentieller **Energie** als abhängiger Größe der chemischen **Struktur** (im Sinne der Anordnung von Atomen)?
- Wie nutzen und interpretieren Schüler:innen *Reaktionskoordinatendiagramme* zur Erklärung der Zusammenhänge von **Energie, Struktur und Reaktion**?

Entwicklung des Interviewleitfaden

Die Entwicklung des Interviewleitfadens orientierte sich an den folgenden Prinzipien: In der empirischen Hochschuldidaktik wurden bereits einige qualitative Studien zu verschiedenen

Aspekten des Konzeptverständnisses der Energie durchgeführt. Es ist jedoch unklar, inwiefern sich diese Ergebnisse auf Oberstufenschüler:innen in deutschen Schulsystemen übertragen lassen. Deshalb orientiert sich der Interviewleitfaden zum Teil an erprobten Fragestellungen der Hochschulforschung (Becker & Cooper 2014; z.B. Macrie-Shuck & Talanquer 2020). Zweitens soll sich das Interview an energetischen Aspekten einer spezifischen Reaktion orientieren, um die Produktivität der aktivierten kognitiven Ressourcen zur Problemlösung untersuchen zu können. Diese Reaktion sollte exotherm sein und experimentell zu einer gut beobachtbaren Veränderung führen, um Argumentationslinien zur Verknüpfung von Stoff- und Teilchenebene untersuchen zu können. Außerdem sollten möglichst wenige Atome an der Reaktion beteiligt sein, um für das Folgeprojekt eine einfache computerchemische Untersuchung zu ermöglichen. Aufgrund dieser Kriterien wurde für das Interview die Reaktion von elementarem Wasserstoff- und Chlorgas als Kontext gewählt. Die Reaktion wurde gefilmt und zur Problemstellung präsentiert. Als dritte Leitlinie orientieren sich die Fragen an Prinzipien der physikalischen Chemie: Für den Bereich der Kinetik wurde die Leitfrage „Weshalb braucht es den Funken am Anfang der Reaktion?“ gewählt, für den Bereich der Thermodynamik die Fragen „Weshalb wird die Reaktionsmischung warm?“ und zur Triebkraft die Frage „Warum läuft überhaupt eine Reaktion ab?“. Für alle Teilfragen wird eine tiefgehende Analyse durch ein System von gestuften Nachfragen vorstrukturiert. Zusätzlich werden die Schüler:innen aufgefordert grafische Elemente zu nutzen, um Reaktionskoordinatendiagramme in die Analyse aufnehmen zu können.

In der ersten Pilotierungsphase wurden die Interviews als Einzelinterviews geführt. Dabei zeigte sich, dass die Interviewenden eine sehr starke inhaltliche Führung übernahmen und ungewünschte Prüfungssituationen auftraten. Um dies zu vermeiden, wurde das Vorgehen so abgeändert, dass die Proband:innen den Arbeitsauftrag bekamen, die vorliegende Reaktion einem Nachhilfesüher aus der zehnten Klasse zu erklären, der die oben genannten Leitfragen stellt. Nach einer Vorbereitungszeit konnten die Proband:innen die Rolle der Nachhilfelehrkraft übernehmen. Durch diese Änderung wurde es möglich in einem weniger gelenkten Setting zu analysieren, welche kognitiven Ressourcen durch das Problem aktiviert wurden. Während der erneuten Pilotierung des geänderten Vorgehens zeigte sich, dass die Interviewsituation nach wie vor sehr asymmetrisch wirkte, während die un gelenkte Vorbereitungszeit nicht für die Analyse genutzt werden konnte. In einem weiteren Überarbeitungsschritt wurde deshalb ein Fokusgruppen-Setting gewählt, so dass auch die Kommunikation der Schüler:innen miteinander vor und während des Interviews ausgewertet werden konnte.

Durchführung der Studie

Für die Studie wurden qualitative Interviews mit 38 Schüler:innen in 16 Gruppen aus fünf verschiedenen Schulkursen geführt. Die Interviews fanden im Rahmen eines Schülerlaborbesuchs statt, die Teilnahme war freiwillig und nur mit schriftlicher Einverständniserklärung von Schüler:innen und ggf. Eltern möglich. Alle Schüler:innen belegten das Leistungsfach Chemie eines Gymnasiums oder eines beruflichen Gymnasiums und besuchten die 11. – 13. Klasse. Über einen Fragebogen wurden deskriptive Daten, Chemienoten und das Fachinteresse Chemie sowie das Fähigkeitsselbstkonzept Chemie mit literaturbekanntem, reliablen Skalen erfasst.

Ausblick

Die Interviews werden derzeit im Rahmen einer qualitativen Inhaltsanalyse nach Kuckartz (2016) ausgewertet, um die Ressourcen der Schüler:innen im Bereich der Energetik zu identifizieren. Auf dieser Basis soll ein Netzwerk der produktiven Ressourcen für energetische Fragestellungen entwickelt werden. Daran anknüpfend soll exploriert werden, inwiefern das Konzeptverständnis von Schüler:innen durch die Durchführung computerchemischer Experimente gefördert werden kann.

Literatur

- Becker, N.M. & Cooper, M.M. (2014). College chemistry students' understanding of potential energy in the context of atomic-molecular interactions. *Journal of Research in Science Teaching*, 51(6), 789–808.
- Bernholt, S., Höft, L. & Parchmann, I. (2020). Die Entwicklung fachlicher Basiskonzepte im Chemieunterricht – Findet ein kumulativer Aufbau im Kompetenzbereich Fachwissen statt? *Unterrichtswissenschaft*, 48(1), 35–59.
- diSessa, A.A. (2014). A History of Conceptual Change Research. In Sawyer, R.K. (Hrsg.), *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences* (S. 88–108). Cambridge: Cambridge University Press.
- Eckhard, J., Rodemer, M., Bernholt, S. & Graulich, N. (2022). What Do University Students Truly Learn When Watching Tutorial Videos in Organic Chemistry? An Exploratory Study Focusing on Mechanistic Reasoning. *Journal of Chemical Education*, 99(6), 2231–2244.
- Goodwin, W. (2007). Scientific Understanding after the Ingold Revolution in Organic Chemistry. *Philosophy of Science*, 74(3), 386–408.
- Grimme, S. & Schreiner, P.R. (2018). Computational Chemistry: The Fate of Current Methods and Future Challenges. *Angewandte Chemie International Edition*, 57(16), 4170–4176.
- Hammer, D., Elby, A., Scherr, R.E. & Redish, E.F. (2005). Resources, framing, and transfer. In Mestre, J. (Hrsg.), *Transfer of Learning from a Modern Multidisciplinary Perspective* (S. 89–120). Greenwich, CT: Information Age Publishing.
- Hunter, K.H., Rodriguez, J.-M.G. & Becker, N.M. (2022). A Review of Research on the Teaching and Learning of Chemical Bonding. *Journal of Chemical Education*, 99(7), 2451–2464.
- Jensen, F. (2007). *Introduction to computational chemistry*, Chichester England, Hoboken NJ: John Wiley & Sons.
- Kuckartz, U. (2016). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung*, Weinheim: Beltz.
- Kultusministerkonferenz (2020). *Bildungsstandards im Fach Chemie für die Allgemeine Hochschulreife*.
- List, B. (2007). Introduction: Organocatalysis. *Chemical Reviews*, 107(12), 5413–5415.
- Macrie-Shuck, M. & Talanquer, V. (2020). Exploring Students' Explanations of Energy Transfer and Transformation. *Journal of Chemical Education*, 97(12), 4225–4234.
- Nahum, T.L., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A. & Krajcik, J. (2007). Developing a new teaching approach for the chemical bonding concept aligned with current scientific and pedagogical knowledge. *Science Education*, 91(4), 579–603.
- Podschuweit, S. & Bernholt, S. (2020). Investigating Network Coherence to Assess Students' Conceptual Understanding of Energy. *Education Sciences*, 10(4), 103.
- Pölloth, B., Sibi, M.P. & Zipse, H. (2021). The Size-Accelerated Kinetic Resolution of Secondary Alcohols. *Angewandte Chemie International Edition*, 60(2), 774–778.
- Popova, M. & Bretz, S.L. (2018). Organic chemistry students' challenges with coherence formation between reactions and reaction coordinate diagrams. *Chemistry Education Research and Practice*, 19(3), 732–745.

Dennis Dietz¹
Claus Bolte¹

¹Freie Universität Berlin

Vernetztes Lernen – aufgezeigt am Beispiel des Energiekonzepts

Ausgangspunkt und Theorie

Die Bedeutung vernetzten Lernens ist sowohl aus lerntheoretischer (u.a. Gagné, 1970; Ausubel, 1974) als auch aus bildungspolitischer Perspektive (u.a. KMK, 2005) hinlänglich bekannt. Obwohl das Energiekonzept das Potenzial hat, inhaltliche Domänen nicht nur innerhalb eines Unterrichtsfachs (u.a. Duit, 1986), sondern auch zwischen verschiedenen Unterrichtsfächern miteinander zu verknüpfen (Eisenkraft et al., 2014), wird angenommen, dass Schüler*innen das Energiekonzept im herkömmlichen – fächerdifferenzierten – naturwissenschaftlichen Unterricht nur wenig vernetzt erlernen (u.a. Eisenkraft et al., 2014; Lancor, 2014). Eine mögliche Lösung für ein stärker vernetztes Erlernen des Energiekonzepts stellt aus lerntheoretischer Sicht der integrierte naturwissenschaftliche Unterricht dar (Labudde, 2014). Im Rahmen einer ersten Fallstudie konnten wir positive Effekte eines integrierten naturwissenschaftlichen Unterrichts in der Doppeljahrgangsstufe 7/8 auf die vertikalen (fachimmanenten) und horizontalen (fächerübergreifenden) Vernetzungsleistungen von Schüler*innen sowie auf die fachlich korrekte Verknüpfung von Begriffselementen des Energiekonzepts nachweisen (Dietz & Bolte, 2022a). Mit dieser zweiten Fallstudie wollen wir nun herausfinden, inwieweit sich diese Befunde bestätigen lassen, wenn ein zweiter Jahrgang nach unserem eigens entwickelten integrierten naturwissenschaftlichen Curriculum (Dietz, in Arbeit) unterrichtet wird. Dabei gehen wir der folgenden Forschungsfragestellung nach:
*Inwiefern unterscheiden sich die Vernetzungsleistungen von Schüler*innen eines zweiten Jahrgangs, der in der Doppeljahrgangsstufe 7/8 integriert naturwissenschaftlich unterrichtet wurde, in Bezug auf die Verknüpfung begrifflicher Elemente des Energiekonzepts, von denen der beiden vorab untersuchten Jahrgangskohorten, die in der Doppeljahrgangsstufe 7/8 entweder (a) fächerdifferenzierten oder (b) integrierten naturwissenschaftlichen Unterricht erhalten hatten.*

Design und Methode

Um unsere Forschungsfrage beantworten zu können, haben wir ein Berliner Gymnasium bei der Umstellung von einem klassischen fächerdifferenzierten zu einem integrierten naturwissenschaftlichen Unterricht in den Jahrgangsstufen 7 und 8 wissenschaftlich begleitet (Dietz & Bolte, 2022a). Auf diese Weise war es uns möglich, den letzten Jahrgang, der in den Schuljahren 2017/18 und 2018/19 fächerdifferenziert unterrichtet wurde (Kontrollgruppe, KG), sowie die ersten beiden Jahrgänge, die in den Schuljahren 2018/19 und 2019/20 (Interventionsgruppe 1, IG-I) bzw. in den Schuljahren 2019/20 und 2020/21 (Interventionsgruppe 2, IG-II) integriert naturwissenschaftlich unterrichtet wurden, zum Energiekonzept zu befragen. Zur Untersuchung der Vernetzungsleistungen haben wir die Schüler*innen jeder Teilstichprobe gebeten, zu Beginn der 9. Jahrgangsstufe während einer Deutschunterrichtsstunde ein Essay zum Energiekonzept zu verfassen. Um die Schüler*innen beim Schreiben der Essays zu unterstützen, wurden ihnen 26 rahmenlehrplanrelevante und von Lehrer*innen als besonders wichtig eingeschätzte Begriffselemente des Energiebegriffs

zur Verfügung gestellt (Dietz & Bolte, 2021; 2022a;b). Die Essays wurden mit Hilfe des von uns entwickelten MAVerBE (Modell zur Analyse der Vernetzung von Begriffselementen) analysiert (Dietz & Bolte, 2021; 2022a;b). Für den statistischen Vergleich der Mittelwerte wurden t-Test-Analysen für unabhängige Stichproben durchgeführt (Eid et al., 2011).

Ausgewählte Ergebnisse und Diskussion

Zu Beginn des Schuljahres 2021/22 haben wir die Schüler*innen der IG-II (s.o.) Essays zum Energiekonzept verfassen lassen. Bemerkenswert ist, dass im Gegensatz zu den beiden vorherigen Jahrgangskohorten der Unterricht der IG-II stark von der SARS-CoV-2-Pandemie beeinflusst wurde. Die Schüler*innen der IG-II haben trotz der schwierigen Lernbedingungen nennenswert lange Essays zum Energiekonzept verfasst. Dabei haben sie im Mittel knapp 20 verschiedene Begriffselemente des Energiebegriffs genutzt und miteinander verknüpft (s. Tab. 1). Durchschnittlich liegen den Essays der IG-II knapp 17 Analyseeinheiten zugrunde; das sind statisch betrachtet signifikant mehr als in der KG. Die Schüler*innen der IG-II schreiben im Vergleich zur KG signifikant längere Essays und nutzen dabei deutlich mehr unterschiedliche Begriffselemente (s. Tab. 1). Alle ermittelten Mittelwerte für die IG-II sind jedoch durchgängig signifikant kleiner als die der IG-I.

Tab. 1 Deskriptiv-statistische Ergebnisse (Vergleiche KG - IG-I bzw. KG - IG-II;

| | Kontroll- gruppe (KG) | Interventions- gruppe 1 (IG-I) | Interventions- gruppe 2 (IG-II) |
|--------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| Essays | 132 | 141 | 137 |
| Wörter pro Essay | 126 ± 75 | 173 ± 73*** | 144 ± 69** |
| versch. Begriffselemente/Essay | 15,3 ± 8,2 | 21,5 ± 6,3*** | 19,8 ± 7,3*** |
| Analyseeinheiten/Essay | 14,3 ± 7,4 | 19,3 ± 6,3*** | 16,8 ± 6,8** |

***p < 0,001, **p < 0,01)

Die bereits im ersten Interventionsdurchgang nachzuweisenden positiven Effekte des integrierten naturwissenschaftlichen Unterrichts in Bezug auf die Strukturierungsdimensionen „vertikales Vernetzungsniveau“ und „fachliche Richtigkeit“ (Dietz & Bolte, 2022a, S. 326) zeigen sich im Großen und Ganzen auch in den Ergebnissen der IG-II (ohne Abb.). Die Schüler*innen der IG-II formulieren wie auch die Schüler*innen der IG-I auf den ersten drei vertikalen Vernetzungsniveaus (Kategorien „wissenschaftlicher Fakt“, „Zusammenhang ohne Begründung“ und „verbundener Zusammenhang“) signifikant mehr explizit richtige Aussagen als die Schüler*innen der KG. Wie auch die Schüler*innen der anderen beiden Kohorten notieren die Schüler*innen der IG-II nur äußerst selten Aussagenbündel, die dem höchsten vertikalen Vernetzungsniveau (d.h. der Kategorie „multiperspektivische Verallgemeinerung“) zuzuordnen sind. Statistisch signifikante Unterschiede zwischen der IG-II und der KG auf dem höchsten vertikalen Vernetzungsniveau sind (im Gegensatz zum Vergleich von IG-I und KG im Vorjahr) nicht mehr zu beobachten (ohne Abb.).

In der Tabelle 2 sind Ergebnisse in Bezug auf die Strukturierungsdimension „horizontale Vernetzung“ für ausgewählte Kategorienkombinationen dargestellt. Die Auswahl konzentriert sich auf Kookkurrenzen, die in besonderem Maße als fächerübergreifend anzusehen sind, da die miteinander verknüpften Begriffselemente laut den Rahmenlehrplänen der Bundesländer

Berlin und Brandenburg eigentlich ausschließlich in unterschiedlichen naturwissenschaftlichen Fächern zu unterrichten wären (SenBJF & MBS, 2017a-c).

Tab. 2 Mittlere Anzahl an Kookkurrenzen pro Essay für ausgewählte Kategorienkombinationen. In Klammern: Mittlere Anzahl der als fachlich explizit und implizit richtig beurteilten Kookkurrenzen pro Essay (B = Biologie, C = Chemie, P = Physik, usw. Vergleiche KG - IG-I bzw. KG - IG-II)

| | Kontrollgruppe (KG) | Interventionsgruppe 1 (IG-I) | Interventionsgruppe 2 (IG-II) |
|------|---------------------|------------------------------|-------------------------------|
| B-C | 0,4 (0,3) | 2,0*** (1,5***) | 2,1*** (1,7***) |
| B-P | 0,3 (0,2) | 0,6* (0,4) | 0,6* (0,5*) |
| C-P | 0,2 (0,1) | 0,6*** (0,4) | 0,4 (0,4*) |
| B-CP | 0,5 (0,3) | 1,4*** (1,1***) | 1,3*** (1,0***) |
| C-BP | 0,2 (0,1) | 0,5** (0,4**) | 0,4 (0,3**) |
| P-BC | 0,0 (0,0) | 0,1 (0,0) | 0,0 (0,0) |
| Σ | 1,6 (1,1) | 5,2*** (3,8***) | 4,9*** (3,9***) |

***p < 0,001, **p < 0,01, *p < 0,05)

Die Schüler*innen der IG-II verknüpfen im Mittel 4,9-mal Begriffselemente in den Essays in einer besonders fächerübergreifenden Art und Weise (s. Tab. 2). Diese fächerübergreifenden begrifflichen Verknüpfungsstrukturen weisen mit knapp 80 % eine hohe fachliche Richtigkeit auf. Besonders häufig sind fächerübergreifende Vernetzungen von „biologischen“ Begriffselementen zu beobachten (s. B-C und B-CP in Tab. 2).

Bis auf eine Ausnahme sind in allen hier in Tabelle 2 aufgelisteten Kategorienkombinationen in den Essays der IG-II mehr horizontale Vernetzungen von Begriffselementen zu finden als in der KG (s. Tab. 2). Mit Blick auf die fachlich richtigen Verknüpfungen sind diese Unterschiede zwischen IG-II und KG auch statistisch signifikant. Die wenigen Kookkurrenzen pro Essay in der Kategorienkombination „P-BC“ sind damit zu erklären, dass nur sehr wenige Begriffselemente überhaupt sowohl im Biologie- als auch Chemierahmenlehrplan konkret benannt sind (SenBJF & MBS, 2017a;b). Zwischen den Ergebnissen beider IG (IG-I und IG-II) sind keine statistisch signifikanten Unterschiede zu beobachten.

Zusammenfassung und Ausblick

In unserer ersten vergleichenden Fallstudie konnten wir bereits positive Effekte des integrierten naturwissenschaftlichen Unterrichts auf die vertikalen und horizontalen Vernetzungsleistungen der Schüler*innen innerhalb des Energiekonzepts nachweisen (Dietz & Bolte, 2022a). Trotz der schwierigen durch die SARS-CoV-2-Pandemie verursachten Lernbedingungen für die Schüler*innen sind die positiven Befunde aus der ersten Studie auch in einer zweiten Fallstudie nachzuweisen. In folgenden Studien sollte u.E. der Einfluss des integrierten naturwissenschaftlichen Unterrichts auf die Vernetzungsleistungen von Schüler*innen in Bezug auf andere Basiskonzepte, bspw. dem System-Konzept, untersucht werden, um den lerntheoretisch begründeten und hier in ersten Fallstudien rekonstruierbaren positiven Zusammenhang zwischen integriertem naturwissenschaftlichem Unterricht und vernetztem Lernen empirisch weitergehend zu prüfen. Selbstverständlich wäre es mindestens ebenso gewinnbringend, wenn die Untersuchung der Vernetzungsleistungen von

Schüler*innen in Bezug auf das Energiekonzept nicht nur wie bisher auf einzelnen Fallstudien beruhen würde, sondern auf eine breitere empirische Basis gestellt werden könnte.

Literatur

- Ausubel, D. P. (1974). *Psychologie des Unterrichts*. Band 1. Weinheim: Beltz.
- Dietz, D. (in Arbeit). Vernetztes Lernen im fächerdifferenzierten und integrierten naturwissenschaftlichen Unterricht aufgezeigt am Basiskonzept Energie - Eine Studie zur Analyse der Wirksamkeit der Konzeption und Implementation eines schulinternen Curriculums für das Unterrichtsfach „Integrierte Naturwissenschaften 7/8“- Dissertation.
- Dietz, D. & Bolte, C. (2021). Mehrdimensionale Analyse zur Vernetzung von Begriffselementen des Basiskonzepts Energie. In: V. Nordmeier & H. Grötzebach (Hrsg.), *Phydid B: Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung. Digitale Frühjahrstagung 2021* (S. 233-241), Berlin: DPG.
- Dietz, D. & Bolte, C. (2022a). Vernetztes Lernen im (Integrierten) Naturwissenschaftlichen Unterricht. In: S. Habig (Hrsg.), *Unsicherheit als Element von naturwissenschaftsbezogenen Bildungsprozessen* (S. 324-327). Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, virtuelle Jahrestagung 2021. Universität Duisburg-Essen.
- Dietz, D. & Bolte, C. (2022b). Multidimensional Analysis of Knowledge-Linking within the Concept of Energy in Student Essays. *NorDiNa*, im Druck.
- Duit, R. (1986). *Der Energiebegriff im Physikunterricht*. Habilitationsschrift. Universität Kiel.
- Eid, M., Gollwitzer, M. & Schmitt, M. (2011). *Statistik und Forschungsmethoden*. 2. korr. Auflage. Weinheim, Basel: Beltz.
- Eisenkraft A., Nordine, J., Chen, R., Fortus, D., Krajcik, J., Neumann, K. & Scheff, A. (2014) Introduction: Why Focus on Energy Instruction? In: R. Chen, A. Eisenkraft, D. Fortus, J. Krajcik, K. Neumann, J. Nordine & A. Scheff (alle Hrsg.) *Teaching and Learning of Energy in K – 12 Education* (S. 1-11). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-05017-1_1
- Gagné, R. M. (1970). *Die Bedingungen des menschlichen Lernens*. 2. Auflage. Hannover: Schroedel.
- Kultusministerkonferenz (KMK) (2005). *Bildungsstandards der Kultusministerkonferenz. Erläuterungen zur Konzeption und Entwicklung*. München, Neuwied: Luchterhand. Verfügbar unter: https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschlu-esse/2004/2004_12_16-Bildungsstandards-Konzeption-Entwicklung.pdf
- Labudde, P. (2014). Fächerübergreifender naturwissenschaftlicher Unterricht – Mythen, Definitionen, Fakten. *ZfDN*, 20, 11-19. <https://doi.org/10.1007/s40573-014-0001-9>
- Lancor, R. A. (2014). Using student-generated analogies to investigate conceptions of energy: A multidisciplinary study. *International Journal of Science Education*, 36(1), 1-23. <http://dx.doi.org/10.1080/09500693.2012.714512>
- SenBJF & MBJS: Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Familie Berlin & Ministerium für Bildung, Jugend und Sport Brandenburg (2017a). *Rahmenlehrplan Teil C Biologie, Jahrgangsstufen 7-10*. https://bildungsserver.berlin-brandenburg.de/fileadmin/bbb/unterricht/rahmenlehrplaene/Rahmenlehrplanprojekt/amtliche_Fassung/Teil_C_Biologie_2015_11_10_WEB.pdf
- SenBJF & MBJS: Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Familie Berlin & Ministerium für Bildung, Jugend und Sport Brandenburg (2017b). *Rahmenlehrplan Teil C Chemie, Jahrgangsstufen 7-10*. https://bildungsserver.berlin-brandenburg.de/fileadmin/bbb/unterricht/rahmenlehrplaene/Rahmenlehrplanprojekt/amtliche_Fassung/Teil_C_Chemie_2015_11_10_WEB.pdf
- SenBJF & MBJS: Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Familie Berlin & Ministerium für Bildung, Jugend und Sport Brandenburg (2017c). *Rahmenlehrplan Teil C Physik, Jahrgangsstufen 7-10*. https://bildungsserver.berlin-brandenburg.de/fileadmin/bbb/unterricht/rahmenlehrplaene/Rahmenlehrplanprojekt/amtliche_Fassung/Teil_C_Physik_2015_11_16_web.pdf

Güte von Argumentationslinien in Unterrichtskonzepten im Fach Chemie

Lehramtsstudierende haben oft Probleme, aus inhaltl. Zusammenhängen Erkenntniswege und damit verbundene Lernschritte abzuleiten, was sich in ihren Unterrichtskonzepten in geringer kognitiver Aktivierung der Lernenden niederschlägt. Eine Ursache dieses Problems ist häufig eine unzureichende inhaltl. Auseinandersetzung mit dem Unterrichtsgegenstand (Düwel & Niethammer, 2017), die wiederum durch die mit den für die Inhaltsaufbereitung genutzten Textquellen, den fachwissenschaftlichen Lehrbüchern, erschwert wird. Das liegt zum einen in der eher fachsystematischen statt einer problemorientierten Sortierung der Inhalte in den Fachtexten begründet, sodass sich die Bedeutsamkeit der im Text gegebenen Inhaltsrelationen erst durch die eigenständige Kontextualisierung oder eben deren Spiegelung an Problemstellungen erschließt. Letztere sind wiederum bei der Unterrichtsplanung in Abhängigkeit der Lernstandsvoraussetzungen einer Zielgruppe ein meth. Element, um Lernende zur aktiven Auseinandersetzung mit den Inhalten zu motivieren. Zum anderen werden in den Textquellen entscheidende Begründungszusammenhänge z. T. nur lückenhaft dargestellt, wodurch deren Nachvollziehbarkeit und damit das inhaltl. Tiefenverständnis zu diesen Zusammenhängen beeinträchtigt ist (vgl. Düwel, Eichhorn & Niethammer, 2019; Düwel, Eichhorn & Niethammer, 2022; Düwel, Hillegeist & Niethammer, 2022). Um die Probleme der Studierenden bei der didaktisch induzierten Inhaltsaufbereitung besser nachvollziehen zu können, bedarf es eines meth. Ansatzes zur Analyse von Argumentationslinien bzw. didaktischen Linienführungen in verschiedenen Textquellen, wie eben Lehrbücher oder Unterrichtskonzepte. Ein solcher Ansatz wird im Folgenden dargestellt und anhand der Analyse zweier Unterrichtskonzepte zur elektrochem. Spannungsreihe (elSpR) erörtert.

Methodischer Ansatz zur Analyse der Argumentationslinien in Unterrichtskonzepten

Für die Standardisierung der zu vergleichenden Textabschnitte muss jew. ein auf Propositionen aufbauendes inhaltsspez. Kategoriensystem entwickelt werden (ebd.; Düwel, 2020¹). Grundlage hierfür sind jew. allgemeine Schemata zur sachlogischen Strukturierung (SLS) von Inhaltsbereichen des Chemieunterrichtes (Substanz- und Reaktionsaspekt auf naturwiss. Ebene sowie Material- und Verfahrensaspekt auf techn. Ebene; vgl. Niethammer 2006, S. 123–139; Düwel & Niethammer, 2017, S. 422). Diese Schemata bilden Inhaltsrelationen auf einer höheren Abstraktionsebene ab, die wiederum mit den Basiskonzepten für das Fach Chemie (KMK, 2005) korrelieren. Für die SLS der Inhalte zur elSpR, wie sie der hier vorgestellten Analyse zugrunde gelegt wurde, greifen Schemata der naturwiss. und der techn. Ebene ineinander. Die zentralen Begriffe des für die elSpR zugrunde gelegten Schemas stellen Hauptkategorien dar (s. Tab. 1), die für das Thema elSpR konkret untersetzt und in Beziehung zueinander gestellt werden müssen. Die für die Untersetzung

¹ Das meth. Design ausgehend von Konstruktionsprinzipien für Concept Maps sowie die kategoriale Systematisierung der so gewonnenen Propositionslisten basieren auf Fürstenau (2001).

relevanten Propositionen² (n = 99) werden durch die Konstruktion eines Experten-Concept Maps gewonnen. Sie werden den jew. Hauptkategorien (n = 5) zugeordnet. Folgerichtig aufeinander aufbauende Propositionen werden in Propositionsketten (n = 11) zusammengefasst. Zur Standardisierung der in den Belegen getroffenen Aussagen werden die Texte zunächst segmentiert und die Textsegmente hinsichtlich der jew. thematisierten Propositionen (Codes) untersucht. Die Texte werden somit aufgrund der vorhandenen Inhaltsaussagen sowie deren folgerichtigen Reihung (Argumentationslinie) vergleichbar. Für die Analyse wurde die Software MAXQDA 2022 (VERBI Software, 2022) verwendet.

Ergebnisdarstellung zu einem Inhaltsausschnitt

Zunächst werden die Propositionen in Textform herausgestellt, die für den betrachteten Inhaltsausschnitt bedeutsam sind (s. reduzierte Auswahl in Tab. 1, 2. Spalte). Danach wird ausgewertet, welche der Propositionen in den Unterrichtskonzepten thematisiert werden (s. Tab. 1, 3. und 4. Spalte). Die beiden für die Analyse gewählten Unterrichtskonzepte nähern sich den zu erarbeitenden Zusammenhängen der elSpR über eine techn. Problemstellung für das berufliche Gymnasium (U1) bzw. einer naturwiss. Problemstellung für das allgemeinbildende Gymnasium (U2). In beiden Fällen ist die Entstehung des Stromflusses in einem galv. Element (Teilaspekt des Wirkprinzips) ein im Unterricht zu erarbeitender Inhaltsaspekt. Dazu ist zu verstehen, dass der erzeugte Stromfluss auf die im galv. Element ablaufende Redoxreaktion zurückzuführen ist, bei der an den Elektroden³ der jew. Halbzellen (HZ) zum einen Oxidation (HZ-Reaktion mit Elektronenabgabe des unedleren Metalls) und zum anderen Reduktion (HZ-Reaktion mit Elektronenaufnahme des edleren Metalls) räumlich getrennt voneinander ablaufen, sodass es (bei geschlossenem Stromkreis) zu einem Elektronenfluss kommt. Bei der im galv. Element ablaufenden Redoxreaktion wird somit chem. Energie in elektrische Energie (übertragbar als Stromfluss) umgewandelt. Zum Tiefenverständnis der an den Elektroden bevorzugt ablaufenden Reaktionen ist wesentlich, dass das Bestreben der Metalle Elektronen abzugeben bzw. aufzunehmen und damit das an der HZ anliegende elektrochem. Potenzial variiert. Letzteres entsteht durch die Bildung der elektrochem. Doppelschicht an der Elektrode der HZ (Ladungstrennung bei Elektronenabgabe der Metallelektrode, die von der Elektrolytlösung desselben Metalls umgeben ist).

Die techn. Problemstellung des U1 ist verbunden mit der Frage, wie der Strom über einen möglichst langen Zeitraum erzeugt werden kann⁴, während die naturwiss. Problemstellung des U2 auf die Erkenntnisfrage nach den Gründen für das freiwillige Ablaufen von Redoxreaktionen fokussiert. Beim Vergleich von U1 und U2 (s. Tab. 1 mit den 21 wichtigsten Propositionen zum Verstehen der Stromflusserzeugung) weist U1 eine deutlich geringe Abdeckung der Propositionen (33 %) auf als U2 (52 %). Qualitativ betrachtet wird ersichtlich, dass in beiden Unterrichtskonzepten Aussagen zur Ladungstrennung und der damit

² Aussagen, die jew. aus zwei mit einer Relation verknüpften Begriffen (Konzepten) bestehen. Relationen sind meistens Verben.

³ Hier werden nur Metallelektroden betrachtet.

⁴ Es kann über elSpR nur die Höhe der Potenzialdiff., nicht der Zeitraum der Stromerzeugung abgeleitet werden. Eine geeignete Problemstellung aus techn. Sicht wäre bspw., welche Redoxpaare der elSpR kombiniert werden müssten, um eine bestimmte Sollspannung zu erreichen.

verbundenen Potenzialbildung vernachlässigt werden. Im U1 wird außerdem der Aspekt der örtlichen Trennung der Teilreaktionen vernachlässigt.

Tab. 1: Anz. der in U1 und U2 vork. Codes⁵ (abs. H) und deren Abdeckungsgrad (rel. H) zur Erkl. der Entstehung des Stromflusses in galv. Element ($H_{max, Codes} = 21$)

| Code | Funktion – Anwendung | U1 | U2 |
|---------|--|-----------|-----------|
| K01F_04 | Batterie ist galvanisches Element | 1 | 1 |
| K01F_06 | Batterie speichert elektrische Energie | 0 | 0 |
| | Wirkprinzip – allgemein (Funktionsweise Batterie) | | |
| K02W_03 | elektrische Energie ist übertragbar als Stromfluss | 0 | 0 |
| K02W_05 | Elektronenfluss ist Stromfluss | 1 | 0 |
| | Wirkprinzip – Aufbau galvanisches Element | | |
| K03W_01 | galvanisches Element besteht aus zwei HZ | 1 | 1 |
| | Wirkprinzip – Funktionsweise galvanisches Element (techn. Ebene) | | |
| K04W_01 | Redoxreaktion findet statt in galvanisches Element | 1 | 1 |
| K04W_03 | Redoxreaktion bei örtl. Trennung von Oxidation u. Reduktion führt zu Gewinnung elektrische Energie | 0 | 1 |
| | Wirkprinzip – Vorgänge in HZ (Reaktionsmechanismus) | | |
| K05R_02 | HZ-Reaktion mit Elektronenabgabe ist Oxidation | 0 | 1 |
| K05R_03 | HZ-Reaktion mit Elektronenaufnahme ist Reduktion | 0 | 1 |
| | Wirkprinzip – Vorgänge in HZ (RE: Ladungstrennung u. Potenzialbildung) | | |
| K06R_02 | Elektronenabgabe an Phasengrenze führt zu Ladungstrennung | 0 | 0 |
| K06R_04 | Ladungstrennung führt zu Potenzialbildung an HZ | 0 | 0 |
| | Wirkprinzip – Quantifizierung RE 1 (Ladungstrennung u. Potenzialbildung) | | |
| K07Q_01 | Potenzial HZ nur messbar als Potentialdifferenz zweier HZ | 0 | 1 |
| | Wirkprinzip – Quantifizierung RE 2 (Messung Potentialdifferenz) | | |
| K08Q_02 | Potenzial HZ unter STP gemessen im Vgl. zu Bezugs Elektrode ist Normalpotenzial Metall/Element | 1 | 0 |
| K08Q_06 | Normalpotenzial Metall/Element gereiht führt zu eSpR | 1 | 1 |
| K08Q_07 | eSpR beschreibt Bestreben Metall zur Elektronenabgabe | 0 | 1 |
| | Bedingungen | | |
| K09B_13 | Material Elektrode bestimmt Potenzial HZ | 1 | 1 |
| | Eigenschaften zweier HZ in Kombination (i. S. Zustand) | | |
| K10E_01 | Potenzial HZ zeigt Bestreben Me zu Elektronenabgabe | 0 | 1 |
| K10E_04 | Elektronenabgabe an Phasengrenze hoch ist Maß für hoch Oxidationsbestreben | 0 | 0 |
| | Verhalten zweier HZ in Kombination | | |
| K11V_09 | Reaktionsgleichung der Zellenreaktion ergibt Redoxpotenzial | 0 | 0 |
| K11V_11 | Redoxpotenzial hoch führt zu hoch Stromfluss | 0 | 0 |
| K11V_13 | Redoxpotenzial positiv führt zu freiwillig Zellreaktion | 0 | 0 |
| | abs. H | 7 | 11 |
| | rel. H in % | 33 | 52 |

F: Funktion; W: Wirkprinzip; R: Reaktionsmechanismus, Q: Quantifizierung Reaktionserscheinung (RE); B: (Verhaltens)Bedingung; E: Eigenschaften; V: Verhalten; HZ: Halbzelle(n); STP: Standardbedingungen (-temperatur- und -druck, einschl. Konzentration); eSpR: elektrochem. Spannungsreihe

Fazit und Ausblick

Die Analysen, die hier nur exemplarisch ausgeführt wurden, zeigen, dass über das auf Aussagen basierenden Kategoriensystems, Textabschnitte (wie hier aus U1 und U2) standardisiert und auf Aussageebene miteinander verglichen werden können. In den beiden Unterrichtskonzepten wurden z. T. wesentliche Aussagen zum Verständnis der Erzeugung eines Stromflusses in einem galv. Element vernachlässigt. Das hat in beiden Fällen auch Auswirkungen auf die didaktischen Linienführungen in den Unterrichtskonzepten, die hier nicht näher dargestellt werden konnten. Es gelingt nur bedingt, die Erschließung der inhaltl. Zusammenhänge durch Lernaufgaben zu initiieren und zu operationalisieren. In beiden Fällen werden wichtige Erarbeitungsschritte durch einen Lehrervortrag ersetzt, der allerdings Begründungszusammenhänge nicht ausreichend darstellt. Für die fachdidaktische Lehre besteht weiterhin Bedarf, Lehramtsstudierenden noch andere meth. Zugänge zu verschaffen,

⁵ Propositionsketten sind fortl. nummeriert. „K“ steht für „Kette“, dann folgen zwei Stellen für Nummerierung der Kette und der Anfangsbuchstabe der Hauptkat. Kennnummer (Code) einer Proposition beginnt mit Kennnummer der Propositionskette, gefolgt von Unterstrich und Nummerierung der jew. Proposition.

über die sie die Tiefenauseinandersetzung mit den Inhalten und deren fachdidaktische Verwertung vollziehen.

Literatur

- Düwel, F. (2019). Analyse und Beurteilung von Lehrbuchtexten aus fachdidaktischer Sicht. *Berufsbildung. Zeitschrift für Theorie-Praxis-Dialog*, 73, 23-26
- Düwel, F. (2020). *Argumentationslinien in Lehr-Lernkontexten. Potenziale englischer Fachtexte zur Chromatografie und deren hochschuldidaktische Einbindung*. Dissertation. Technische Universität Dresden, Dresden
- Düwel, F., Eichhorn, S., & Niethammer, M. (2019). Entwicklung berufsdidaktischer Kompetenzen. Konzeptioneller Ansatz zur Vernetzung von Disziplinwissen und berufsdidaktischem Wissen. *bwp(at) Nr. 37*, 1-23. Verfügbar unter http://www.bwpat.de/ausgabe37/duewel_et_al_bwpat37.pdf
- Düwel, F., Eichhorn, S., & Niethammer, M. (2022). Fachdidaktische Einsatzfelder von Concept Maps im Bereich Chemie. In Fürstenau, Bärbel / Ryssel, Jeannine (Hrsg.). *Concept Mapping als Lern- und Lehrstrategie einsetzen. Theoretische Grundlagen und Anwendungsbeispiele*. Leverkusen: Budrich.
- Düwel, F., Hillegeist, A., & Niethammer, M. (2022). Qualität beruflicher Lernaufgaben. Implikationen für die fachliche und berufs-/fachdidaktische Professionalisierung von Lehrkräften. In S. Anselmann, U. Faßbauer, H. Nepper, & L. Windelband (Eds.), *Berufliche Arbeit und Berufsbildung zwischen Kontinuität und Innovation. Konferenzband zur 21. Tagung der Gewerblichen-Technischen Wissenschaften und ihren Didaktiken (GTW)*. Bielefeld: wbv, 75-92. Verfügbar unter <https://doi.org/10.3278/9783763971831>
- Düwel, F., & Niethammer, M. (2017). Verstehensprozesse bei Lehramtsstudierenden im Fach Chemie initiieren. In C. Maurer (Ed.), *Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Zürich 2016, 420-423
- Fürstenau, B. (2001): *Aufbau und Evaluation betrieblichen Zusammenhangswissens. Möglichkeiten zur Abstimmung schulischen und betrieblichen Lernens in der Anfangsphase der Ausbildung von Industriekaufleuten*, Habilitation an der Georg-August-Universität zu Göttingen.
- KMK, Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (Hrsg.) (2005): *Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Bildungsabschluss*. Beschluss vom 16.12.2004, München: Luchterhand
- Niethammer, M. (2006). *Berufliches Lernen und Lehren in Korrelation zur chemiebezogenen Facharbeit. Ansprüche und Gestaltungsansätze* (1. Auflage, Bd. 7). Bielefeld: Bertelsmann
- VERBI Software 2022. MAXQDA 2022. Computer program. VERBI Software 2022. Berlin

Kreativität im naturwissenschaftlich-technischen Sachunterricht

Kreativität ist eine der Schlüsselqualifikationen des 21. Jahrhunderts, insbesondere mit Blick auf die Herausforderungen der aktuellen Zeit. Geht es darum Problemen und Herausforderungen mit innovativen Ideen und Lösungen zu begegnen, gilt sie laut Runco (2004) schon lange als eine der wichtigsten Persönlichkeitseigenschaften. Trotz dieser Bedeutung spielt das Thema in der Schul- und Lehrerbildung eine untergeordnete Rolle.

Theoretischer Hintergrund

Was genau aber ist Kreativität? Ist sie ausschließlich als Persönlichkeitseigenschaft zu betrachten? Zur Beantwortung dieser Frage muss zunächst eine (geeignete) Definition gefunden werden, was angesichts der Vielzahl an möglichen Definitionen nicht gerade leicht fällt. Mit Blick auf den Unterricht erscheinen vier Definitionen als möglicherweise geeignet. Die erste definiert Kreativität als "die Fähigkeit, eine Arbeit zu schaffen, die sowohl neuartig (d.h. originell, unerwartet) als auch angemessen (d.h. nützlich, anpassungsfähig) ist" (Sternberg & Lubart, 1998, p.3). Dies unterstreicht, dass eine kreative Person so innovativ wie möglich denken muss, aber auch, dass die Innovation nützlich sein muss. Der Schwerpunkt dieser Definition liegt auf dem **Produkt**. Eine andere mögliche Definition ist die von Barron & Harrington (1981). Ihrer Ansicht nach hat der kreative Mensch breit gefächerte Interessen, eine Affinität zur Komplexität, hohe Energie, unabhängiges Urteilsvermögen, Autonomie, Intuition, Selbstvertrauen und die Fähigkeit, Probleme zu lösen. Der Schwerpunkt liegt hier vor allem auf den Persönlichkeitsmerkmalen, die die Kreativität eines Menschen begünstigen, es geht also nicht um ein innovatives und nützliches Produkt, wie in der ersten Definition, sondern um die kreative **Person** und ihre Eigenschaften. Eine dritte Definition sieht Kreativität als eine Reaktion oder Idee, die neu oder im statistischen Sinne selten ist und ganz oder teilweise realisiert werden kann. Sie muss dazu dienen, einen Zustand zu verbessern oder ein bestehendes Ziel zu erreichen (Mackinnon, 1962). Diese Definition unterstreicht die Seltenheit oder Außergewöhnlichkeit einer kreativen Idee. Im Gegensatz zu den vorangegangenen Definitionen lässt sie jedoch zu, dass die Idee nicht vollständig verwirklicht werden muss. Der Fokus liegt auch in dieser Definition auf dem Produkt. Bliersbach & Reiners (2017, p. 324) definierten Kreativität im Kontext des Chemieunterrichts wie folgt:

„Kreativität beschreibt das in jedem Menschen innewohnende Potential, mit Hilfe von verschiedenen metakognitiven Strategien, die vor allem auf dem Ausbrechen aus bekannten Strukturen und der Rekombination von Wissen beruhen, etwas für dessen jeweiliges Umfeld gleichsam Neues und Relevantes zu schaffen.“

Diese Definition beinhaltet alle vier Komponenten: die kreative Person, den kreativen **Prozess**, das kreative Produkt und das kreative **Umfeld**.

Neben einer Definition ist es im Kontext der Kreativitätsforschung notwendig, sich mit den Unterschieden und Gemeinsamkeiten *divergenten* und *kreativen Denkens* auseinanderzusetzen. In vielen Forschungsarbeiten, so auch in PISA (Prenzel & Deutsches PISA-Konsortium, 2004), wird beides gleichgesetzt. Dass es sich hierbei jedoch keineswegs um ein und dasselbe Konstrukt handelt, ist in der Kreativitätsforschung längst Status Quo. So ist man hier einig, dass divergentes Denken als „anders Denken“ ein Teil von kreativem Denken ist. Kreatives Denken jedoch ist mehr. Denkt ein Individuum kreativ, so denkt es anders und zielführend. Diese Zielführungskomponente ist ein wesentlicher, und betrachtet man die Definition auch ein notwendiger Teil kreativen Denkens und führt zur Unterscheidung von divergentem Denken (Runco, 2006; Runco et al., 2016).

Bei der Betrachtung von Kreativität und Sachunterricht, insbesondere naturwissenschaftlichen Sachunterrichts, fällt auf, dass Kreativität im naturwissenschaftlichen Unterricht kaum Bedeutung beigemessen wird (z.B. Bliersbach & Reiners, 2017; Hadzigeorgiou et al., 2012). Es wird oft angenommen, dass der naturwissenschaftliche Unterricht logisch und stringent ist und somit kreative, innovative Ansätze ausschließt. Tatsächlich gibt es jedoch empirische Belege dafür, dass Führungskräfte Kreativität als eine wichtige kognitive Fähigkeit besitzen sollten (Gardner, 2008). Darüber hinaus fügt Glăveanu (2018) den Hinweis hinzu, dass es bei Kreativität um Handlungsfähigkeit, Flexibilität, Offenheit und Emergenz geht. Da fähige Führungskräfte auch in naturwissenschaftlichen Berufen benötigt werden, stellt sich die Frage, ob und wie sich diese Gegensätze vereinen lassen. Hadzigeorgiou et al. (2012) diskutieren zahlreiche interessante Ansätze für den Einbezug von Kreativität in den naturwissenschaftlichen Unterricht. Dabei zeigt sich, dass dies keineswegs ein Widerspruch ist, sondern dass es so etwas wie "naturwissenschaftliche Kreativität" geben muss, um neue Ideen zu generieren und damit neue Dinge zu entdecken. Es wird betont, dass es nie nur einen Weg zur Lösung eines Problems geben kann, sondern dass jeder Wissenschaftler/jede Wissenschaftlerin individuelle, kreative Ansätze hat. Dies kommt auch den Sichtweisen auf das Problemlösen im naturwissenschaftlichen Unterricht nah.

Studierendenbefragung zu Kreativität im Sachunterricht

Um Kreativität in den (Sach-)Unterricht zu integrieren, bedarf es der Bereitschaft der Lehrkräfte, diesem Thema Bedeutung beizumessen und Raum zu geben. Eine explorative Studie sollte dazu die folgenden drei Forschungsfragen klären:

FF1: Was verstehen Sachunterrichtsstudierende unter Kreativität?

FF2: Welche Bedeutung messen Sachunterrichtsstudierende der Kreativität für den (Sach-) Unterricht bei?

FF3: Welche Ansichten haben Sachunterrichtsstudierende zum Einfluss verschiedener Faktoren auf die Entwicklung von Kreativität und zur Förderung von Kreativität von SchülerInnen im Sachunterricht?

Design

Es wurde ein neu entwickelter Fragebogen verwendet, der aus drei Teilen bestand:

Definition von Kreativität, Kreativität in der Bildung und im Sachunterricht und kreative Methoden im Sachunterricht. Verwendet wurden sowohl offene als auch aus geschlossene Fragen. Die Erhebung fand digital in der Software Limesurvey statt.

Stichprobenbeschreibung

Insgesamt nahmen $N = 131$ angehende Sachunterrichtsstudierende aus den Bundesländern Niedersachsen (48 Studierende) und Nordrhein-Westfalen (82 Studierende) teil (\emptyset Alter 22,78; ♀ 87%). Das Alter der Befragten reichte von 19 bis 48 Jahren. Die Geschlechts- und Altersverteilung ist üblich für das Studienfach Sachunterricht. 95,4 % der Befragten befanden sich zum Zeitpunkt der Befragung im ersten bis dritten Semester, die restlichen 4,6 % waren in einem höheren Semester. 40,5 % ($n = 53$) der Befragten gaben an, dass sie bereits Lehrerfahrung haben.

Ausgewählte Ergebnisse

Zu **FF1** lässt sich festhalten, dass die Studierenden aus den vier eingangs genannten Definitionen für Kreativität im Sachunterricht die von Bliersbach & Reiners (2017) mit Abstand als die Passendste gewählt haben (63,5 %). Es gibt keine klare Position, ob divergentes Denken aus der Sicht der Befragten das Gleiche ist wie kreatives Denken (Ja = 51 %, Nein = 45 %, Enthaltung = 4%).

Bei der Beantwortung von **FF2** wurde festgestellt, dass Kreativität aus der Sicht der Befragten eine hohe Relevanz für das Lernen allgemein ($M = 3.53$, $SD = .44$) und für den Lehrerberuf im Speziellen hat (97.7%). 92.4% denken, dass Kreativität für das Lernen im Sachunterricht wichtig ist. Dabei bieten sich insbesondere die naturwissenschaftliche ($M = 2.90$, $SD = .711$) und die technische ($M = 2.98$, $SD = .718$) Perspektive an, Kreativität zu fördern.

Im Rahmen von **FF3** wurde herausgefunden, dass aus der Sicht der Befragten einen Einfluss auf die Entwicklung der Kreativität: Lesen von Büchern ($M = 3.53$, $SD = .52$), Eltern ($M = 3.25$, $SD = .71$), Spielen von Gesellschaftsspielen ($M = 3.20$, $SD = .67$), Lehrer ($M = 3.12$, $SD = .69$) und die Peer-Group ($M = 3.11$, $SD = .76$) haben. Keinen/wenig Einfluss haben handwerkliche ($M = 2.11$, $SD = .79$) und künstlerische Begabung ($M = 2.11$, $SD = .82$).

Diskussion und Ausblick

Aus den Ergebnissen geht hervor, dass die befragten Sachunterrichtsstudierenden Kreativität einen hohen Stellenwert, insbesondere für den naturwissenschaftlich-technischen Sachunterricht, beimessen. Dies deckt sich mit der in der Theorie aufgezeigten Annahme, dass Kreativität sehr wohl eine Relevanz für Naturwissenschaften hat.

Im Anschluss an diese explorative Studie sollen Ansätze zur Förderung und Untersuchung der Kreativität von Schüler:innen im Rahmen des naturwissenschaftlichen und technischen Sachunterrichts erprobt werden. Die größte Herausforderung dabei ist es, ein geeignetes Testinstrument zu entwickeln, welches nicht nur divergentes, sondern kreatives Denken erfasst. Nur so kann eine gesicherte Aussage über den Einfluss von Kreativität auf das Lernen und die Entwicklung der Kreativität durch potentiell kreative Lernaufgaben getroffen werden.

Literatur

- Barron, F., & Harrington, D. M. (1981). Creativity, Intelligence, and Personality. *Annual Review of Psychology*, 32(1), 439–476. <https://doi.org/10.1146/annurev.ps.32.020181.002255>
- Bliersbach, M., & Reiners, C. S. (2017). Kreativität und Chemie? *Chemie in unserer Zeit*, 51(5), 324–331. <https://doi.org/10.1002/ciuz.201700755>
- Gardner, H. (2008). *Five minds for the future*. Harvard Business School Press.
- Glăveanu, V. P. (2018). Creativity in and for Society. *Creativity. Theories – Research - Applications*, 5(2), 155–158. <https://doi.org/10.1515/ctra-2018-0012>
- Hadzigeorgiou, Y., Fokialis, P., & Kabouropoulou, M. (2012). Thinking about Creativity in Science Education. *Creative Education*, 03(05), Art. 05. <https://doi.org/10.4236/ce.2012.35089>
- Mackinnon, D. W. (1962). The nature and nurture of creative talent. *American Psychologist*, 17(7), 484–495. <https://doi.org/10.1037/h0046541>
- Prenzel, M., & Deutsches PISA-Konsortium (Hrsg.). (2004). *PISA 2003: Der Bildungsstand der Jugendlichen in Deutschland ; Ergebnisse des zweiten internationalen Vergleichs*. Waxmann.
- Runco, M. A. (2004). Creativity. *Annual Review of Psychology*, 55(1), 657–687. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.55.090902.141502>
- Runco, M. A. (2006). Introduction to the Special Issue: Divergent Thinking. *Creativity Research Journal*, 18(3), 249–250. https://doi.org/10.1207/s15326934crj1803_1
- Runco, M. A., Abdulla, A. M., Paek, S. H., Al-Jasim, F. A., & Alsuwaidi, H. N. (2016). Which Test of Divergent Thinking Is Best? *Creativity. Theories – Research - Applications*, 3(1), 4–18. <https://doi.org/10.1515/ctra-2016-0001>
- Sternberg, R. J., & Lubart, T. I. (1998). The Concept of Creativity: Prospects and Paradigms. In R. J. Sternberg (Hrsg.), *Handbook of Creativity* (1. Aufl., S. 3–15). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511807916.003>

Daniel Römer¹
Jan Winkelmann¹

¹Pädagogische Hochschule Schwäbisch Gmünd

Explizite Auseinandersetzung mit Idealisierungen beim Physiklernen

Ausgangslage

In der Auseinandersetzung mit physikalischen Erkenntnissen im Rahmen von Theorien, Modellen oder Experimenten sind Idealisierungen stets enthalten und grundlegend. Sei es in der (mathematischen) Formulierung von Gesetzmäßigkeiten, den Gültigkeitsbereichen von Modellen oder der Vor- und Aufbereitung von Messdaten in Experimenten. *Idealisieren* soll hier als die Zerlegung von Systemen und Vernachlässigung der als nebensächlich beurteilten Eigenschaften definiert werden (Nowak & Nowak, 1998). Auch die bewusste Akzeptanz von verfälschenden Annahmen ist Teil des Idealisierungsprozesses (Hüttemann, 2012; Strevens, 2017).

Es ist bereits aus verschiedenen Kontexten bekannt, dass wichtige Teile des naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozesses explizit in den Unterricht eingebaut sein sollten und dies nicht nur als Bedingung für das Lernen *über* Naturwissenschaften betrachtet wird (Khishfe & Abd-El-Khalick, 2002; Clough, 2006), sondern generell als Merkmal guten Physikunterrichtes gilt (Höttecke & Schecker, 2021). Auch bei der Instruktion von Schüler*innen beim Experimentieren (Vorholzer, 2016) oder beim Lernen über das Modellieren als meta-theoretisches Konzept wird eine explizite Auseinandersetzung als notwendig und hilfreich angesehen (Gilbert & Boulter, 2000; Harrison & Treagust, 2000; Khine & Saleh, 2011). Dass vor allem Modellen eine idealisierte Betrachtungsweise zu Grunde liegt, findet in den Bildungsstandards Erwähnung (KMK, 2020). Eine weiterführende Reflexion zugrundeliegender Idealisierungen in themenspezifischen Kontexten bleibt jedoch aus oder findet in der unterrichtlichen Praxis häufig nur implizit statt. Vor allem in der Arbeit mit Modellen entstehen bei Schüler*innen Verständnisschwierigkeiten (Winkelmann et al., 2021).

Um fachliches Verständnis entwickeln zu können, werden in den Naturwissenschaften häufig Modelle verwendet. Grundlage von Modellen sind Idealisierungen. Wenn also diese Grundlage – die Idealisierungen – falsch verstanden wird, kann dies zu alternativen fachlichen Konzepten führen. Eine explizite Auseinandersetzung mit Idealisierungen kann zudem dazu beitragen, epistemologische Vorstellungen über den naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess zu fördern. Da eine isolierte Auseinandersetzung mit Idealisierungen sehr theoretisch und abstrakt ist, erscheint eine explizite Auseinandersetzung an konkreten physikalischen Inhalten gewinnbringend.

Zielsetzung

Diesen Vermutungen soll an Hand von Erklärungen zu Abbildungsprozessen an Linsen im Rahmen der geometrischen Optik exemplarisch nachgegangen werden. Für die geometrische Optik an sich wird ein idealisierter Geltungsraum angenommen, in dem sich Licht geradlinig – als Lichtstrahl – ausbreitet. Ein wichtiger Bestandteil für das Verständnis von Abbildungsprozessen an Linsen ist die Idealisierung der Mittelebene. Mit ihr und mit der Hilfe von außerordentlichen Lichtwegen können Vorhersagen zu Lage und Ort der Abbildung getroffen

werden. In der Auseinandersetzung mit Abbildungsprozessen kommt es oft zu Verständnisschwierigkeiten und alternativen Vorstellungen (Schecker et al., 2018), beispielsweise wenn Lernende mit teilweise abgedeckten Linsen konfrontiert werden (Abb. 1) und ihr Verständnis von der Bildentstehung nicht mehr mit der gegebenen Problemstellung übereinstimmt.

Aus den dargestellten Vermutungen und den Indikationen aus der Literatur resultiert die folgende Forschungsfrage: Fördert die explizite Auseinandersetzung mit Idealisierungen in physikalischen Erklärungen naturwissenschaftlicher Phänomene die Entwicklung adäquater Konzepte von Lernenden?



Abbildung 1: Darstellung der halb abgedeckten Linse und des sichtbaren Bildes am Schirm.

Studiendesign

Für die Untersuchung dieser Fragestellung wurde eine Online-Umgebung entworfen, in der zwei verschiedene Treatments in Form von text- und bildbasierten Erklärungsbegegnungen stattfinden. Beide Treatments unterscheiden sich lediglich in der Art der Auseinandersetzung mit Idealisierungen. In einen Fall nutzt die Erklärung Idealisierungen implizit im Rahmen der Arbeit mit Modellen, im anderen Fall werden Idealisierungen explizit betont. Die Umsetzung in einer Online-Umgebung ermöglicht eine vergleichbare Gestaltung der Erklärungen, um Verzerrungen durch Neuigkeits- und Motivationseffekte zu minimieren. Die Realisierung in SoSci-Surveys (www.soscisurvey.de) ermöglicht außerdem die Speicherung der individuellen Bearbeitungszeiten der jeweiligen Themenabschnitte. Neben der Möglichkeit, nicht sinnvoll bearbeitete Erhebungen identifizieren und ausschließen zu können, kann die Analyse der Bearbeitungszeiten Hinweise auf besonders schwierige (Themen-)Abschnitte geben.

Die inhaltliche Struktur beider Erklärungsbegegnungen ist identisch aufgebaut (Abb. 2). Begonnen wird mit der Präsentation eines (vermutlich) neuen Phänomens (teilweise abgedeckte Linse; Abb. 1) als Motivation, gefolgt von einer dreigeteilten Erklärung. Über einen Einstieg zur Erkenntnisgewinnung und den Grundlagen der Optik wird die Konstruktion von außerordentlichen Lichtwegen und der Mittelebene erarbeitet.

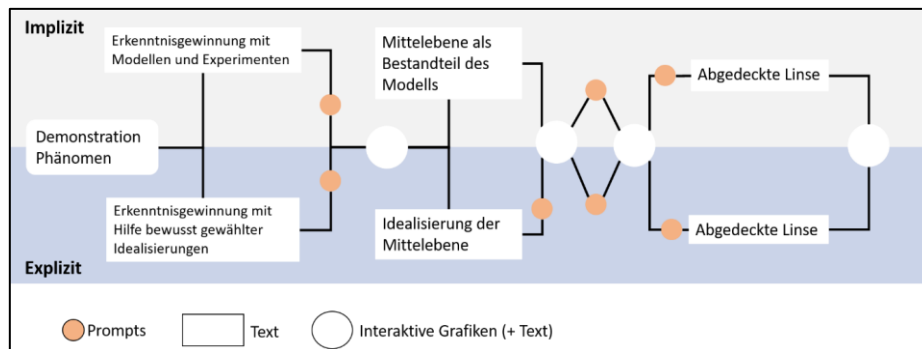


Abbildung 2: Schematische Darstellung der inhaltlichen Struktur der Erklärungsbegegnungen.

Abschließend wird Bezug auf das zu Beginn präsentierte Phänomen genommen. Im Laufe der Erklärungen werden Betonungen in Form von optisch hervorgehobenen Hinweiskästen eingebaut. Die Erklärungen werden in jedem Abschnitt mit interaktiven Grafiken unterstützt. In Abbildung 2 ist zu sehen, dass beide Erklärungsbegegnungen dieselben interaktiven Grafiken verwenden, um die Vergleichbarkeit beider Treatments zu verstärken. Des Weiteren wurden die Erklärungen basierend auf anerkannten Gütekriterien (Wittwer & Renkl, 2008; Kulgemeyer, 2018) entwickelt. Diese umfassen neben der fachlichen Vollständigkeit und Richtigkeit auch die Verständlichkeit und Aktivierung der Lernenden, welche durch Prompts und interaktive Grafiken umgesetzt werden sollte. Damit eine explizite Auseinandersetzung nicht in einer erhöhten Anzahl an Lerngelegenheiten resultiert, wurde in diesem Zuge auch großer Wert auf eine Gleichwertigkeit in der Qualität und dem Umfang der Lerngelegenheiten beider Erklärungen gelegt.

Evaluation der Erklärungsbegegnungen

Die entwickelten Erklärungsbegegnungen wurden durch Expert*innen (N=7) mit fachlichem bzw. fachdidaktischem Hintergrund evaluiert. Die im Expert*innenrating genutzten Fragen orientierten sich streng an den erwähnten Gütekriterien. Im Ergebnis wurden beide Treatments als vergleichbar angesehen. Selbst bei vereinzelter Kritik an der Notwendigkeit der Auseinandersetzung mit Idealisierungen wurden die Treatments dennoch hinsichtlich ihrer fachlichen Korrektheit und Vollständigkeit als gleichwertig bewertet. Die Auseinandersetzung mit den zugrunde liegenden Idealisierungen im Rahmen der dargebotenen Erklärungen wurde mehrheitlich als gewinnbringend und hilfreich für Lernende eingeschätzt. Auch die Einschätzung der Adressatenpassung (die Erklärungen sollen von Lernenden der Sekundarstufe I genutzt werden können) deutet auf eine angemessene Komplexität der Erklärungsbegegnungen hin.

Ausblick

Als Diagnoseinstrument zur Wirkung der Treatments wurde parallel zu den Erklärungsbegegnungen ein Schülervorstellungstest zu Abbildungen an Linsen in Anlehnung an Teichrow und Erb (2019) entwickelt, dessen Evaluation derzeit noch läuft. Für den Winter 2022/23 ist eine Intervention mit Schüler*innen der Sekundarstufe I vorgesehen.

Literatur

- Gilbert, J. (2004). Models and modeling: Routes to more authentic science education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2, 115–130.
- Gilbert, J. K., & Boulter, C. J. (Hrsg.) (2000). *Developing Models in Science Education*. Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-94-010-0876-1>
- Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (2000). A typology of school science models. *International Journal of Science Education*, 22, 9, 1011–1026. <https://doi.org/10.1080/095006900416884>
- Hüttemann, A. (2012). *Idealisierungen und das Ziel der Physik: Eine Untersuchung zum Realismus, Empirismus und Konstruktivismus in der Wissenschaftstheorie*. Berlin, Boston: De Gruyter. <https://doi.org/10.1515/9783110811896>
- Khine, M. S., & Saleh, I. M. (Hrsg.) (2011). *Models and Modeling*. Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-0449-7>
- [KMK] Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland; Humboldt-Universität zu Berlin (2020): *Bildungsstandards im Fach Physik für die Allgemeine Hochschulreife. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 18.06.2020*. 1. Auflage. Köln: Carl Link Verlag. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2020/2020_06_18-BildungsstandardsAHR_Physik.pdf
- Kulgemeyer, C. (2018). Towards a framework for effective instructional explanations in science teaching, *Studies in Science Education*, 54, 2, 109-139. <https://doi.org/10.1080/03057267.2018.1598054>
- Nowak, I., & Nowak, L. (1998). “Model(s)” and “Experiment(s) as Homogeneous Families of Notions. In N. Shanks & J. Brzeziński (Hrsg.), *Idealization in contemporary physics* (S. 35–50). Amsterdam: Rodopi.
- Schecker, H., Wilhelm, T., Hopf, M. & Duit, R. (2018). *Schülervorstellungen und Physikunterricht*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-57270-2>
- Strevens, M. (2017). How Idealizations Provide Understanding. In S. R. Grimm, C. Baumberger, & S. Ammon (Hrsg.), *Explaining understanding: new perspectives from epistemology and philosophy of science* (S. 37–39). New York; London: Routledge, Taylor & Francis Group.
- Höttecke, D., & Schecker, H. (2021). Unterrichtskonzeptionen für Nature of Science (NOS). In Herausgeber noch ergänzen *Unterrichtskonzeptionen für den Physikunterricht* (S. 401–433). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-63053-2_13
- Teichrow, A., Erb, R. (2019). Entwicklung und Evaluation eines zweistufigen Testinstruments für Schülervorstellungen zur Anfangsoptik. In V. Nordmeier & H. Grötzebauch (Hrsg.). *PhyDid B, Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung Aachen 2019*. Berlin. 386 S. 219-226. <https://ojs.dpg-physik.de/index.php/phydid-b/article/view/953/1077>
- Vorholzer, A. (2016). *Wie lassen sich Kompetenzen des experimentellen Denkens und Arbeitens fördern?: Eine empirische Untersuchung der Wirkung eines expliziten und eines impliziten Instruktionsansatzes*. Logos Verlag Berlin.
- Vorholzer, A., von Aufschnaiter, C. & Boone, W.J. (2020). Fostering Upper Secondary Students’ Ability to Engage in Practices of Scientific Investigation: a Comparative Analysis of an Explicit and an Implicit Instructional Approach. *Res Sci Educ* 50, 333–359. <https://doi.org/10.1007/s11165-018-9691-1>
- Winkelmann, J., Freese, M., & Strömmer, T. (2022). Schwierigkeitserzeugende Merkmale des Physikunterrichts – die Perspektive von Schüler*innen. *Progress in Science Education*. (5)2, 6-23, (online first, 2021). <https://doi.org/10.25321/prise.2022.1168>
- Wittwer, J., & Renkl, A. (2008). Why Instructional Explanations Often Do Not Work: A Framework for Understanding the Effectiveness of Instructional Explanations. *Educational Psychologist* 43, 1, S. 49–64). Informa UK Limited. <https://doi.org/10.1080/00461520701756420>

Melina Doil¹
Verena Pietzner²

¹Universität Oldenburg
²Universität Vechta

Lehramtsstudium in den Naturwissenschaften

Ungeachtet umfangreicher Bildungsreformen in den vergangenen Jahren war es den deutschen Schüler*innen nicht möglich in der PISA-Erhebung 2018 Anschluss an die Führungsländer zu finden. Dies wirft die Frage auf, ob nicht nur das Schulsystem, sondern auch die Lehrkräftebildung einer Reform bedarf. Mithilfe eines systematischen Reviews werden das Lehramtsstudium sowie die Praxisphase analysiert. Um die methodische Vergleichbarkeit zu gewährleisten, wird nach dem PRISMA Statement vorgegangen. Damit ein Bezug zur PISA-Erhebung hergestellt werden kann, orientieren sich die analysierten Kompetenzen hauptsächlich an den in der naturwissenschaftlichen Domäne überprüften, ergänzend werden Eingangskriterien und der strukturelle Aufbau des Lehramtsstudiums untersucht.

Einleitung

Die durchgeführten PISA-Erhebungen seit 2000 zeigen, dass deutsche Schüler*innen gerade im naturwissenschaftlichen Bereich mittelmäßig abschneiden. Im Jahr 2018 beispielweise lagen 19,6% aller deutschen Schüler*innen unter dem Kompetenzlevel II, was zeigt, dass ca. ein Fünftel aller Lernenden im Alter von 15 Jahren kein grundlegendes Wissen in den Naturwissenschaften vorweisen können (Reiss et al., 2019). Ausgehend von dieser Entwicklung ergibt sich Fragestellung, ob die PISA-Ergebnisse auch von der Lehrkräftebildung abhängig sind, da diese nur Kompetenzen vermitteln können, welche sie selbst erlernt haben. Da die deutsche Lehrkräftebildung ähnlich wie das deutsche Schulsystem föderal organisiert ist, ergeben sich auch im Lehramtsstudium strukturelle Unterschiede. In diesem Beitrag wird lediglich das Lehramtsstudium betrachtet. Um mögliche Anhaltspunkte zur Weiterentwicklung des naturwissenschaftlichen Lehramtsstudiums herausarbeiten zu können werden die folgenden zwei Fragestellungen in den Fokus gesetzt:

- Wie ist das Lehramtsstudium in den Naturwissenschaften strukturiert?
- Wie werden die von PISA geforderten Kompetenzen im Lehramtsstudium vermittelt?

Methode

Um die dargestellten Fragestellungen zu betrachten wurde ein Systematic Review nach dem PRISMA Statement durchgeführt (Liberati et al., 2009). Hierbei wurde zunächst eine Literaturrecherche durchgeführt. Bei dieser wurde sich auf deutschsprachige Literatur beschränkt, um mögliche Defizite in deutschsprachigen Publikationen darstellen zu können. Insgesamt wurden 306 Veröffentlichungen in den grundlegenden Datensatz aufgenommen. Um weiter nach dem PRISMA Statement zu arbeiten, wurden insgesamt sieben Gutachtende aus den Naturwissenschaften herangezogen. Alle Gutachtenden blieben für den Reviewprozess anonym und bekamen eine Kriterienliste, anhand derer sie die Veröffentlichungen einordnen sollten. Insgesamt blieben 102 Veröffentlichungen im Sample enthalten.

Die verbleibenden Veröffentlichungen wurden auf insgesamt fünf Kriterien untersucht. Dabei zielten die Kriterien Scientific Literacy (OECD, 2021), Nature of Science (Allchin, 2013)

sowie Media and Information Literacy (Grizzle et al., 2021) auf PISA relevante Kompetenzbereiche ab. Die Kriterien Karrieremotivation und strukturelle Analyse dienen dazu, ein gesamtheitliches Bild des Lehramtsstudiums in den Naturwissenschaften zu ermöglichen.

Ergebnisse

Lehramtsstudium in den Naturwissenschaften

Die Abschlüsse des Lehramtsstudiums unterscheiden sich je nach Bundesland zwischen dem ersten Staatsexamen und einem Master of Education. Generell werden Veranstaltungen in den Bereichen Fachwissenschaft, Fachdidaktik sowie Pädagogik angeboten. Der Umfang der einzelnen Bereiche im Studienverlauf der angehenden Lehrkräfte ist standortabhängig. Ebenfalls unterscheiden sich die angebotenen Praxisphasen sowohl in Anzahl als auch im zeitlichen Umfang (s.u.). Erweiternd kann festgestellt werden, dass die fachwissenschaftlichen Veranstaltungen einen weitaus höheren Anteil aufweisen als die fachdidaktischen (Schiering et al., 2021). Die Vermittlung der Konzepte von Scientific Literacy und Nature of Science werden in der Literatur und auch den Vorgaben der KMK für die naturwissenschaftlichen Fächer mehrfach und explizit gefordert (Kultusministerkonferenz, 2019; Schiering et al., 2021). Allerdings ist die Umsetzung dieser Forderung in der deutschen Literatur nur bedingt nachvollziehbar. Hier gibt es nur vereinzelte Darstellung zur Vermittlung dieser Konzepte innerhalb des Lehramtsstudiums (Mercier & Heering, 2021). Die Vermittlung von Media and Information Literacy ist ebenfalls abhängig vom Standort. Hierbei sind eine grundlegende Ausstattung, ein medienpädagogisches Angebot sowie die Behandlung von digitalen Möglichkeiten in den Fachdidaktiken an den Universitäten vorhanden (van Ackeren et al., 2019). Für die Studierenden lässt sich zunächst feststellen, dass ein großer Anteil eine intrinsische Berufswahlmotivation inkorporieren (Kaub et al., 2014) und sich mit der Zeit die Selbstwirksamkeitserwartungen den erbrachten Leistungen anpasst (Kolter et al., 2018). Allerdings gelingt den Lehramtsstudierenden der Naturwissenschaften meist kein günstiges Ressourcenmanagement, wodurch die Burnout Tendenz im Vergleich zu anderen Fachbereichen deutlich erhöht ist (Kaub et al., 2014). Hinzu kommen signifikante Leistungsunterschiede zwischen den Studierenden der verschiedenen Schulformen (Böttinger & Boventer, 2018).

Praxisphase

Zunächst kann festgehalten werden, dass das Praxissemester nicht für jede Schulform angeboten wird. Generelles Ziel des Praxissemesters ist es den Studierenden verschiedene Lerngelegenheiten innerhalb der Schule zu bieten und so nach Möglichkeit den Praxischock zu Beginn des Referendariats abzumildern. Dieser Prozess wird meist in einem Portfolio und einem Studienprojekt über den Zeitraum des Praxissemesters begleitet. Hierbei lässt sich feststellen, dass der (gutgeschriebene) Workload für diese begleitenden Aufgaben sowie das Praxissemester an sich stark zwischen den verschiedenen Standorten variiert (Gröschner et al., 2015). Neben der fachlichen Weiterentwicklung sollen die Studierenden mit dem Praxissemester die Möglichkeit erhalten, ihre Berufswahl zu überprüfen. Dies kann zu Selbstbildspannungen bei den Studierenden führen (Kauper, 2018). Auch für das Praxissemester wird die Relevanz von Scientific Literacy und Nature of Science immer wieder betont. Trotz dieser Relevanz seitens der Fachliteratur finden sich jedoch kaum Veröffentlichungen, welche die Umsetzung der beiden Konzepte im Praxissemester

thematisieren. Eine Ausnahme bildet hier das forschende Lernen, welches fächerübergreifend gefordert und in den Prüfungsleistungen umgesetzt wird (Cammann et al., 2020). Hierbei ergibt sich allerdings das Problem, dass es keine eindeutige Definition für forschendes Lernen gibt (Straub, 2020), wodurch auch in diesem Bereich das Lernen der Studierenden nicht vergleichbar ist. Im Bereich der Media and Information Literacy zeigt sich ein ähnliches Bild. Während die Studierenden im Studium die Möglichkeit haben, sich in diesem Bereich zu bilden und auch die Organisation des Praxissemesters online stattfindet (Bulizek et al., 2018), scheitert die Umsetzung von digitalen Lernansätzen meist an der Ausstattung der Praktikumsschulen: Im Jahr 2018 waren in 71% aller Schulen in Deutschland keine digitalen Anwendungen in den Klassenzimmern möglich (Maaz et al., 2020). Darüber hinaus zeigt sich, dass die Mentor*innen eine signifikante Rolle innerhalb der Praxisphase spielen, da die Studierenden vor allem negative Habitus zeitlich stabil von ihren betreuenden Lehrkräften übernehmen (Kleemann & Jennek, 2020), während positive Entwicklungen sich als nicht zeitlich stabil herausstellten (Van Buer & Petzold-Rudolph, 2015).

Diskussion

Die dargestellten Ergebnisse zeigen ein negativ behaftetes Bild der deutschen Lehrkräftebildung in den Naturwissenschaften. Zunächst kann festgehalten werden, dass die föderale Organisation der Lehrkräftebildung zu starken Bildungsunterschieden bei den angehenden Lehrkräften führt. Darüber hinaus zeichnen sich signifikante Leistungsdifferenzen zwischen den Studierenden der verschiedenen Schulformen ab (Böttinger & Boventer, 2018). Die Konzepte von Scientific Literacy und Nature of Science werden zwar vielfach in der Literatur gefordert, allerdings finden sich nur wenige Hinweise in deutschen Publikationen, wie diese Konzepte aktiv in das Lehramtsstudium eingebracht werden. Die ebenfalls von der Politik wie auch den Fachdidaktikern geforderte Media and Information Literacy ist nur eingeschränkt möglich. Dies hängt vor allem mit der schlechten Digitalisierung deutscher Schulen zusammen, da die Studierenden innerhalb des Praxissemesters nur eingeschränkt die Möglichkeit haben, erlernte digitale Kompetenzen auch im Unterricht anzuwenden. Darauf aufbauend ist das Praxissemester in seiner derzeitigen Form kaum lernwirksam. Wie effektiv das Praxissemester ausfällt, hängt in erster Linie an den Mentor*innen sowie der Betreuung durch die Universität ab. Darüber hinaus gibt es kaum standardisierte Curricula für das Praxissemester (Homt & van Ophuysen, 2018), wodurch sowohl die Qualität des Praxissemesters nicht gesichert ist, aber auch eine Weiterentwicklung nur schwer umsetzbar ist.

Literatur

- Allchin, D. (2013). *Teaching the nature of science: Perspectives & resources*. SHIPS Education Press.
- Böttinger, C. & Boventer, C. (2018). Neukonzeption der Veranstaltung „Lineare Algebra“ für Studierende des Lehramts Grundschule. In R. Möller & R. Vogel (Hrsg.), *Innovative Konzepte für die Grundschullehrerbildung im Fach Mathematik* (S. 47–70). Springer Fachmedien.
- Bulizek, B., Diehr, F. & Reuschenbach, U. (2018). Digitale Vernetzung der Lernorte im Praxissemester an der Universität Duisburg-Essen (UDE). In L. Pilypaitytė & H.-S. Siller (Hrsg.), *Schulpraktische Lehrerprofessionalisierung als Ort der Zusammenarbeit* (S. 231–236). Springer Fachmedien.
- Cammann, F., Darge, K., Kaspar, K. & König, J. (2020). Forschendes Lernen in der Lehrer*innenbildung: Erfassung und Struktur von anwendungsbezogenem Methodenwissen als Aspekt studentischer Forschungskompetenz. In I. Gogolin, B. Hannover, & A. Scheunpflug (Hrsg.), *Evidenzbasierung in der Lehrkräftebildung* (Bd. 4, S. 13–37). Springer Fachmedien.

- Grizzle, A., Wilson, C., Tuazon, R., Cheung, C. K., Lau, J., Fischer, R., Gordon, D., Akyempong, K., Singh, J., Carr, P. R., Stewart, K., Tayje, S., Suraj, O., Jaakkola, Thésée, G. & Gulston, C. (2021). *Media and information literate citizens: Think critically, click wisely!* (UNESCO, Hrsg.; 2nd edition).
- Gröschner, A., Müller, K., Bauer, J., Seidel, T., Prenzel, M., Kauper, T. & Möller, J. (2015). Praxisphasen in der Lehrerbildung – Eine Strukturanalyse am Beispiel des gymnasialen Lehramtsstudiums in Deutschland. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 18(4), 639–665.
- Homt, M. & van Ophuysen, S. (2018). Gelingensbedingungen für den Aufbau einer forschenden Grundhaltung im Praxissemester – eine qualitative vergleichende Fallstudie. In L. Pilypaitytė & H.-S. Siller (Hrsg.), *Schulpraktische Lehrerprofessionalisierung als Ort der Zusammenarbeit* (S. 255–260). Springer Fachmedien.
- Kaub, K., Stoll, G., Biermann, A., Spinath, F. M. & Brünken, R. (2014). Interessenkongruenz, Belastungserleben und motivationale Orientierung bei Einsteigern im Lehramtsstudium. *Zeitschrift für Arbeits- und Organisationspsychologie A&O*, 58(3), 125–139.
- Kauper, T. (2018). Hospitationspraktika als Lerngelegenheit? Zum Beitrag von Praktika zur Veränderung berufsbezogener Selbstkonzepte und der Berufswahlsicherheit bei Lehramtsstudierenden. *Zeitschrift für Bildungsforschung*, 8(3), 269–288.
- Kleemann, K. & Jennek, J. (2020). Forschend lernen und Schule entwickeln durch den Aufbau von Campusschulen-Netzwerken: Potenziale für die Lehrerbildung. In I. Gogolin, B. Hannover, & A. Scheunpflug (Hrsg.), *Evidenzbasierung in der Lehrkräftebildung* (Bd. 4, S. 243–264). Springer Fachmedien.
- Kolter, J., Blum, W., Bender, P., Biehler, R., Haase, J., Hochmuth, R. & Schukajlow, S. (2018). Zum Erwerb, zur Messung und zur Förderung studentischen (Fach-)Wissens in der Vorlesung „Arithmetik für die Grundschule“ – Ergebnisse aus dem KLIMAGS-Projekt. In R. Möller & R. Vogel (Hrsg.), *Innovative Konzepte für die Grundschullehrerbildung im Fach Mathematik* (S. 95–121). Springer Fachmedien.
- KMK. (2019). *Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung*.
- Liberati, A., Altman, D. G., Tetzlaff, J., Mulrow, C., Gøtzsche, P. C., Ioannidis, J. P. A., Clarke, M., Devereaux, P. J., Kleijnen, J. & Moher, D. (2009). The PRISMA Statement for Reporting Systematic Reviews and Meta-Analyses of Studies That Evaluate Health Care Interventions: Explanation and Elaboration. *Journal of Clinical Epidemiology*, 6(7), e1–e34.
- Maaz, K., Artelt, C., Brugger, P., Buchholz, S., Kühne, S., Leerhoff, H., Rauschenbach, T., Rockmann, U., Roßbach, H.-G., Schrader, J. & Seeber, S. (2020). *Bildung in Deutschland kompakt 2020*. wbv Publikation.
- Mercier, M. & Heering, P. (2021). Historische Experimente in die Lehrkräftebildung integrieren. In M. Kubsch, S. Sorge, J. Arnold, & N. Graulich (Hrsg.), *Lehrkräftebildung neu gedacht Ein Praxishandbuch für die Lehre in den Naturwissenschaften und deren Didaktiken* (S. 72–81). Waxmann Verlag.
- OECD. (2021). *Science performance (PISA)*. <https://data.oecd.org/pisa/science-performance-pisa.htm>
- Reiss, K., Weis, M., Klieme, E. & Köller, O. (Hrsg.). (2019). *PISA 2018: Grundbildung im internationalen Vergleich*. Waxmann.
- Schiering, D., Sorge, S. & Neumann, K. (2021). Hilft viel viel? Der Einfluss von Studienstrukturen auf das Professionswissen angehender Physiklehrkräfte. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 24(3), 545–570.
- Straub, F. (2020). Erfassung fachdidaktischer Kompetenzfacetten angehender Lehrpersonen technikkbezogenen Unterrichts: Empirische Untersuchungen zur Erweiterung und längsschnittlichen Erprobung des Vignettestinstrumentes PCK-T (T. Gschwendtner & B. Geißel, Hrsg.). Logos.
- van Ackeren, I., Aufenanger, S., Eickelmann, B., Friedrich, S., Kammerl, R., Knopf, J., Mayrberger, K., Scheika, H., Scheiter, K. & Schiefner-Rohs, M. (2019). Digitalisierung in der Lehrerbildung. Herausforderungen, Entwicklungsfelder und Förderung von Gesamtkonzepten. *Die Deutsche Schule*, 111(1), 103–119.
- Van Buer, J. & Petzold-Rudolph, K. (2015). Die ‚neue‘ Lehrerbildung in Deutschland. Vom Praxisschock zur aufgeklärten Aneignung professionellen Handelns? – Lehrerbildung als systematischer Teil der Bildungsreform. *International Journal for 21st Century Education*, 2(1), 9–38.

Julia Hellwig¹
 Ivonne Möller¹
 Heiko Krabbe¹

¹Ruhr-Universität Bochum

Ziele und Herausforderungen Studierender zu Beginn des Physikstudiums

Aktuelle Forschungsergebnisse (Berthold et al. 2015; Bosse 2019) deuten darauf hin, dass der Studienerfolg nicht normativ definiert werden kann, sondern durch die individuell verfolgten Ziele bestimmt wird. Im Projekt „Studierfähigkeit – institutionelle Förderung und studienrelevante Heterogenität“ (StuFHe, vgl. Bosse 2019) wurden die Ziele und Studienanforderungen im Rahmen der Studieneingangsphase näher untersucht. In einer qualitativen Vorstudie (Bosse et al., 2015) wurden Interviews mit 25 Studierenden und 25 Angehörigen des Lehr- und Verwaltungspersonals verschiedener Fächergruppen der Universität Hamburg durchgeführt. Durch konsensuelles Kodieren konnten zwei Dimensionen für die individuellen Ziele herausgestellt werden: zum einen kann ein Ziel *formal* oder *persönlich*, zum anderen *verlaufsbezogen* oder *ergebnisbezogen* sein. Bezüglich der Studienanforderungen wurden 32 Anforderungen zusammengetragen, die sich in die Kategorien *Inhaltlich*, *Personal*, *Sozial* und *Organisatorisch* einteilen lassen. Diese Ergebnisse liefern einen interessanten Ausgangspunkt für weitere Untersuchungen. So ist von großem Interesse, inwiefern es fachspezifische Unterschiede im Studienfach Physik gibt und inwiefern sich die individuellen Ziele und wahrgenommenen Herausforderungen im Laufe der Studieneingangsphase verändern, da zu erwarten ist, dass die Studierenden im Verlauf des ersten Studienjahrs eine „Krise“ erleben (Haak 2017). Darüber hinaus stellt sich die Frage, ob den jeweiligen Kategorien verschiedene Ausprägungen zugeordnet werden können und inwiefern es im zeitlichen Verlauf der Studieneingangsphase spezifische Muster seitens der Studierenden zu beobachten gibt.

Um Aufschluss über die Perspektive der Studierenden und bezüglich ihrer Studienziele und wahrgenommenen Herausforderungen im Verlauf des ersten Studienjahres zu gewinnen, wurden Interviews zu mehreren Zeitpunkten der Studieneingangsphase durchgeführt: direkt zu Beginn des ersten Fachsemesters (Oktober 2021), vor der ersten Teilklausur (Dezember 2021), nach der Vorlesungszeit im ersten Semester (Februar 2022). Insgesamt wurden bisher 27 Studierende befragt, davon nahmen 9 an allen drei Interviewterminen teil. Geplant ist ein vierter Interviewzeitpunkt zu Beginn des dritten Semesters (Oktober 2022). Im Folgenden wird die Auswertung des ersten Interviewzeitpunkts (N=19) vorgestellt und die Ergebnisse werden erläutert.

Die Interviews wurden transkribiert und bezüglich der Studienziele und wahrgenommenen Herausforderungen mittels zusammenfassender qualitativen Inhaltsanalyse nach Kuckartz (2018) mit dem Ziel der Typenbildung ausgewertet. Dabei erfolgte die erste Kodierung anhand der Kategorien des StuFHe-Projekts, auf deren Basis Fallzusammenfassungen für jede Person erstellt wurden. Für jedes Ziel bzw. für jede Herausforderung wurden Typen herausgearbeitet. Um die Reliabilität zu steigern, wurde eine zweifache Vollkodierung mit Konsensbildung durchgeführt.

Bezüglich der Ziele erwies sich das Kategoriensystem des StuFHe-Projekts als gut geeignet. Die Auswertung der Interviews führte lediglich zur Ergänzung des Kategoriensystems um ein

weiteres Ziel (*Fachwissen/Lernmotivation*). Die Kategorisierung hinsichtlich der wahrgenommenen Herausforderungen erwies sich jedoch als etwas schwieriger. So blieben viele der im StuFHe-Projekt herausgestellten 32 kritischen Anforderungen ohne Nennungen oder zeigten sich nur in Einzelfällen. Aus diesem Grund wurden die im Interview benannten Herausforderungen zu übergeordneten Kategorien aggregiert und für diese unterschiedliche Typen herausgestellt. Es erfolgte auf Basis dieses neuen Kategoriensystems eine erneute Zweifachkodierung mit Konsensbildung. Die Tabellen 1 und 2 stellen die herausgestellten Ziele und Herausforderungen mit den jeweiligen Typisierungen dar. In den Klammern ist die Anzahl der Studierenden angegeben, die den jeweiligen Aspekt angesprochen haben.

Tabelle 1: Ziele zu Beginn der Studieneingangsphase des Physikstudiums

| | |
|--|--|
| Formal – Ergebnis-orientiert | <p><i>Studienabschluss (9)</i>: Erlangung eines Abschlusses wird als Ziel des Studiums erwähnt</p> <p><i>Qualifikation für den Arbeitsmarkt (15)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Q1 Forschung (2)</i>: Möchte später in die Forschung gehen - <i>Q2 konkretes (physikbezogenes) Berufsziel (3)</i>: Physikstudium als wichtiger Schritt, um einen spezifischen, angestrebten Beruf ausüben zu können - <i>Q3 Abschluss eröffnet (vielfältige) Perspektiven (7)</i>: Aussicht auf einen gut bezahlten Beruf bzw. eine Arbeit, die Spaß macht - <i>Q4 Notwendige Grundvoraussetzung (3)</i>: Ohne Abschluss keine Chance auf dem Arbeitsmarkt; Voraussetzung für Lehramt (fachunabhängig) |
| Formal – Verlaufs-orientiert | <p><i>Erfüllung formaler Anforderungen (4)</i>: Bestimmte formale Kriterien, deren Erfüllung angestrebt wird, werden erwähnt (z.B. zu erreichende CP, Punktzahlen bei Hausaufgaben)</p> <p><i>Gute Noten (4)</i>: Möglichst gute Noten sollen erreicht werden.</p> |
| Persönlich – Ergebnisorientiert | <p><i>Allgemeiner Kompetenzerwerb (6)</i>: „Schlauer werden“ viel lernen (unspezifische Aussage), Viel mitnehmen, verschiedene Kurse belegen</p> <p><i>Fachliche Kompetenz (6)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>FK1 Persönliches Wissen (3)</i>: Interessiert sich für Physik, möchte (für sich selbst) wissen, wie die Welt funktioniert - <i>FK2 Kompetenzen für den Job (3)</i>: Möchte das Wissen später im Beruf anwenden; Angst, den Beruf sonst nicht kompetent ausüben zu können <p><i>Persönlichkeitsentwicklung (2)</i>: Studium trägt zur Persönlichkeitsentwicklung bei / soll dieses tun</p> |
| Persönlich – Verlaufsorientiert | <p><i>Fachinteresse/-identifikation (18)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>I1 Leidenschaft (11)</i>: „Schon immer“ interessiert, Beschäftigung in der Freizeit bzw. Identifikation mit Fach - <i>I2 Schulfach (5)</i>: Keine Aussage oder unspezifisches Interesse ohne nähere Begründung („Physik finde ich interessant“, „Physik hat mir in der Schule gefallen“) - <i>I3 Zweite Wahl (2)</i>: Ursprünglich wurde (vergebens) ein anderes Studium angestrebt; Physik als beste Alternative <p><i>Fachverständnis/ Lernmotivation (10)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>V1 Verständnis (7)</i>: „Man möchte wissen, was man tut“ - <i>V2 Lücken vermeiden (3)</i>: Angst, nicht mehr mitzukommen, spätere Klausuren könnten schwierig werden <p><i>Soziale Integration (13)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>S1 Arbeitsgemeinschaft (4)</i>: Kontakte wichtig als (fachliche) Unterstützung - <i>S2 Geselligkeit (9)</i>: Neue Freunde finden, unter Gleichgesinnten sein <p><i>Freude/ Zufriedenheit (6)</i>: „Das Studium soll Spaß machen“</p> <p><i>Selbstbestimmt studieren (2)</i>: Freiheiten in der Plangestaltung, man kann machen, worauf man Lust hat</p> |

Tabelle 2: Herausforderungen zu Beginn der Studieneingangsphase des Physikstudiums

| | |
|----------------------------------|---|
| Anforderung des Studiums | <p>Niveau bezogen auf eigene Fähigkeiten (15):</p> <ul style="list-style-type: none"> - N1 Überforderung (2): Sehr schwer, weil mir Vorwissen fehlt - N2 Teilweise Überforderung (2): Schwer, ich sollte/müsste mehr tun - N3 Herausforderung (5): Schwer, ich könnte (demnächst) an meine Grenzen kommen, habe Respekt davor. - N4 Erreichbare Herausforderung (6): Schwer, aber ich komme durch. <p>Vergleich zur Schule (15):</p> <ul style="list-style-type: none"> - V1 Progression (9): Inhalte ähnlich, aber umfangreicher in kürzerer Zeit - V2 Mathe (5): Fach völlig anders als in der Schule - V3 Aufgaben (2): Aufgaben sind anders als in der Schule (Beweise, Wissen anwenden) |
| Private Lebenssituation | <p>Organisation der Lebenssituation / Lebensbereiche miteinander verbinden (10)</p> <ul style="list-style-type: none"> - OL1 Unsichere Lebenssituation (1): Wohnungssuche, finanzielle Probleme - OL2 Priorisieren des Studiums (4): Freizeit reduzieren (teilweise unter Bedauern) - OL3 Vereinbarkeit durch gute Organisation schaffen (2): Wenig Abstriche machen, (z.B. durch Arbeitsplan) alles unter einen Hut bringen - OL4 Ungünstige Bedingungen (3): Pflege von Angehörigen, Kinder, anstrengendes Pendeln, Vollzeitjob |
| Lernverhalten | <p>Lernorganisation / Lernstrategien (10)</p> <ul style="list-style-type: none"> - L1 Ineffiziente Vorbereitung (2): Berichten über ungünstige Methode bzw. Handlungsweisen - L2 Suche nach Lernmethoden (5): Problem, nicht zu wissen, wie man lernt, bzw. eine geeignete Lernstrategie zu finden - L3 Lücken identifizieren, Problemen auf den Grund gehen (3): Herausfinden, warum Verständnisschwierigkeiten auftreten; Bemerkten, was wiederholt werden muss bzw. wo man Hilfe benötigt. <p>Umgang mit möglichen Lernschwierigkeiten (15)</p> <ul style="list-style-type: none"> - U1 Hoffen auf Besserung (5): es wird ein Problem benannt (Lücken, fehlende Struktur) und gehofft, dass es eines Tages (von selbst) gelöst wird - U2 Mit Lücken leben (2): Klausuren müssen nicht sofort bestanden werden, Inhalte nicht sofort verstehen, Aufgaben in Klausuren überspringen - U3 Gute Vorsätze (8): Absicht, (z.B. im Gegensatz zur Schule) kontinuierlich zu arbeiten, Inhalte vor- bzw. nachbereiten, den Anschluss nicht zu verlieren - U4 Konkreter Plan (2): Beschreibung einer möglichen Routine oder Maßnahme (z.B. Wochenplan, Reduktion) <p>Probleme bei der Selbstorganisation (15)</p> <ul style="list-style-type: none"> - P1 Notwendig, aber machbar (10): Prozesses der Selbstorganisation / Strukturierung - P2 Fehlender Antrieb von innen (4): „Planen war noch nie so meins“, „ich muss selbstständiger werden“, war in der Schule nicht fleißig, war/bin faul. - P3 Fehlender Antrieb von außen (3): z.B. fehlende Bezugsperson, Kontrollen |
| Soziale Herausforderungen | <p>Kontakte zu Kommilitonen knüpfen (15)</p> <ul style="list-style-type: none"> - K1A Allein arbeiten (1): Möchte/kann keine Arbeitsgruppe finden (z.B. aus organisatorischen Gründen) - K1B Zwang / Vorgaben (1): Zusammenarbeit in Gruppen wird erwartet bzw. angeordnet. - K2A Gruppe zum gemeinsamen Lernen finden (10): Gruppe hilfreich für das Lernen/Verstehen; Früher allein gearbeitet, „darf“/„muss“ jetzt mit anderen zusammenarbeiten - K2B Nicht allein sein (1): Gruppe unterstützt die Motivation; Gut, wenn man nicht alleine dasteht - K3 Schwierig, Anschluss zu finden (3): Noch nicht genügend integriert (z.B. Vorkurs nicht besucht, 2-Fach BA), kann keine Arbeitsgruppe finden, Terminprobleme |

| | |
|---|--|
| Organisatorische Herausforderungen | <p>Orientierung (4)</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>O1 Termine koordinieren (2)</i>: Termine vs. Arbeitszeiten; gemeinsame Lernzeiten finden (2-Fach vs. 1-Fach); Termine (z.B. für Klausuren oder Anmeldungen) in Erfahrung bringen/im Auge behalten - <i>O2 Gelände erschließen (1)</i>: z.B. Räume (rechtzeitig) finden - <i>O3 Studienfächer koordinieren (2-Fach B.A.) (2)</i>: Fächer nicht abgestimmt; Angebote können nicht immer genutzt werden |
|---|--|

Insgesamt liegt nun ein Kategoriensystem vor, das die individuellen Ziele und wahrgenommenen Herausforderungen in verschiedenen Ausprägungen darstellt. Im nächsten Schritt ist die Anwendbarkeit für die weiteren Interviewzeitpunkte zu prüfen und das Kategoriensystem ggf. zu ergänzen. Auf dieser Basis kann der Frage bezüglich der zeitlichen Veränderung der Ziele und Herausforderungen im Laufe der Studieneingangsphase nachgegangen werden.

Literatur

- Berthold, Christian; Jorzik, Bettina; Meyer-Guckel, Volker (Hg.) (2015). Handbuch Studierenerfolg. Strategien und Maßnahmen: wie Hochschulen Studierende erfolgreich zum Abschluss führen. Essen, Ruhr: Edition Stifterverband, Verwaltungsgesellschaft für Wissenschaftspflege (Positionen).
- Bosse, Elke; Trautwein, Caroline (2014). Individuelle und institutionelle Herausforderungen der Studieneingangsphase. In: ZFHE 9 (5)
- Bosse, Elke (2019): Gelingendes Studieren in der Studieneingangsphase. Ergebnisse und Anregungen für die Praxis aus der Begleitforschung zum Qualitätspakt Lehre im Projekt StuFHe. Unter Mitarbeit von Elke Bosse, Julia Mergner, Marten Wallis, Vanessa K. Jänsch und Linda Kunow.
- Haak, Inka (2017). Maßnahmen zur Unterstützung kognitiver und metakognitiver Prozesse in der Studieneingangsphase. Dissertation. Logos Verlag Berlin GmbH.
- Kuckartz, Udo (2018): Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung. 4. Auflage. Weinheim, Basel: Beltz Juventa (Grundlagentexte Methoden).

Renan Vairo Nunes¹
 Friederike Korneck¹
 Josephine Berger²
 Birgit Ziegler²

¹Goethe-Universität Frankfurt am Main
²Technische Universität Darmstadt

Arbeitsituation von MINT-Lehrkräften vor und während der Coronakrise

Einleitung

Im Projekt MINT-Personal wird die Arbeitssituation von MINT-Lehrkräften an allgemein- und berufsbildenden Schulen anhand eines Arbeitszufriedenheitsmodells aus der Organisationspsychologie erfasst. Dabei wird mit zwei Online-Befragungen in erster Linie der Frage nachgegangen, wie zufrieden MINT-Lehrkräfte mit ihrer Arbeitssituation in der Schule sind. Zudem wird untersucht, inwiefern Lehrkräfte Merkmale wie der eigene Zugangsweg zum Lehramt oder die Schulformzugehörigkeit als Einflussfaktoren für Zufriedenheit gelten.

Die gesamte Erhebung erfasst die reguläre Arbeitssituation vor Beginn der Coronakrise (Schuljahr 2019/20). Während der Pandemie mussten Lehrkräfte allerdings mit einer „Zwangsdigitalisierung“ des Unterrichts und vielen damit verbundenen Hürden umgehen, sodass eine Untersuchung der Arbeitssituation während dieser Zeit die Betrachtung von situationsspezifischen Belastungsfaktoren erfordert. Solche Faktoren wurden in einem eigenständigen Frageblock berücksichtigt, der nur in der ersten Erhebung verwendet wurde.

Im ersten Teil dieses Artikels werden zentrale Ergebnisse aus der ersten Erhebung zur generellen Arbeitssituation vor der Coronakrise thematisiert. Danach präsentiert der Beitrag Ergebnisse des o. g. Frageblocks, der sich der spezifischen Arbeitssituation von Lehrkräften während der Coronakrise im Frühjahr 2021 widmete.

Theoretischer Hintergrund

Die Arbeitszufriedenheit der Lehrkräfte wird anhand des etablierten *Job Characteristics Model* (JCM) von Hackham & Oldham (1985, nach van Dick et al., 2001) erfasst. Das Modell postuliert einen Zusammenhang zwischen Merkmalen des Arbeitsplatzes (z. B. der Anforderungsvielfalt oder dem Ausmaß an Rückmeldungen zur eigenen Arbeit) und der Zufriedenheit von Beschäftigten. Das JCM wird durch den Fragebogen *Job Diagnostic Survey* (JDS) operationalisiert. Tab. 1 enthält vier Beispieldimensionen aus dem JDS. Eine Darstellung weiterer Bereiche des Fragebogens ist in Vairo Nunes et al. (2021) zu finden.

Für die vorliegende Studie wurde das Modell für die Zielgruppe der MINT-Lehrkräfte adaptiert (vgl. Vairo Nunes et al., 2021; Vairo Nunes & Korneck, 2022). Dabei wurde das Modell um Dimensionen der professionellen Kompetenzen von Lehrkräften (z. B. Selbstwirksamkeit, Selbstregulation; in Anl. an Baumert & Kunter, 2006) sowie des Schulkontexts (z. B. Fortbildungsaspekte nach Lipowsky, 2017) erweitert.

Tabelle 1: Ausgewählte Subdimensionen des JDS-Fragebogens

| Konstrukt | Beispielitem | Skala | Items | Quelle |
|--------------------------|---|-------|-------|-----------------------|
| Rückmeldung durch Andere | Ich bekomme häufig Rückmeldungen von Kolleg*innen über die Qualität meines Unterrichts. | 1 – 6 | 6 | van Dick et al., 2001 |
| Anforderungsvielfalt | Meine Arbeit ist sehr abwechslungsreich. | 1 – 6 | 5 | van Dick et al., 2001 |

| | | | | |
|------------------------------|---|-------|---|-----------------------|
| Autonomie | Ich kann weitgehend frei entscheiden, wie ich meinen Unterricht gestalte. | 1 – 6 | 3 | van Dick et al., 2001 |
| Globale Arbeitszufriedenheit | Alles in allem bin ich mit meinem Beruf sehr zufrieden. | 1 – 6 | 3 | van Dick et al., 2001 |
| Kontextfaktor Arbeitsplatz | Ich bin zufrieden mit... ... meinem Gehalt. | 1 – 6 | 4 | van Dick et al., 2001 |

Arbeitssituation vor der Coronakrise

Ein Vergleich der Einschätzungen zur Arbeitssituation zwischen Lehrkräften an allgemein- (LaAllg) und berufsbildenden Schulen (LaB) ist in Vairo Nunes & Korneck (2022) zu finden. Insgesamt zeigten sich wenige signifikanten Unterschiede zwischen beiden Gruppen. Im Folgenden werden nun die Einschätzungen von regulär ausgebildeten Lehrkräften, Quer- und Seiteneinsteigenden¹ verglichen.

Die Analysen zeigen erstens, dass bei der Unterscheidung zwischen regulär ausgebildeten Lehrkräften und Quer-/Seiteneinsteigenden auch der jeweilige Schultyp (allgemein- oder berufsbildend) eine Rolle spielt.

Bei den LaAllg zeigen sich signifikante Unterschiede in drei Dimensionen der Arbeitszufriedenheit, die i. d. R. zugunsten von regulär ausgebildeten Lehrkräften ausfallen (vgl. Abb. 1).² Demnach erhalten regulär ausgebildete LaAllg häufiger Rückmeldungen von Kolleg*innen zu ihrer Arbeit und sind auch zufriedener mit kontextuellen Merkmalen des Arbeitsplatzes (z. B. den Zukunftsaussichten in der Schule). Das Entfaltungsbedürfnis – also der Wunsch nach persönlicher Weiterentwicklung am Arbeitsplatz – hingegen ist bei Quereinsteigenden signifikant höher ausgeprägt als bei regulär Ausgebildeten.

In der LaB-Gruppe konnte nur hinsichtlich der globalen Arbeitszufriedenheit ein signifikanter Unterschied

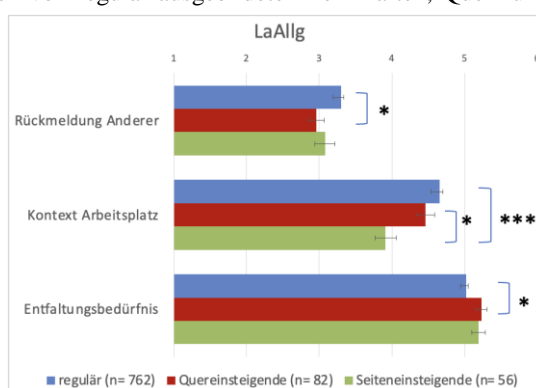


Abbildung 1: Gruppenunterschiede in den Arbeitszufriedenheitsskalen zwischen Lehrkräften unterschiedlicher Zugangswege an allgemeinbildenden Schulen

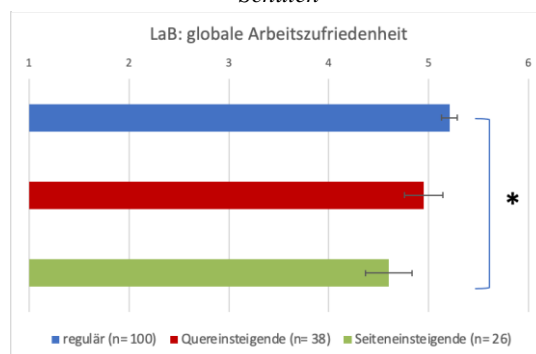


Abbildung 2: Gruppenunterschiede in der globalen Arbeitszufriedenheit zwischen Lehrkräften unterschiedlicher Zugangswege an allgemeinbildenden Schulen

¹ Seiteneinsteigende sind Lehrkräfte, die mit einem einschlägigen Studienabschluss, jedoch ohne Lehramtsausbildung direkt in den Schuldienst eingestellt werden. Quereinsteigende dagegen haben vor dem Einstieg in den Lehrberuf einen Vorbereitungsdienst absolviert.

² Die Fehlerbalken in diesem Artikel stellen den Standardfehler des Mittelwertes (SEM) dar.

gefunden werden. So schätzen Seiteneinsteigende ihre Arbeitszufriedenheit im Berufsschul-kontext signifikant geringer ein als regulär ausgebildete Lehrkräfte (vgl. Abb. 2).

Insgesamt lassen sich sowohl an allgemein- als auch an berufsbildenden Schulen nur geringe Unterschiede in Abhängigkeit der Zugangswege finden.

Arbeitssituation während der Coronakrise

Wie eingangs erwähnt, beziehen sich die folgenden Einschätzungen auf die Situation während der Corona-Pandemie. Erfasst wurden sowohl Einschätzungen zur subjektiven Wahrnehmung der Situation als auch zu konkreten Schwierigkeiten, die in Zusammenhang mit der raschen und notwendigen Umstellung von analogem auf digitalen Unterricht, auftraten.

Da die Schulformzugehörigkeit durch systembedingte Spezifika wie bspw. eine schlechtere digitale Ausstattung an nichtgymnasialen Schulformen (forsa, 2019; IfD-Allensbach, 2021) als potenziellen Einflussfaktor vermutet wurde, soll nun zwischen Lehrkräften an Gymnasien und Lehrkräften an Haupt-/Realschulen unterschieden werden. Abb. 3 illustriert die nach Schulform differenzierten Einschätzungen zu den berichteten Schwierigkeiten.

Bemerkenswert ist dabei, dass sich für beide Gruppen die Beschlüsse der Kultusministerien als größtes Hindernis erwiesen haben. Wie in der Grafik ersichtlich, ergeben sich im Schulformvergleich zwei signifikante Unterschiede. Gymnasiallehrkräfte schätzten fehlende Software und Arbeitsgeräte als größere Hürden, während an Haupt-/Realschulen vor allem unzureichende digitale Kompetenzen der Schüler*innen eine Herausforderung darstellten.

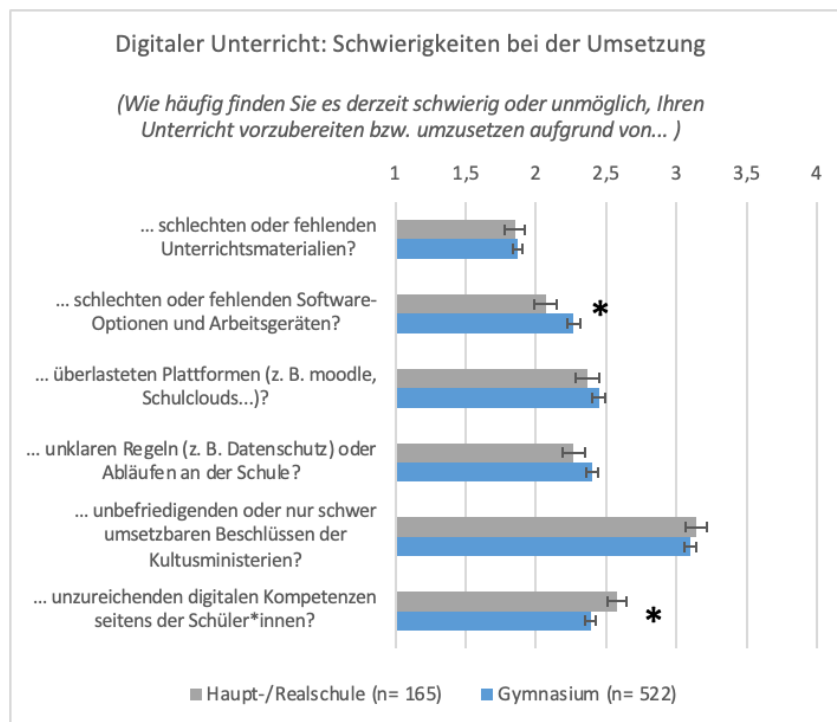


Abbildung 3: Ergebnisse zur Wahrnehmung der Arbeitssituation, Haupt-/Realschule und Gymnasium im Vergleich

Fazit

Der vorliegende Beitrag liefert Erkenntnisse über die Arbeitssituation von MINT-Lehrkräften zu zwei unterschiedlichen Zeitpunkten, wobei die Ergebnisse hypothesenbedingt einerseits nach den Zugangswegen, andererseits nach der Schulformzugehörigkeit differenziert wurden. Während an Gymnasien die größten Probleme während der Coronakrise bei der technischen Ausstattung zu liegen scheinen, sahen Haupt- und Realschullehrkräfte vor allem in den digitalen Kompetenzen von Schüler*innen eine Herausforderung.

Hinsichtlich der Wahrnehmung der Arbeitssituation vor der Coronakrise zeigt der Vergleich zwischen regulär ausgebildeten Lehrkräften und Quer-/Seiteneinsteigenden insgesamt wenige signifikanten Unterschiede. Die Konvergenz der Einschätzungen lässt vermuten, dass sich Lehrkräfte unterschiedlicher Zugangswege trotz verschiedener Startvoraussetzungen im Laufe des Berufslebens möglicherweise angleichen. Ob sich die Vermutung nur auf diese Stichprobe beschränkt, sollen die Ergebnisse der zweiten Erhebung (in Vorbereitung) zeigen.

Literatur

- Baumert, J., & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9(4), 469–520. <https://doi.org/10.1007/s11618-006-0165-2>
- forsa Politik- und Sozialforschung. (2019). Die Schule aus Sicht der Schulleiterinnen und Schulleiter – Digitalisierung und digitale Ausstattung. Ergebnisse einer bundesweiten Repräsentativbefragung. https://www.vbe.de/fileadmin/user_upload/VBE/Service/Meinungsumfragen/2020-03-05_Bericht_SL-2020_Bund.pdf
- Institut für Demoskopie Allensbach. (2021) Lernen in Zeiten von Corona. Ergebnisse einer Befragung von Schülern und Eltern von Kindern der Klassenstufen 5 bis 10 im Frühjahr 2021. <https://www.telekomstiftung.de/sites/default/files/files/media/publications/Lernen-in-Zeiten-von-Corona-Bericht.pdf>
- Lipowsky, F. (2017). Fortbildungen für Lehrkräfte wirksam gestalten - Was sagt die Wissenschaft? Vortrag auf der Tagung „Wie viel Wissenschaft braucht die Lehrer_innenbildung?“, Kassel, 23.11.2017. Abgerufen am 18.07.2022 von: https://www.qualitaetsoffensive-lehrerbildung.de/files/Lipowsky_authorized.pdf
- Vairo Nunes, R., Korneck, F., Berger, J., Ziegler, B., Rönnebeck, S., & Parchmann, I. (2021). Entwicklung eines Testinstruments zur Untersuchung der Arbeitssituation von MINT-Lehrkräften. In J. Grebe-Ellis & H. Grötzebauch (Hrsg.), *PhyDid B, Didaktik der Physik, Beiträge zur virtuellen DPG-Frühjahrstagung 2021* (S. 203–207).
- Vairo Nunes, R., & Korneck, F. (2022). Arbeitssituation von Lehrkräften im MINT-Bereich. In S. Habig & H. van Vorst (Hrsg.), *Unsicherheit als Element von naturwissenschaftsbezogenen Bildungsprozessen. GDGP virtuelle Jahrestagung 2021* (Bd. 42, S. 224–227). Universität Regensburg.
- van Dick, R., Schnitger, C., Schwartzmann-Buchelt, C., & Wagner, U. (2001). Der Job Diagnostic Survey im Bildungsbereich. *Zeitschrift für Arbeits- und Organisationspsychologie*, 45(2), 74–92. <https://doi.org/10.1026//0932-4089.45.2.74>

Benjamin Heinitz¹
Andreas Nehring¹

¹Leibniz Universität Hannover

Wie beurteilen Referendar*innen kognitive Aktivierung in Videovignetten? Eine explorative Beobachtungsstudie

Projekthintergrund

Die kognitive Aktivierung stellt eine zentrale Dimension der Unterrichtsqualität dar und verknüpft dabei sowohl fachspezifische, als auch generische Aspekte (Klieme, Schümer, & Knoll, 2001). Auch bei Ergänzungen der drei Basisdimensionen unter Berücksichtigung fachspezifischer Untersuchungen, bleibt die kognitive Aktivierung als eine zentrale Dimension der Unterrichtsqualität bestehen. (Praetorius, Herrmann, Gerlach, Zülsdorf-Kersting, Heinitz & Nehring, 2020). Es zeigt sich jedoch auch, dass die Merkmale der kognitiven Aktivierung für externe Beurteiler*innen häufig nur schwer zugänglich sind (Praetorius, Pauli, Reusser, Rakoczy, & Klieme, 2014).

Videovignetten fanden in den letzten Jahren eine zunehmend breite Anwendung in der universitären Ausbildung angehender Lehrkräfte (Blomberg, Renkl, Sherin, Borko, & Seidel, 2013) und werden auch zur gezielten Förderung der professionellen Wahrnehmung von angehenden Lehrkräften untersucht (z.B. Stürmer, Könings, & Seidel, 2013). Bisher gibt es jedoch nur wenige Erkenntnisse zur Wirksamkeit von Videovignetten im Referendariat.

Die Beurteilung der kognitiven Aktivierung von Schüler*innen stellt Referendar*innen vor eine große Herausforderung, gerade da die Merkmale häufig nur schwer zugänglich sind. Zusätzlich fokussieren Referendar*innen bei der Beurteilung einer Unterrichtsvignette eher selten auf die kognitive Aktivierung, sondern eher auf andere Dimensionen der Unterrichtsqualität (Heinitz & Nehring, 2022). Der Einsatz von Videovignetten in Fachseminarsitzungen bietet jedoch die Möglichkeit, spezifische Merkmale der kognitiven Aktivierung für die Beurteilung von Chemieunterricht zu fokussieren. Somit könnten Referendar*innen gezielt an die Beurteilung der kognitiven Aktivierung herangeführt werden.

Zielstellung

Vor diesem Hintergrund bestand das Ziel der Studie darin, die Beurteilung von kognitiver Aktivierung durch Referendar*innen vignettenbasiert zu untersuchen. Weiterhin sollten mögliche Veränderungen in der Beurteilung nach einer Fachseminarsitzung zur kognitiven Aktivierung herausgestellt werden.

Die Fragestellungen waren hierbei:

- Welche Qualitätsmerkmale werden durch Referendar*innen für die Beurteilung von kognitiver Aktivierung in Unterrichtsvignetten verwendet?
- Inwiefern werden vergleichbare Merkmale innerhalb von Fachseminaren verwendet?
- Inwiefern lässt sich eine Veränderung in der Nutzung von Merkmalen bei der Beurteilung der kognitiven Aktivierung nach einer Fachseminarsitzung feststellen?

Methodisches Vorgehen

Im Rahmen dieser explorativen Beobachtungsstudie haben 21 Referendar*innen ($w = 52\%$) aus vier Chemie-Fachseminaren in Niedersachsen in einer schriftlichen Pre-Post-Erhebung zur Beurteilung der kognitiven Aktivierung teilgenommen (Gelegenheitsstichprobe). Die Teilnehmenden hatten eine durchschnittliche Referendariatsdauer von sieben Monaten (1 – 17 Monate) und 90 Prozent der Teilnehmenden ein abgeschlossenes Lehramtsstudium.

Die Untersuchung umfasste zwei Erhebungszeitpunkte und startete mit einer ca. 60-minütigen Einzelarbeit der Referendar*innen. Hierbei sollte in einer vorbereiteten digitalen Umgebung zunächst die kognitive Aktivierung in zwei Videovignetten beurteilt werden. Die Vignetten sollten bei relevanten Situationen gestoppt und der Zeitpunkt, die Unterrichtshandlung (stichpunktartig), sowie eine Beurteilung hinsichtlich der kognitiven Aktivierung dokumentiert werden. Inhaltlich behandelte die erste Vignette (im Folgenden „Lernvignette“) die Auswertung eines Experiments zur Einführung der chemischen Reaktion in einer siebten Klasse. Die zweite Vignette (im Folgenden „Transfervignette“) zeigte den Einstieg einer Unterrichtsstunde zum Thema Modellverständnis in einer achten Klasse. Die Reihenfolge der Vignetten wurde bei der Hälfte der Teilnehmenden getauscht, um Reihenfolgen-Effekte bei der Analyse zu vermeiden. Beide Vignetten wurden durch ein manualbasiertes Expert*innenrating inhaltlich validiert und beinhalten sechs gemeinsame Merkmale kognitiver Aktivierung.

Nach der Pre-Erhebung erfolgte eine ca. 60-minütige Seminarsitzung zur kognitiven Aktivierung durch die Fachseminarleiter*innen. Hierbei sollte die Lernvignette aktiv in eine Diskussion zur kognitiven Aktivierung eingebunden werden, die Transfervignette war den Fachseminarleiter*innen zu diesem Zeitpunkt nicht bekannt. Im Rahmen der Diskussion sollten 4 Merkmale der kognitiven Aktivierung thematisiert werden, die in beiden Vignetten auftraten:

1. Die konstruktive Einbindung von eigenen Ideen und Schüler*innenvorstellungen in den Unterricht
2. Der kognitiv aktivierende Einsatz naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen
3. Die Aktivierung und Einbindung von (fachlichem) Vorwissen
4. Das kooperative Arbeiten zur zielführenden Aktivierung der Schüler*innen

Den Fachseminarleiter*innen stand jeweils eine kurze Beschreibung der Merkmale zur Verfügung, um eine einheitliche Verwendung der Merkmale zwischen den Fachseminaren zu ermöglichen. Die Fachseminarsitzung wurde vollständig audiographiert, transkribiert und anonymisiert. Der Post-Erhebungszeitpunkt startete ebenfalls direkt im individuellen Setting und mit der Beurteilung derselben Vignetten.

Die Auswertung erfolgte mit einer skalierenden Inhaltsanalyse der schriftlichen Ausarbeitungen (Inhaltsanalyse nach Mayring (2014)). Die „naturwissenschaftsdidaktischen Perspektivierungen“ (Heinitz & Nehring, 2020) wurden genutzt, um deduktiv Kategorien für die Inhaltsanalyse zu bilden. Das Kodiermanual umfasste darüber hinaus zusätzliche „Subperspektivierungen“, die induktiv aus den vorangegangenen Untersuchungen ergänzt wurden, um eine präzisere Kodierung zu gewährleisten (Meyer, 2021). Entsprechend des explorativen Charakters der Studie werden die Ergebnisse im Folgenden deskriptiv berichtet.

Ergebnisse

Die Referendar*innen fokussierten bei der Beurteilung beider Vignetten auf Qualitätsmerkmale der kognitiven Aktivierung. Dennoch wurden auch Merkmale anderer Dimensionen der Unterrichtsqualität verwendet (FF1). Bei der Lernvignette wurden insgesamt von allen Referendar*innen 150 Merkmale in der Pre-Erhebung kodiert, von denen 83 der kognitiven Aktivierung zugeordnet werden konnten. Im Falle der Transfervignette wurden 119 Merkmale kodiert, von denen 70 im Bereich der kognitiven Aktivierung verortet wurden. In beiden Vignetten wurden vorrangig die „Aktivierung von Vorwissen“, die „konstruktive Einbindung von eigenen Ideen und Schüler*innenvorstellungen in den Unterricht“ und die „Unterstützung kognitiv aktivierender Prozesse“ verwendet. Auch bei der gemeinsamen Verwendung von Merkmalen der kognitiven Aktivierung (FF2) wurde in beiden Vignetten vorrangig dieselben drei Merkmale herausgestellt. Somit wurden sie nicht nur häufig von einigen wenigen Personen genutzt, sondern finden auch eine breite Anwendung in den Fachseminaren. Die Veränderungen nach der Fachseminarsitzung (FF3) zeigen sich sowohl in der Anzahl beurteilter Unterrichtssituationen, als auch in der gemeinsamen Nutzung von Merkmalen der kognitiven Aktivierung. Insgesamt stieg die Anzahl kodierter Merkmale in der Lernvignette an (von 150 auf 185), wobei die Dimension kognitive Aktivierung ebenfalls häufiger kodiert wurde (von 83 auf 108). Bei der Transfervignette stieg die Anzahl der Merkmale nur sehr gering an (von 119 auf 121), die kognitive Aktivierung wurde aber insgesamt häufiger verwendet (von 70 auf 82). Bei der gemeinsamen Nutzung der Merkmale stiegen die „Aktivierung von Vorwissen“ und die „konstruktive Einbindung von eigenen Ideen und Schüler*innenvorstellungen in den Unterricht“ insgesamt unsystematisch an, wobei in einigen Fachseminaren auch ein absinken in der gemeinsamen Nutzung zu beobachten war. Die Merkmale „kognitiv aktivierende Einsatz naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen“, sowie das „kooperative Arbeiten zur zielführenden Aktivierung der Schüler*innen“ wurden auch in der Post-Erhebung nicht mehrheitlich genutzt.

Diskussion

Die kognitive Aktivierung ist als Dimension der Unterrichtsqualität sehr komplex und wird in der Forschung häufig mit anderen Dimensionen der Unterrichtsqualität verknüpft. Daher ist es durchaus erwartungsgemäß, dass die Referendar*innen bei der Beurteilung der kognitiven Aktivierung auch Merkmale anderer Dimensionen verwenden, wenn ihnen die Auswahl freigestellt wird. Die individuelle Auslegung der kognitiven Aktivierung scheint jedoch insgesamt breit gestreut zu sein, sodass auch viele Unterschiede innerhalb eines Fachseminars auftreten. Die gemeinsame Nutzung von Merkmalen ist auf einige wenige beschränkt, auch wenn in der Erhebung alle Merkmale kognitiver Aktivierung der „naturwissenschaftsdidaktischen Perspektivierungen“ kodiert wurden.

Die Fachseminarsitzung, sowie die Diskussion der Lernvignette sollten insgesamt dazu führen, dass die vorgegebenen Merkmale der kognitiven Aktivierung fokussiert werden. Es hat sich jedoch gezeigt, dass es nur einen Zuwachs bei den beiden Merkmalen gab, die bereits in der Pre-Erhebung häufiger genutzt wurden und somit bereits bei vielen im Fokus standen. Diese Zunahme erfolgte jedoch eher unsystematisch. Darüber hinaus sind auch Merkmale anderer Dimensionen in der gemeinsamen Nutzung hinzugekommen, die laut Vorgabe nicht im Fachseminar aufgegriffen werden sollten. Insgesamt stellt sich hierbei die Frage, inwiefern vergleichbare Lernangebote für alle vorgegebenen Merkmale im Fachseminar auftraten.

Hierbei kann eine tiefergehende Analyse der transkribierten Fachseminarsitzungen einen Ansatz zur weiteren Auswertung bieten.

Danksagung

Wir danken allen teilnehmenden Fachseminarleiter*innen und Referendar*innen für den vertiefenden Einblick in die Beurteilung der kognitiven Aktivierung in Videovignetten. Wir danken außerdem allen Kolleg*innen des Instituts für Didaktik der Naturwissenschaften für die Unterstützung bei der Durchführung des Projekts und ganz besonders Diana Mazur für die Unterstützung bei der zeitnahen Auswertung der erhobenen Daten.

Literatur

- Blomberg, G., Renkl, A., Sherin, M. G., Borko, H., & Seidel, T. (2013). Five research-based heuristics for using video in pre-service teacher education. *Journal of Educational Research Online*, 5(1), 90–114.
- Heinitz, B., Nehring, A. (2020) Kriterien naturwissenschaftsdidaktischer Unterrichtsqualität – ein systematisches Review videobasierter Unterrichtsforschung. *Unterrichtswiss* 48, 319–360. <https://doi.org/10.1007/s42010-020-00074-8>
- Heinitz, B., Nehring, A. (2022) Unterrichtsqualitätseinschätzungen im Referendariat – Fach- und Seminarleiter*innen im Vergleich mit Referendar*innen. In Habig S. & van Vorst, H. (Hrsg.) *Unsicherheit als Element von naturwissenschaftsbezogenen Bildungsprozessen*. (448-451) GDCP-Tagungsband 2021.
- Klieme, E., Schümer, G., & Knoll, S. (2001). Mathematikunterricht in der Sekundarstufe I. 'Aufgabenkultur' und Unterrichtsgestaltung. [Teaching mathematics in lower secondary schools. 'Task culture' and lesson design.] In E. Klieme & J. Baumert (Ed.), *TIMSS-Impulse für Schule und Unterricht*. Forschungsbefunde, Reforminitiativen, Praxisberichte
- Mayring, P. (2014). *Qualitative Content Analysis Theoretical Foundation, Basic Procedures and Software Solution*. <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-395173>
- Meyer J. (2021). Weiterentwicklung und Evaluation eines Instruments zur Erfassung der Qualität von naturwissenschaftlichem Unterricht. Unveröffentlichte Qualifikationsarbeit.
- Praetorius, A. K., Pauli, C., Reusser, K., Rakoczy, K., & Klieme, E. (2014). One lesson is all you need? Stability of instructional quality across lessons. *Learning and Instruction*, 31, 2–12. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2013.12.002>
- Praetorius, A-K & Herrmann, C & Gerlach, E & Zülsdorf-Kersting, M & Heinitz, B & Nehring, A. (2020). Unterrichtsqualität in den Fachdidaktiken im deutschsprachigen Raum – zwischen Generik und Fachspezifik Teaching quality in different subject matters in German-speaking countries—Inbetween genericness and subject-specificity. *Unterrichtswissenschaft*. 48. <https://doi.org/10.1007/s42010-020-00082-8>
- Stürmer, K., Könings, K., & Seidel, T. (2013). Declarative knowledge and professional vision in teacher education: Effect of courses in teaching and learning. *British Journal of Educational Psychology*, 83, 467–483.

Lion Cornelius Glatz¹
 Roger Erb¹
 Albert Teichrew¹

¹Goethe-Universität Frankfurt

Experimente, die das Teilchenmodell überzeugend vermitteln

Schon in der Sekundarstufe I des naturwissenschaftlichen Unterrichts kommt eine besondere Bedeutung der Vorstellung zu, dass Materie aus diskreten Teilchen aufgebaut ist. Vor dem Hintergrund, dass dieses Thema anfällig für verschiedene Fehlvorstellungen ist, diese oft schwer abzulegen sind (Lichtfeld 1992, nach Fischler & Reiners, 2006) und es verschiedene Ansätze gibt, das Teilchenmodell einzuführen (Peuckert, 2006), wird die Frage relevant, welche Experimente für eine Unterstützung angemessener Teilchenvorstellungen für den Schulunterricht am besten geeignet sind.

Überzeugungskraft von Experimenten zum Teilchenmodell

Da es kein Experiment gibt, das den durch Teilchen strukturierten Aufbau der Materie direkt sichtbar machen kann und man durch experimentelle Beobachtungen auf deren Existenz lediglich indirekt schließen kann, ist bei Experimenten zum Teilchenmodell die Frage nach deren Überzeugungskraft besonders bedeutungsvoll. Mit „Überzeugungskraft“ ist dabei die Eigenschaft der Experimente gemeint, zu einer Veränderung der individuellen Teilchenvorstellungen beizutragen, hin zu fachlich adäquaten.

Für eine vergleichende Betrachtung dieser Überzeugungskraft wurden acht Experimente (s. Tab. 1) ausgewählt und als interaktive Experimentiervideos gestaltet. Das hatte zum Ziel, die Vergleichbarkeit der Experimente sicherzustellen. Außerdem wurden dadurch individuelle Bearbeitungsmöglichkeiten durch die Schüler*innen ermöglicht, bei gleichzeitiger Sicherstellung, dass alle Experimente einem gemeinsamen Qualitätsstandard entsprechen (für die Kriterien eines auf diese Weise erstellten interaktiven Experimentiervideos, s. Glatz et al., 2021).

Um eventuelle Unterschiede in der Überzeugungskraft in Verbindung mit generalisierbaren Eigenschaften der Experimente zu bringen, wurden diese in unterschiedliche Kategorien eingeteilt. Zum einen kann man zwischen den Experimenten unterscheiden, die in ihrem Aufbau vorwiegend aus dem Alltag bekannte Gegenstände verwenden, und solchen, die aus Geräten bestehen, die man eher einem wissenschaftlichen Kontext zuordnen würde. Zum anderen unterscheidet sich auch die inhaltliche Komplexität der Experimente. Um die Beobachtungen aus dem Experiment in angemessener Weise auf die gewünschten Aspekte des Teilchenmodells zu übertragen, sind nämlich unterschiedlich viele Denkschritte nötig. Nach der *Cognitive Load Theory* von Sweller et al. (2019), haben also manche Experimente eine höhere *Element Interactivity* als andere, was zu einer höheren intrinsischen kognitiven Belastung (ICL) führt (Sweller & Chandler, 1994).

Erhebungsdesign

Die Fähigkeit der Experimente, zu einer positiven Veränderung der individuellen Teilchenvorstellungen beizutragen, wurde Ende 2021/Anfang 2022 in einer Interventionsstudie mit Schüler*innen der achten Jahrgangsstufe aus fünf hessischen

Gymnasialklassen (N = 153) erhoben. Die interaktiven Experimentiervideos wurden dabei von jeweils zwei Fragebögen begleitet, in denen die Teilnehmenden eine Auswahl zwischen vorformulierten Aussagen zum Teilchenmodell treffen konnten. Neben der korrekten Modellaussage, die auch das jeweilige interaktive Experimentiervideo vermittelt (s. Tab. 1), wurden je zwei Alternativaussagen angeboten, die gängige Fehlvorstellungen ansprechen. Die Modellaussagenauswahl vor und nach der Durchführung des Experimentiervideos kann somit als eine erste Einschätzung der Überzeugungskraft der Experimente gedeutet werden.

Tab. 1: In der Erhebung verwendete Experimente mit dazugehörigen Aspekten des Teilchenmodells, eingeschätzter inhaltlichen Schwierigkeit und Art der verwendeten Geräte.

| Experiment | zu vermittelnder Aspekt des Teilchenmodells | Element Interactivity | Art der Geräte |
|--|---|------------------------------|-----------------------|
| 1 Partikel in der Rauchkammer | Teilchen sind in ständiger Bewegung. | Niedrig | Wissenschaftlich |
| 2 Diffusion von Farbstoff in Wasser | Ohne äußere Einflüsse, verteilen sich Teilchen von Flüssigkeiten und Gasen gleichmäßig im Raum. | Niedrig | Alltäglich |
| 3 Bilden und Lösen von Salzkristallen | Die Teilchen und deren Struktur untereinander bestimmen, welche erfahrbaren Eigenschaften die Materie hat. | Mittel | Alltäglich |
| 4 Gesetz der konstanten Proportionen | Chemische Verbindungen werden in bestimmten Verhältnissen eingegangen. Die Verhältnisse werden von den Eigenschaften der Teilchen der jeweiligen Stoffe bestimmt. | Mittel | Wissenschaftlich |
| 5 Ölfleckversuch | Die Teilchen eines Stoffes haben eine bestimmte Mindestgröße. | Hoch | Wissenschaftlich |
| 6 Feldemissionsmikroskop | Mit speziellen Mikroskopen kann man auf die Existenz von Teilchen schließen. | Mittel | Wissenschaftlich |
| 7 Elektrolyse mit Knallgasprobe | Teilchen sind mit einer bestimmten Struktur untereinander angeordnet. Diese Struktur kann sich durch physikalische oder chemische Prozesse ändern. | Hoch | Wissenschaftlich |
| 8 Ei in Salzwasser | Zwischen den Teilchen ist leerer Raum. | Hoch | Alltag |

Zusätzlich zu der von uns vorgenommenen Einschätzung der Experimente nach ihrer inhaltlichen Komplexität (*Element Interactivity* in Tab. 1), wurde in der Erhebung auch die wahrgenommene inhaltliche Schwierigkeit (ICL) mithilfe einer angepassten Version des *Intrinsic Cognitiv Load Scale* gemessen (Leppink et al., 2013, angepasst nach Thees et al., 2020).

Ergebnisse und Diskussion

Die acht untersuchten Experimente zum Teilchenmodell unterscheiden sich in ihrer Überzeugungskraft. Dies wird vor allem dann deutlich, wenn man die Antworten derjenigen Teilnehmer*innen betrachtet, die vor der Durchführung des jeweiligen Experiments eine

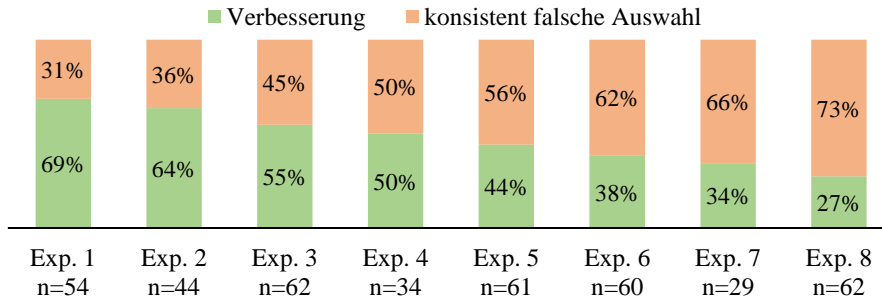


Abb. 1: Prozentuale Verteilung der Teilnehmer*innen, die nach Durchführung des Experiments bei einer falschen Modellaussagenauswahl bleiben (rote Säulenanteile), bzw. zu der korrekten wechseln (grüne Säulenanteile)

falsche Modellaussage auswählen (s. Abb. 1). Bei den Teilstichproben handelt es sich damit um die Schüler*innen, bei denen die Möglichkeit einer Verbesserung noch gegeben ist, die also von einer adäquateren Vorstellung „überzeugt“ werden können.

Der deutlichste Unterschied liegt zwischen den ersten zwei Experimenten (*Partikel in der Rauchkammer* und *Diffusion von Farbstoff in Wasser*) und den letzten beiden (*Elektrolyse mit Knallgasprobe* und *Ei in Salzwasser*), mit einem Zweidrittelanteil an Schüler*innen, die nach Bearbeitung der interaktiven Experimentiervideos zu der korrekten Modellaussage wechseln, bzw. bei der falschen bleiben. Zieht man in der Betrachtung die eingeschätzte *Element Interactivity* der Inhalte der Experimente heran (s. Tab. 1), so lässt sich folgern, dass die Experimente als überzeugender wahrgenommen werden, deren korrekte Bearbeitung weniger Denkschritte benötigt und damit kognitiv weniger fordernd ist. Hinzu kommt, dass es sich bei den ersten beiden Experimenten auch um diejenigen handelt, bei denen Schüler*innen auf direktere Weise etwas „Teilchenhaftes“ beobachten können. Das ist vermutlich ein weiterer Grund für deren hohe Überzeugungskraft.

Ein Vergleich der Mittelwerte des gemessenen ICL zeigt jedoch ein anderes Ergebnis: Die Experimente *Ei in Salzwasser* ($MW = 2.11$, $SD = .81$) und *Diffusion von Farbstoff in Wasser* ($MW = 2.13$, $SD = .98$) werden als signifikant weniger fordernd wahrgenommen ($p = .006$, $p = .005$) als *Feldemissionsmikroskop* ($MW = 2.79$, $SD = 1.08$). Sie schneiden im Vergleich zu *Elektrolyse mit Knallgasprobe* ($MW = 2.56$, $SD = .96$) ebenfalls als signifikant weniger fordernd ab ($p = .003$; $p = .019$), wie die Ergebnisse der Bonferroni-korrigierten post-hoc Tests zeigen. Auffallend ist dabei, dass das Experiment *Ei in Salzwasser* sogar als am wenigsten kognitiv fordernd wahrgenommen wird, was die Vermutung nahelegt, dass die Teilnehmer*innen die Experimente als inhaltlich leichter wahrnehmen, deren Aufbau visuell weniger komplex ist. Diese Annahme wird auch dadurch unterstützt, dass die Experimente mit den technisch kompliziertesten Geräten (Feldemissionsmikroskop und Hofmannscher Wasserzersetzungsapparat) die höchsten ICL-Werte erhalten.

Ausblick

In der weiteren Datenauswertung wird von Interesse sein, wie sich die Überzeugungskraft der Experimente verhält, wenn die Benutzerfreundlichkeit und die tatsächlich mit dem Video verbrachte Zeit mitberücksichtigt werden. Für weitere Studien wäre die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf Experimente anderer Themengebiete von Interesse, insbesondere ob sich deren gemessenen ICL-Werte ebenfalls nach der Komplexität des Aufbaus richten.

Literatur

- Fischler, H., & Reiners, C. S. (2006). Teilchenmodelle im Physik- und Chemieunterricht. In H. Fischler & C. S. Reiners (Hrsg.), *Die Teilchenstruktur der Materie im Physik- und Chemieunterricht*. Logos.
- Glatz, L. C., Erb, R., & Teichrew, A. (2021). Studierende erstellen interaktive Experimentiervideos. In M. Kubsch, S. Sorge, J. Arnold, & N. Graulich (Hrsg.), *Lehrkräftebildung neu gedacht: Ein Praxishandbuch für die Lehre in den Naturwissenschaften und deren Didaktiken* (S. 223–227). Waxmann Verlag GmbH. <https://www.waxmann.com/index.php?eID=download&buchnr=4349#page=223>
- Leppink, J., Paas, F., Van der Vleuten, C. P. M., Van Gog, T., & Van Merriënboer, J. J. G. (2013). Development of an instrument for measuring different types of cognitive load. *Behavior Research Methods*, 45(4), 1058–1072. <https://doi.org/10.3758/s13428-013-0334-1>
- Peuckert, J. (2006). Stabilität und Ausprägung von Teilchenvorstellungen. In H. Fischler & C. S. Reiners (Hrsg.), *Die Teilchenstruktur der Materie im Physik- und Chemieunterricht*. Logos.
- Sweller, J., & Chandler, P. (1994). Why Some Material Is Difficult to Learn. *Cognition and Instruction*, 12(3), 185–233. https://doi.org/10.1207/s1532690xci1203_1
- Sweller, J., van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. (2019). Cognitive Architecture and Instructional Design: 20 Years Later. *Educational Psychology Review*, 31(2), 261–292. <https://doi.org/10.1007/s10648-019-09465-5>
- Thees, M., Kapp, S., Strzys, M. P., Beil, F., Lukowicz, P., & Kuhn, J. (2020). Effects of augmented reality on learning and cognitive load in university physics laboratory courses. *Computers in Human Behavior*, 108, 106316. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2020.106316>

Fabien Güth¹
Helena van Vorst¹

¹Universität Duisburg-Essen

Einsatz variierter Kontexte zur interessenbasierten Differenzierung im Fach Chemie

Theoretischer Hintergrund

Die Differenzierung der Lerngruppe ist eine populäre Strategie, um die Bedürfnisse einzelner Gruppen von Lernenden im Unterricht zu adressieren und den Lernprozess adaptiv zu gestalten. Insbesondere die Anpassung des Lernmaterials hinsichtlich unterschiedlicher Anforderungsniveaus ist als leistungsorientierte Differenzierung zwar gängig, zeigt empirisch allerdings nur kleine Effekte (Smale-Jacobse et al., 2019; Steenbergen-Hu et al., 2016). Daneben wird in der Literatur auch die Bereitstellung von Lernmaterialien mit unterschiedlichen Themen als interessenbasierter Differenzierungsansatz beschrieben. Hier können die Lernenden beispielsweise in der Sprachdidaktik zwischen Lesetexten mit unterschiedlichen Themen wählen (Tomlinson et al., 2003). In der Naturwissenschaftsdidaktik ist es mit dem Einzug des kontextorientierten Unterrichts verbreitet, fachliche Inhalte mit außerfachlichen Anwendungsbezügen zu verknüpfen. Kontexte können hierbei als *storyline* für die Erarbeitung von fachlichem Wissen genutzt werden. Die bisherige Forschung zum kontextorientierten Lernen deutet an, dass die Lernenden Kontexte mit unterschiedlichen Merkmalen zum Lernen im Fach bevorzugen (Broman & Parchmann, 2014; van Vorst & Aydogmus, 2021; Güth & van Vorst, im Druck). Hierbei ist allerdings unklar, ob die Lernenden im Rahmen eines interessenbasierten Differenzierungsansatzes tatsächlich von selbst gewählten Kontexten mit unterschiedlichen Merkmalen profitieren.

Die Selbstbestimmungstheorie von Ryan und Deci (2020) konzeptualisiert die Bereitstellung von Wahloptionen als Möglichkeit zur Autonomieunterstützung der Lernenden, wobei daran anknüpfende Forschung auf positive Leistungs- und Motivationseffekte verweist. Zugleich verdeutlichen zahlreiche Evidenzen die Bedeutsamkeit der Passung zwischen Aufgabe und Person beim Wählen einer Aufgabe (z. B. Patall et al., 2008). Bei den durchgeführten Studien handelt es sich allerdings mehrheitlich um Laborstudien, die nicht im Fach Chemie angesiedelt sind. Demnach ist unklar, inwieweit die Ergebnisse für das Fach Chemie und das kontextbasierte Lernen generalisierbar sind.

Forschungsfrage

Vor dem Hintergrund der skizzierten Forschungslage ergibt sich folgende Forschungsfrage: Welchen Einfluss haben die Passung zwischen Kontextaufgabe und Lernenden sowie die selbstständige Kontextwahl auf den Lernzuwachs, das situationale Interesse und die kognitive Belastung?

Methodik

Zur Beantwortung der Forschungsfrage wurde eine experimentelle Studie im Prä-Post-Design mit drei Untersuchungsgruppen durchgeführt:

- Untersuchungsgruppe 1: Die Lernenden wählen eine Kontextaufgabe selbstständig (choose & match)

- Untersuchungsgruppe 2: Die Lernenden bekommen eine passende Kontextaufgabe zugewiesen (no choose & match)
- Untersuchungsgruppe 3: Die Lernenden bekommen eine nicht passende Kontextaufgabe zugewiesen (no choose & no match)

Die Zuweisung für die zweite und dritte Treatmentgruppe wurde mithilfe eines *predictive models* vorgenommen, welches eine Kontextaufgabe basierend auf den Personenmerkmalen der Lernenden vorschlägt. Das Modell wurde mit einem bereits erhobenen Datensatz sowie maschinellem Lernen entwickelt und zeigt eine hinreichende Vorhersagegüte (Kuhn & Silge, 2022).

Datenerhebung

Insgesamt haben 219 Lernende (w: 50.7 %, m: 49.3 %) von sieben Gymnasien und Gesamtschulen an der Untersuchung teilgenommen. Die Studie wurde im regulären Chemieunterricht an drei aufeinander folgenden Unterrichtsstunden durchgeführt. Zu Beginn haben alle Lernenden einen Prä-Test bearbeitet. Dadurch wurden die demografischen Daten, das Leseverständnis (Schneider et al., 2017), das Vorwissen in Chemie (Celik, im Druck), das Interesse an Chemie (u. a. Wild & Krapp, 1995), das chemiebezogene Selbstkonzept (Hoffmann et al., 1998) sowie die Motive zur Wahl eines Kontextes (van Vorst & Aydogmus, 2021) erfasst. Diese Variablen wurden zum einen als Kontrollvariablen und zum anderen zur Vorhersage der Kontextwahl genutzt. Weiterführend wurde das Fachwissen im Inhaltsfeld saure und alkalische Lösungen (Eigenentwicklung) als abhängige Variable erfasst. Danach erfolgte die Randomisierung auf die Untersuchungsgruppen. Die Lernenden haben entweder an einer selbst gewählten oder zugewiesenen Aufgabe gearbeitet, die einen alltäglichen, besonderen oder innerfachlichen Kontext umfasste. Jede Kontextaufgabe bestand aus drei sequenzierten Teilaufgaben, die Kompetenzen aus dem Inhaltsfeld saure und alkalische Lösungen fördern. Nach jeder Teilaufgabe wurden das situationale Interesse (Engeln, 2004), die Zufriedenheit (Eigenentwicklung) und die kognitive Belastung (Schwamborn et al., 2011) mithilfe von Begleitfragebögen als abhängige Variablen erhoben. Zuletzt wurde mithilfe des Post-Tests das Fachwissen im Inhaltsfeld saure und alkalische Lösungen erneut gemessen.

Messinstrumente

Die affektiven Kontroll- und abhängigen Variablen wurden mithilfe von Likert-skalierten Persönlichkeitstests erfasst. Die Qualität der Skalen wurde durch eine explorative Faktorenanalyse mit anschließender Reliabilitätsanalyse überprüft, wobei die Skalen eine ausreichende bis exzellente Reliabilität zeigen ($.66 \leq \alpha \leq .94$). Der Vorwissenstest wurde durch ein eindimensionales Rasch-Modell skaliert, da er aufgrund der hohen Itemanzahl in einem Balanced Incomplete Block Design angelegt war. Der Test zeigt eine gute Passung zum Rasch-Modell und eine ausreichende Reliabilität ($0.88 \leq \text{wMNSQ} \leq 1.26$, $-2.20 \leq t \leq 2.10$, WLE-Reliabilität = .61). Die kognitive Belastung wurde mithilfe von zwei Single-Item-Skalen zur empfundenen Aufgabenschwierigkeit und investierten Denkanstrengung gemessen. Zur Modellierung des Lernzuwachses wurde der Fachwissenstest gemäß der Vorgabe von Pentecost und Barbera (2013) Rasch-skaliert. Das berechnete Rasch-Modell mit restringierten Itemparametern auf den Prä-Zeitpunkt zeigt für den Post-Zeitpunkt eine unzureichende Reliabilität ($0.95 \leq \text{wMNSQ} \leq 1.04$, $-1.70 \leq t \leq 0.92$, WLE-Reliabilität = .46). Demzufolge wird der Lernzuwachs nicht weiter betrachtet.

Ergebnisse

Vorab wurde untersucht, ob die Randomisierung der Schülerinnen und Schüler zu vergleichbaren Untersuchungsgruppen geführt hat oder ob es Unterschiede hinsichtlich der Kontrollvariablen gibt. Eine berechnete MANOVA verweist auf keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen ($V = 0.10$, $F(14, 422) = 1.58$, $p = .08$, $\eta_p^2 = .05$).

Der Einfluss des Treatments und des Messzeitpunktes auf die abhängigen Variablen wurde mithilfe eines Random-Intercept-Modells überprüft, um die hierarchische Struktur in den Daten zu modellieren (Singmann & Kellen, 2019). Hierbei wurden die Versuchspersonen und die Klassen als zufälliger Effekt berücksichtigt. Für das situationale Interesse zeigt sich ein signifikanter Haupteffekt des Messzeitpunktes und des Treatments (Abb. 1).

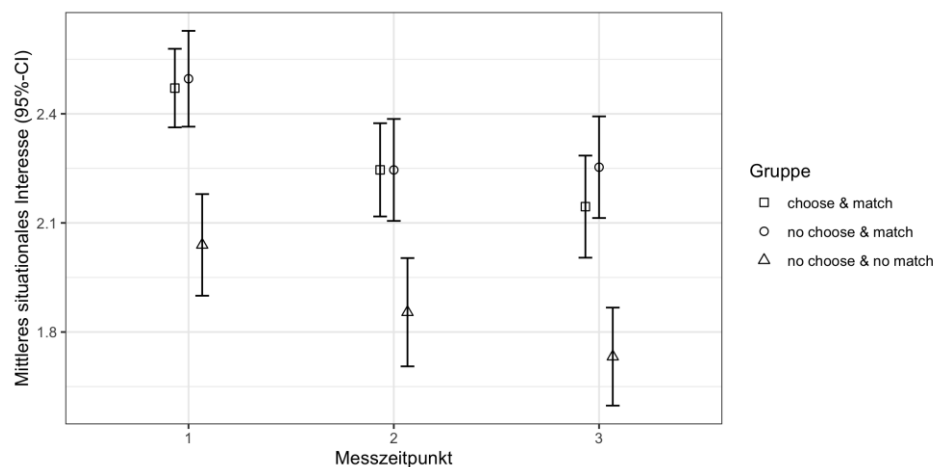


Abb. 1: Effekt des Treatments auf das situationale Interesse über die drei Messzeitpunkte

Das situationale Interesse nimmt über alle Treatmentgruppen vom ersten zum zweiten Messzeitpunkt ab, $b = 0.26$, $p < .001$, $r = .41$. Zu allen Messzeitpunkten bestehen signifikante Unterschiede zwischen der choose & match und no choose & no match ($b = 0.42$, $p < .001$, $r = .31$) sowie der no choose & match und no choose & no match ($b = 0.44$, $p < .001$, $r = .32$) Treatmentgruppe. Es steigt sowohl die investierte Denkanstrengung ($b = -1.23$, $p < .001$, $r = .44$) als auch die empfundene Aufgabenschwierigkeit ($b = -1.97$, $p < .001$, $r = .61$) vom ersten zum zweiten Messzeitpunkt. Es gibt keinen Effekt des Treatments auf die kognitive Belastung.

Implikationen

Schülerinnen und Schüler zeigen ein höheres situationales Interesse bei der Bearbeitung von kontextorientierten Lernaufgaben, wenn sie mit einem passenden Kontextmerkmal lernen. Hierbei ist es irrelevant, ob die Lernenden die Aufgabe selbst gewählt haben. Die Bedeutung der Passung wird auch in der Literatur akzentuiert (z. B. Patall, 2008). Die Ergebnisse verdeutlichen damit, wie wichtig die passende Auswahl von Kontexten für Forschung und Lehre ist.

Literatur

- Broman, K. & Parchmann, I. (2014). Students' application of chemical concepts when solving chemistry problems in different contexts. *Chem. Educ. Res. Pract.*, 15(4), 516–529. <https://doi.org/10.1039/C4RP00051J>
- Celik, K. (im Druck). *Entwicklung von chemischem Fachwissen in der Sekundarstufe I*. Logos Verlag.
- Engeln, K. (2004). *Schülerlabors: authentische, aktivierende Lernumgebungen als Möglichkeit, Interesse an Naturwissenschaften und Technik zu wecken*. Logos Verlag.
- Güth, F. & van Vorst, H. (im Druck). Context-based learning as a method for differentiated instruction in chemistry education. In G. S. Carvalho, Z. Anastácio & A. S. Afonso (Hrsg.), *Fostering Scientific Citizenship in an Uncertain World: Selected Papers from the ESERA 2021 Conference*. Springer Verlag.
- Hoffmann, L., Häußler, P. & Lehrke, M. (1998). *Die IPN-Interessenstudie Physik* (Bd. 158). IPN.
- Kuhn, M. & Silge, J. (2022). *Tidy Modeling with R: A Framework for Modeling in the Tidyverse*. O'Reilly. <https://www.tmwv.org>
- Patall, E. A., Cooper, H. & Robinson, J. C. (2008). The effects of choice on intrinsic motivation and related outcomes: a meta-analysis of research findings. *Psychological Bulletin*, 134(2), 270–300. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.134.2.270>
- Pentecost, T. C. & Barbera, J. (2013). Measuring Learning Gains in Chemical Education: A Comparison of Two Methods. *Journal of Chemical Education*, 90(7), 839–845.
- Ryan, R. M. & Deci, E. L. (2020). Intrinsic and extrinsic motivation from a self-determination theory perspective: Definitions, theory, practices, and future directions. *Contemporary Educational Psychology*, 61, 101860. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2020.101860>
- Schneider, W., Schlagmüller, M. & Ennemoser, M. (2017). *LGVT 5-12: Lesegeschwindigkeits- und -verständnistest für die Klassen 5-12: Manual*. Hogrefe.
- Schwaborn, A., Thillmann, H., Opfermann, M. & Leutner, D. (2011). Cognitive load and instructionally supported learning with provided and learner-generated visualizations. *Computers in Human Behavior*, 27(1), 89–93. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2010.05.028>
- Singmann, H. & Kellen, D. (2019). An Introduction to Mixed Models for Experimental Psychology. In D. H. Spieler & E. Schumacher (Hrsg.), *New Methods in Cognitive Psychology* (S. 4–31). Psychology Press.
- Smale-Jacobse, A. E., Meijer, A., Helms-Lorenz, M. & Maulana, R. (2019). Differentiated Instruction in Secondary Education: A Systematic Review of Research Evidence. *Frontiers in psychology*, 10, 2366. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.02366>
- Steenbergen-Hu, S., Makel, M. C. & Olszewski-Kubilius, P. (2016). What One Hundred Years of Research Says About the Effects of Ability Grouping and Acceleration on K–12 Students' Academic Achievement. *Review of Educational Research*, 86(4), 849–899.
- Tomlinson, C. A., Brighton, C., Hertzberg, H., Callahan, C. M., Moon, T. R., Brimijoin, K., Conover, L. A. & Reynolds, T. (2003). Differentiating Instruction in Response to Student Readiness, Interest, and Learning Profile in Academically Diverse Classrooms: A Review of Literature. *Journal for the Education of the Gifted*, 27(2-3), 119–145. <https://doi.org/10.1177/016235320302700203>
- van Vorst, H. & Aydogmus, H. (2021). One context fits all? – analysing students' context choice and their reasons for choosing a context-based task in chemistry education. *International Journal of Science Education*, 1–23. <https://doi.org/10.1080/09500693.2021.1908640>
- Wild, K.-P. & Krapp, A. (1995). Elternhaus und intrinsische Lernmotivation. *Zeitschrift für Pädagogik*, 41(4), 579–595.

| | |
|---|------------------------------------|
| Benedikt Gottschlich ¹ | ¹ Universität Tübingen |
| Jan-Philipp Burde ¹ | ² Universität Frankfurt |
| Thomas Wilhelm ² | ³ TU Darmstadt |
| Liza Dopatka ³ | ⁴ Universität Innsbruck |
| Verena Spatz ³ | ⁵ Universität Graz |
| Thomas Schubatzky ⁴ | ⁶ TU Dresden |
| Claudia Haagen-Schützenhöfer ⁵ | ⁷ Universität Wien |
| Lana Ivanjek ⁶ | |
| Martin Hopf ⁷ | |

Elektrizitätslehre mit Kontexten: Ergebnisse aus dem 1. Erhebungsjahr

Hintergrund

Trotz der großen Bedeutung der Elektrizität im Alltag nehmen Schülerinnen und Schüler den Unterricht zu einfachen Stromkreisen häufig als abstrakt und wenig interessant wahr. Zudem werden inhaltliche Lernziele häufig nicht erreicht (z.B. Engelhardt & Beichner, 2004; Burde, 2018). Durch die Entwicklung von insgesamt drei Unterrichtskonzeptionen soll im EPo-EKo-Projekt („Elektrizitätslehre mit Potenzial“ & „Elektrizitätslehre mit Kontexten“) diesem Missstand begegnet werden (Wilhelm et al., 2018). Im Rahmen des EKo-Strangs wurde dabei basierend auf Vorarbeiten zu Interessen im grundlegenden Elektrizitätslehreunterricht (Dopatka et al., 2019) ein kontextstrukturiertes Unterrichtskonzept in Form eines Schulbuchs mit unterstützenden Zusatzmaterialien zu einfachen Stromkreisen entwickelt, welches aktuell in Zusammenarbeit mit Gymnasien in Baden-Württemberg evaluiert wird. Eine umfassende Darstellung der Konzeption der Materialien sowie der Struktur des begleitenden Forschungsprojekts findet sich in Gottschlich et al. (2021). Der vorliegende Artikel diskutiert darauf aufbauend die Ergebnisse aus dem ersten von insgesamt zwei Erhebungsjahren des Projekts.

Methodik und Stichprobe

Im EKo-Strang beteiligte Lehrkräfte unterrichten im ersten Durchgang die Unterrichtseinheit zur grundlegenden Elektrizitätslehre zunächst in ihrer gewohnten Art und Weise („traditioneller Unterricht“), während die gleichen Lehrkräfte im zweiten Durchgang den Unterricht auf Basis des kontextstrukturierten Unterrichtskonzepts gestalten. In Abhängigkeit von den schulischen Gegebenheiten findet der zweite Durchgang – dann mit (einer) anderen Klasse(n) – ein halbes oder ein ganzes Jahr später statt. Die entsprechende Einheit wird üblicherweise in der 8. Jahrgangsstufe unterrichtet. Tabelle 1 gibt einen Überblick über die bislang erhobenen Daten.

Tab. 1: Anzahl der bislang erfassten Datensätze von Schülerinnen und Schülern

| | traditionell | kontextstrukturiert |
|-----------------------|------------------------|-----------------------|
| Vortest | $n = 480$ (24 Klassen) | $n = 153$ (9 Klassen) |
| Nachtest | $n = 404$ (21 Klassen) | $n = 128$ (9 Klassen) |
| Follow-up-Test | $n = 326$ (17 Klassen) | $n = 107$ (7 Klassen) |

Beide Durchgänge werden in einem Pre-Post-Follow-up-Design durch Erhebungen von konzeptionellem Verständnis, Interesse und Selbstkonzept begleitet (siehe Abb. 1). Die Entwicklung des konzeptionellen Verständnisses wird hierbei mit dem zweistufigen 2T-SEC-Test (Ivanjek et al., 2021) erhoben. Für die Erhebung des Interesses wird eine 18 Items umfassende Skala mit Items der PISA-Studie (Frey et al., 2009), der IPN-Interessensstudie (Hoffmann et al., 1998) sowie von Dopatka (2022) eingesetzt. Die Skala zum Selbstkonzept enthält 7 Items aus der IPN-Interessensstudie (Hoffmann et al., 1998).

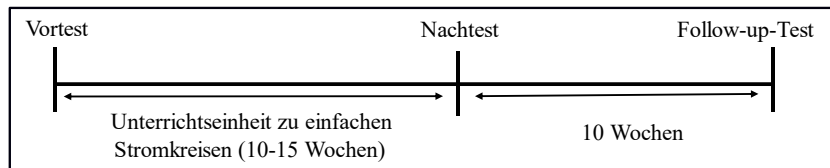


Abb. 1: Struktur der Datenerhebungen (in beiden Durchgängen identisch)

Vorläufige quantitative Ergebnisse

Das konzeptionelle Verständnis, dessen Entwicklung in Abbildung 2 dargestellt ist, wurde mit dem „Paired-Scoring“-Ansatz erfasst: Eine Aufgabe gilt hierbei nur dann als richtig bearbeitet, wenn neben der richtigen Antwort auf Stufe 1 auch die korrekte Begründung auf Stufe 2 ausgewählt wird. Die vorläufige klassische Auswertung des konzeptionellen Verständnisses erfolgte auf Basis der ersten 11 Items, da nur diese als „Anker“ zu allen Testzeitpunkten abgefragt werden und somit einen direkten Vergleich zwischen Vor-, Nach- und Follow-up-Test ermöglichen. Da für den traditionellen Unterricht bereits deutlich mehr Daten vorliegen, sind die Unsicherheiten der Schätzungen dort geringer. Die Ergebnisse zeigen, dass sowohl der traditionelle als auch der kontextstrukturierte Ansatz mit einer signifikanten Zunahme des Verständnisses einhergehen. Auf der bisherigen Datenbasis kann allerdings nicht auf Unterschiede zwischen den Varianten in Bezug auf die Lernwirksamkeit geschlossen werden.

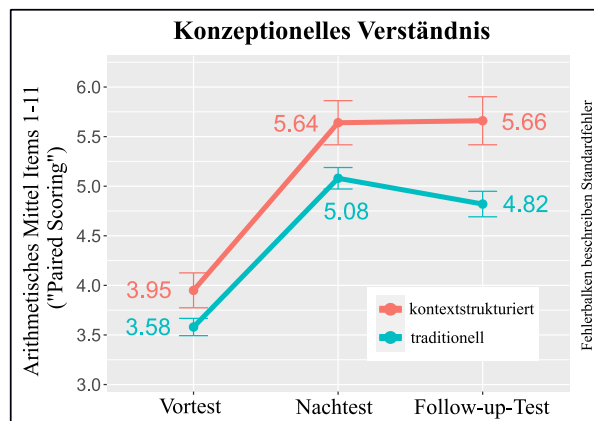


Abb. 2: Entwicklung des konzeptionellen Verständnisses in Vor-, Nach- und Follow-up-Test

Die Daten aus dem 1. Erhebungsjahr deuten – bislang allerdings auf nicht-signifikante Weise – darauf hin, dass die Nutzung des EKo-Unterrichtskonzepts mit einem höheren Interesse

einhergeht (siehe Abb. 3). Außerdem legen die Daten nahe, dass das physikspezifische Selbstkonzept durch den kontextstrukturierten Unterricht positiv beeinflusst wird.

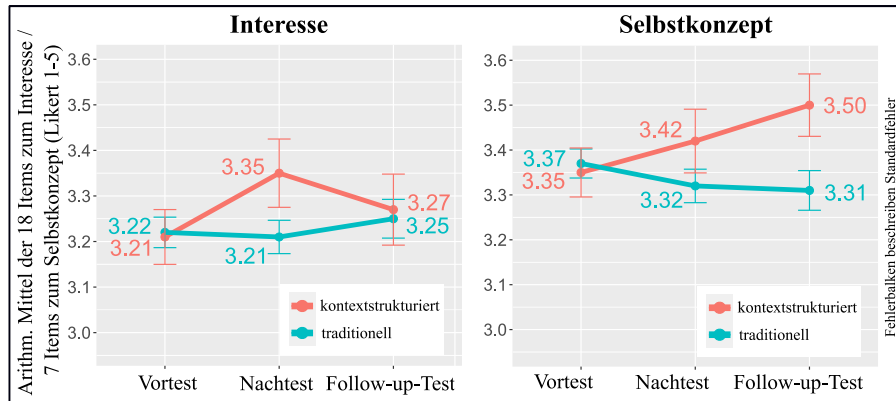


Abb. 3: Entwicklung von Interesse und Selbstkonzept in Vor-, Nach- und Follow-up-Test

Bei der Betrachtung dieser Daten ist zu bedenken, dass es sich lediglich um eine vorläufige Stichprobe handelt, weswegen an dieser Stelle auf die umfassende Darstellung einer statistischen Analyse verzichtet wird.

Vorläufige qualitative Ergebnisse

Neben einer knappen Dokumentation des Unterrichtsablaufs in einem „Unterrichtstagebuch“ sind die Lehrkräfte im Anschluss an die Teilnahme an dem Projekt aufgefordert, einen Fragebogen mit offenen und geschlossenen Fragen zur Nutzung des EKo-Unterrichtskonzepts auszufüllen. Damit wird eine Triangulation mit den von den Schülerinnen und Schülern erhobenen empirischen Daten angestrebt. Zudem dienen die Ergebnisse der Befragung einer potenziellen weiteren Überarbeitung des Unterrichtskonzepts. Da bislang lediglich fünf Lehrkräfte das Projekt abgeschlossen und den Fragebogen ausgefüllt haben, kann noch kein vollständiges Bild gezeichnet werden. Erfreulich ist vor dem Hintergrund der Studie, dass die befragten Lehrkräfte alle Kapitel behandelt und auch die entsprechenden Kontexte diskutiert haben. Die einzige Ausnahme hierzu stellt das Kapitel zum ohmschen Gesetz dar, welches im baden-württembergischen Lehrplan für die betrachtete Jahrgangsstufe allerdings auch nicht vorgesehen ist. Bislang wurde der Kontext „Autoscooter“ bei der aggregierten Betrachtung verschiedener Faktoren von den Lehrkräften am besten und der Kontext „Nebenschlussleuchte“ am schwächsten bewertet.

Ausblick

Der bis zu den Sommerferien 2023 erhobene finale Datensatz der Schülerinnen und Schüler wird voraussichtlich 26 bis 30 Klassen für den „traditionellen“ Durchgang und 21 bis 25 Klassen für den kontextstrukturierten Durchgang umfassen. Weitere Analysen werden dann vornehmlich auf Basis von Rasch- und Mehrebenenanalysen erfolgen. Letzteres ist nicht zuletzt hilfreich, um im Rahmen des übergeordneten EPo-EKo-Projekts auch vergleichende Aussagen über die Wirksamkeit der verschiedenen Unterrichtskonzepte treffen zu können, die im Rahmen des Gesamtprojekts entwickelt wurden.

Literatur

- Burde, J.-P. (2018). Konzeption und Evaluation eines Unterrichtskonzepts zu einfachen Stromkreisen auf Basis des Elektronengasmodells. Logos Verlag. <https://doi.org/10.30819/4726>
- Dopatka, L., Spatz, V., Wilhelm, T., Ivanjek, L., Hopf, M., Haagen-Schützenhöfer, C. & Schubatzky, T. (2019). Kontexte in der Elektrizitätslehre im Rahmen des Projekts EPo-EKo. In C. Maurer (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe*, GDGP-Jahrestagung in Kiel 2018, 217–220
- Dopatka, L. (2022). Konzeption und Evaluation eines kontextstrukturierten Unterrichtskonzeptes für den Anfangs-Elektrizitätslehreunterricht. Logos Verlag
- Engelhardt, P. & Beichner, R. (2004). Students' understanding of direct current resistive electrical circuits. *American Journal of Physics*, 72(1), 98–115. <https://doi.org/10.1119/1.1614813>
- Frey, A., Taskinen, P., Schütte, K., Prenzel, M., Artelt, C., Baumert, J., Blum, W., Hammann, M., Klieme, E., & Pekrun, R. (2009). PISA 2006 Skalenhandbuch: Dokumentation der Erhebungsinstrumente. Waxmann Verlag
- Gottschlich, B., Burde, J.-P., Dopatka, L., Spatz, V., Schubatzky, T., Haagen-Schützenhöfer, C., Ivanjek, L., Wilhelm, T. & Hopf, M. (2021). Konzeption eines Forschungsprojekts zu kontextbasiertem traditionellen Unterricht zu einfachen Stromkreisen. In *PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung 2021*, 327-332
- Hoffmann, L., Häußler, P. & Lehrke, M. (1998). Die IPN-Interessenstudie Physik. IPN
- Ivanjek, L., Morris, L., Schubatzky, T., Hopf, M., Burde, J.-P., Haagen-Schützenhöfer, C., Dopatka, L., Spatz, V. & Wilhelm, T. (2021). Development of a two-tier instrument on simple electric circuits. *Physical Review Physics Education Research*, 17(2). <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.17.020123>
- Wilhelm, T., Burde, J.-P., Spatz, V., Haagen-Schützenhöfer, C. & Hopf, M. (2018). Elektronengasmodell und Kontextorientierung – ein binationales Projekt. In C. Maurer (Hrsg.), *Qualitätvoller Chemie- und Physikunterricht – normative und empirische Dimensionen*, GDGP-Jahrestagung in Regensburg 2017, 772–775

Sabine Streller¹
 Katharina Görzen¹
 Claus Bolte¹

¹Freie Universität Berlin

Ansichtssache? Guter Chemieunterricht aus der Perspektive Studierender

Einleitung

Für den Aufbau professionsbezogener Kompetenzen im Laufe des Lehramtsstudiums ist neben dem Wissenserwerb eine reflektierte Auseinandersetzung mit den eigenen professionsbezogenen Vorstellungen und Überzeugungen bedeutsam (Kunter, Trautwein 2013; Loucks-Horsley et al. 2010). Dies ist umso wichtiger, als Vorstellungen über den Lehrberuf und das Unterrichten seit der eigenen Schulzeit bestehen und zum Teil stark manifestiert sind (Fischler 1999). So zeigt sich auch in aktuellen Untersuchungen häufig eine eher traditionelle Sicht Studierender auf Lernen und Lehren, die einem zeitgemäßen konstruktivistischen Unterricht nicht entspricht (Streller, Bolte 2018; 2020). Solche Diskrepanzen in den Sichtweisen z.B. von Didaktiker*innen und Studierenden auf zeitgemäßen Unterricht wurden schon in verschiedenen Studien zur Frage wünschenswerter naturwissenschaftlicher Bildung berichtet (Bolte 2003; Bolte & Gauckler 2015; 2018). Diese Ausgangslage führt uns zur Frage: Ist guter Unterricht Ansichtssache? Und welche Sicht haben Studierende auf Merkmale guten Unterrichts?

Theoretischer Rahmen

Zur Frage, was unter „gutem Unterricht“ zu verstehen sei, wird seit Jahrzehnten versucht eine Antwort zu finden (Überblick in Neumann 2018). Diese „eine“ Antwort wird man vermutlich auch zukünftig nicht finden; jedoch besteht weitgehender Konsens darin, dass „guter“ Unterricht ein qualitativ hochwertiger Unterricht ist, der effektiv - im Sinne einer hohen Lernwirksamkeit - ist und Möglichkeiten eröffnet, bei Schüler*innen Lernprozesse auszulösen und Verständnis zu fördern (z.B. Kunter & Trautwein 2013; Helmke 2017; Lipowski 2015). Ein solcher Unterricht ist durch verschiedene Merkmale gekennzeichnet, die von Expert*innen z.T. wiederum sehr unterschiedlich beurteilt werden (Meyer 2004), doch welche Merkmale „guten“ Chemieunterrichts lassen sich in der Literatur identifizieren? Dieser Frage sind wir im Rahmen einer quantitativen systematischen Literaturrecherche nachgegangen (Pickering & Byrne 2014; Abb.1).

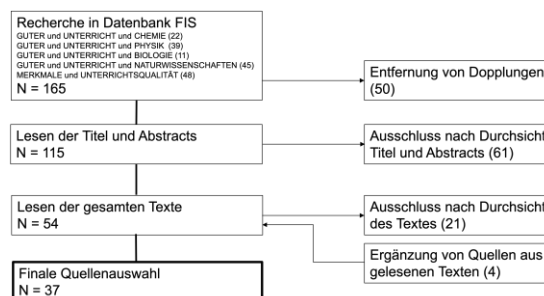


Abb.1 Schema zum Vorgehen und Ergebnisse der systematischen Literaturrecherche zu Merkmalen guten naturwissenschaftlichen Unterrichts

Die so identifizierten Merkmale lassen sich „allgemeinen Merkmalen“ von Unterricht zuordnen, wie *Klassenführung (Classroom Management), Struktur der Inhalte, Konstruktivistisches Lernen, Differenzierung/Umgang mit Heterogenität, Einfluss der Lehrkraft, Methodenvielfalt/Angebotsvariation, Individualisierung/Schüler*orientierung, Üben/Wiederholen/Anwenden, Persönlichkeitsentwicklung, Sinnstiftende Kommunikation, Alltagsbezug* und eher „fachspezifischen Merkmalen“ wie *Kompetenzorientierung, Fachwissen, Erkenntnisgewinnung, Kommunikation, Bewerten, Kontextbezug, Bedeutung der Chemie/Relevanz, Naturwissenschaftliche Grundbildung, Interesse an Chemie/Motivation*.

Fragestellung

Welche Merkmale benennen Studierende, an denen sie Unterrichtsqualität festmachen?

- Inwiefern stimmen die aus der Literatur extrahierten Merkmale von Unterrichtsqualität mit den Vorstellungen Lehramtsstudierender von gutem Chemieunterricht überein?
- Inwiefern unterscheiden sich die von Studierenden benannten Merkmale guten Chemieunterrichts im Verlaufe ihres Studiums (BA → MA)?

Methode

Studierende des Bachelorstudiengangs Chemie für das Lehramt und des Masterstudiengangs Master of Education (Chemie) wurden jeweils zu Beginn des Studiengangs schriftlich befragt. Das Befragungsinstrument beinhaltet die Aufforderung: „*Benennen Sie bitte ca. 10 Merkmale, an denen Sie guten Chemieunterricht erkennen*“. Für die Auswertung der Antworten wurde zunächst deduktiv ein Kategoriensystem basierend auf der systematischen Literaturrecherche entwickelt (Kuckartz 2014). Das Kategoriensystem umfasst in elf Kategorien (mit 80 Subkategorien) Merkmale von Unterricht, die eher allgemeindidaktischen Charakter besitzen, und in neun Kategorien (mit 17 Subkategorien) Merkmale, die als fachspezifisch zu bezeichnen sind. Die Auswertung der Daten erfolgte mit dem Programm MaxQDA.

Ergebnisse

1683 Aussagen von 181 Studierenden liegen den Analysen zugrunde (Tab. 1).

Tab. 1: Stichprobe

| | Anzahl Studierende | Anzahl Aussagen | Anzahl Aussagen pro Person |
|-----------------|--------------------|-----------------|----------------------------|
| Bachelor | 123 | 1112 | 9,0 |
| Master | 58 | 571 | 9,8 |

Im Zuge der Analysen konnte ein Teil der Aussagen den zuvor deduktiv entwickelten Kategorien nicht zugeordnet werden, so dass das Kategoriensystem induktiv ergänzt werden musste. So umfassen die elf Kategorien mit urspr. 80 Subkategorien der allgemeinen Merkmale nunmehr 89 Subkategorien, während die fachspezifischen Kategorien um fünf weitere Kategorien und zwei Subkategorien auf 14 Kategorien mit 19 Subkategorien zu ergänzen waren. Tab.2 zeigt die häufigsten Zuordnung der Aussagen zu den entsprechenden Kategorien.

Tab. 2: Top Five (fett). Häufigste Zuordnungen der Aussagen der Studierenden zu den Kategorien Merkmale-allgemein und Merkmale-fachspezifisch (kursiv) - differenziert nach Gesamt- und Teilstichprobe: BA (Bachelor-) und MA (Master-Studierende)

| Merkmal | Anteil an Aussagen in % (N=1683) | Anteil Aussagen BA in % (N=1112) | Anteil Aussagen MA in % (N=571) |
|-------------------------------------|--|--|---|
| Classroom Management | 16,9 | 16,5 | 17,7 |
| <i>Erkenntnisgewinnung</i> | 14,0 | 15,4 | 11,4 |
| Einfluss Lehrkraft | 12,4 | 14,6 | 8,1 |
| Methode/Sozialform | 11,4 | 11,0 | 12,2 |
| Schüler*innen-Orientierung | 8,1 | 7,2 | 9,8 |
| Struktur der Inhalte / Sachstruktur | 7,7 | 8,3 | 6,5 |

Die häufigsten Aussagen der Studierenden betreffen primär allgemeine Merkmale „guten“ Unterrichts, lediglich die Kategorie Erkenntnisgewinnung ist den fachspezifischen Merkmalen zuzuordnen. In Tabelle 3 ist diese Kategorie ausdifferenziert dargestellt. Bedeutsame Veränderung in den Ergebnissen der Teilstichproben sind mit einem Keil markiert.

Tab. 3: Codierungen in Subkategorien im fachspezifischen Merkmal Erkenntnisgewinnung - differenziert nach Teilstichproben BA (Bachelor-) und MA (Master-Studierende)

| | Anteil Aussagen BA in % | Anteil Aussagen MA in % |
|---------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Merkmal - Erkenntnisgewinnung | 15,4 | 11,4 |
| Erkenntnisgewinnung | 0,45 | 1,57 |
| nw. Arbeitsweisen | 0,09 | 0,70 |
| probl.-ori./forschendes Lernen | 0,45 | 2,10 |
| Sicherheitsbestimmungen | 3,87 | 1,23 |
| Laborarbeit | 0,81 | 0,87 |
| Protokolle (Subkat. induktiv ergänzt) | 0,36 | - |
| Experimente | 5,22 | 3,68 |
| Schülerexperimente | 0,63 | 0,87 |
| Demonstrationsversuche | 0,72 | - |
| Vorbesprechung von Exp. | 0,18 | - |
| Nachbereitung von Exp. | 0,45 | - |
| Nature of science | 0,27 | - |
| Modelle | 0,81 | 0,35 |

Die differenzierten Ergebnisse bezüglich der Subkategorien zum Aspekt Erkenntnisgewinnung machen deutlich, dass in den Antworten der Studierenden im Masterstudiengang das Beachten von Sicherheitsbestimmungen oder das reine Durchführen von Experimenten in den Hintergrund tritt und zwar zugunsten eines auf die naturwissenschaftliche Untersuchungsmethoden und forschendem Lernen ausgerichteten Unterrichts.

Diskussion

Das Kategoriensystem hat sich für die Analyse der Studierendenantworten als geeignet erwiesen; Cohens kappa ist zufriedenstellend (κ .78). Insgesamt zeigen unsere Analysen, dass

Studierende zahlreiche Merkmale „guten“ Chemieunterrichts benennen, die auch in der Literatur als relevant erachtet werden. Der Schwerpunkt in den Antworten der Studierenden liegt allerdings im Bereich allgemeiner berufswissenschaftlicher Merkmale von Unterricht. Studierende im Masterstudiengang nennen insgesamt mehr Merkmale als Studierende im Bachelorstudiengang. Außerdem ist bei ihnen die Verteilung der Rückmeldungen auf die Bereiche allgemeiner und fachdidaktisch relevanter Kategorien ausgewogener.

Kritik ist am Befragungsinstrument insofern zu üben, als die Art der Befragung Ein-Wort-Antworten provoziert; dies eröffnet bei der Codierung z.T. einen großen Interpretationsspielraum (z.B. „Transparenz“). Darüber hinaus haben wir die Ergebnisse bisher nur im arithmetischen Mittel betrachtet, was zur Folge hat, dass z.T. überdeckt wird, dass einige Studierenden eher fachlich, andere eher allgemein-didaktisch argumentieren. Daher planen wir die Analysen nochmals unter dieser Perspektive zu wiederholen. Eine erneute Datenanalyse bietet darüber hinaus die Option, die Studie mit individuellen Rückmeldungen an die Studierenden zu verbinden. Im Zuge eines echten Längsschnitts könnten so die von Studierenden benannten Merkmale eine relevante Grundlage sowohl für die Reflexion getroffener Planungsentscheidungen als auch des durchgeführten Unterrichts im Praktikum bilden.

Literatur

- Bolte, C., & Gauckler, M. (2015). Science education from a European perspective: Results from the International PROFILES Curricular Delphi Study. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for the Research on Science Teaching (NARST), Chicago, April 2015.
- Bolte, C., & Gauckler, M. (2018). Contemporary Science Education Practice: An International Perspective. In: A. Pálsdóttir (Ed.) Science competencies for the future. Proceedings of the 12th Nordic Research Symposium on Science Education NFSUN, June 7th–9th 2017 Trondheim, Norway. Pp. 51-63.
- Bolte, C. (2003): Konturen wünschenswerter chemiebezogener Bildung im Meinungsbild einer ausgewählten Öffentlichkeit – Methode und Konzeption der curricularen Delphi-Studie Chemie sowie Ergebnisse aus dem ersten Untersuchungsabschnitt. In: *ZfDN*. Kiel: IPN Kiel. Jg. 9, S. 7-26.
- Fischler, H. (1999). The Impact of Teaching Experiences on Student-teachers' and Beginning Teachers' Conceptions of Teaching and Learning Science. In J. Loughran (Ed.). *Researching Teaching: Methodologies and Practices for Understanding Pedagogy*. London: Routledge, 128-146
- Helmke, A. (2017). Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität. Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts. Seelze-Velber: Klett Kallmeyer, 7. Aufl.
- Kuckartz, U. (2014). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung*. Weinheim und Basel: Beltz Juventa, 2. Aufl.
- Kunter, M., & Trautwein, U. (2013). *Psychologie des Unterrichts*. Stuttgart: UTB.
- Lipowsky, F. (2015). Unterricht. In: E. Wild & J. Möller (Hg.). *Pädagogische Psychologie*. Berlin Heidelberg: Springer, 2. Aufl., 69-106
- Loucks-Horsley, S., Stiles, K. E., Mundry, S., Love, N., & Hewson, P. W. (2010). *Designing Professional Development for Teachers of Science and Mathematics*. Corwin, Thousand Oaks, California, 3rd ed.
- Meyer, H. (2004). *Was ist guter Unterricht?* Berlin: Cornelsen
- Pickering, C. M. & Byrne, J. A. (2014). The benefits of publishing systematic quantitative literature reviews for PhD candidates and other early-career researchers. *High. Educ. Res. Dev.*, 534-548.
- Streller, S. & Bolte, C. (2018). Becoming a Chemistry Teacher – Expectations for Chemistry Education Courses. *NorDiNa* 14 (2), 125-137
- Neumann, K. (2018). Unterrichtsqualität in den Naturwissenschaften – Die Suche nach dem heiligen Gral. In: C. Maurer (Hg.). *Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht- normative und empirische Dimensionen*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Band 38, 5-18
- Streller, S. & Bolte, C. (2020). Erwartungen Lehramtsstudierender mit Fach Chemie an Studium und Beruf. In S. Habig (Hg.). *Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen*, Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Band 40, 516-519

Kai Bliesmer¹
 Claudia Gorr²

¹Universität Koblenz-Landau
²experimenta gGmbH

Masterstudierende beraten ein Science Center aus physikdidaktischer Sicht

Mit dem hier präsentierten Ansatz wird angestrebt, Studierende in den Modus eines fachdidaktischen Forschenden Lernens (Fichten & Weyland, 2020) zu versetzen. Dies ist insofern relevant, als sie dadurch Kompetenzen erwerben, Lehr-Lern-Situationen auf Grundlage forschenden Handelns selbst didaktisch strukturieren, erproben und für ihre Zielgruppen adaptieren zu können (Komorek, Bliesmer, Richter & Sajons, 2022). Das Forschende Lernen der Studierenden wird durch das Modell der Didaktischen Rekonstruktion (Duit et al., 2012) konturiert. Für die Studierenden wird das Modell zu ihrem Instrument Forschenden Lernens. Als fachdidaktischer Kontext für die Anwendung des Modells fungiert eine Zusammenarbeit mit einem Science Center, das eine neue Ausstellung zu Naturphänomenen entwickeln möchte und um fachdidaktische Unterstützung gebeten hat. Der vorliegende Beitrag illustriert die Einbindung der Zusammenarbeit "Fachdidaktik <-> Science Center" in die universitäre Lehre und berichtet von Erfolgen sowie Problemen, die zum Weiterdenken anregen.

Forschendes Lernen bedarf sinnstiftender fachdidaktischer Kontexte

Physikalische Inhalte mit Blick auf den Schulunterricht in sinnstiftende Kontexte einzubetten, um diese Inhalte den Schülerinnen und Schülern besser zugänglich zu machen, ist seit langer Zeit Standard in den naturwissenschaftlichen Fachdidaktiken (z. B. Nentwig & Waddington, 2005; Duit & Mikelskis-Seifert, 2010). Ein solcher kontextstrukturierter Ansatz bietet sich auch für die Vermittlung fachdidaktischer Inhalte in der Lehre an. Das gilt insbesondere im Hinblick auf das Ziel, Studierende in einen Modus Forschenden Lernens zu versetzen. Hierzu sind aber Kontexte nötig, aus denen sich fachdidaktische Problemlösesituationen ableiten lassen, die durch einen forschenden Zugang bewältigt werden können. Ein geeigneter fachdidaktischer Kontext kann z. B. die Zusammenarbeit mit einer Schule sein, im Zuge derer Unterrichtsmaterialien zu einem neuen Thema aufbereitet und erprobt werden. Ein solcher Kontext ist insofern authentisch, als die Studierenden hier tatsächlich in realen Bildungssituationen agieren. Ein weiterer geeigneter Kontext, der jedoch noch nicht so häufig im Fokus steht, ist die Zusammenarbeit mit non-formalen Bildungsorten. Hieraus lassen sich ebenso authentische fachdidaktische Problemlösesituationen ableiten, die zum Forschenden Lernen anregen. Eine solche Kooperation wird mit dem vorliegenden Ansatz realisiert.

Fachdidaktische Forschung und Entwicklung an non-formalen Bildungsorten

In den Physikdidaktiken Koblenz und Oldenburg bestehen vielfältige Kontakte mit außerschulischen Lernorten, die auf das Promotionsprogramm *GINT* (uol.de/gint) zurückgehen. Die Physikdidaktik widmete sich im Promotionsprogramm Ausstellungshäusern (Nationalparkhäuser, Science Center), die bei ihrer Vermittlung auf Exponate setzen. Es wurde eine Zusammenarbeit mit der Leitung der Ausstellungshäuser und mit sog. Ausstellungsagenturen (Expert:innen für das Design und den Bau von Exponaten) vereinbart. Alle im Projekt befindlichen Partner:innen (Leitung, Agentur, Fachdidaktik) verfügten jeweils über Kompetenzen, die in der Summe für die Entwicklung neuer Exponate zwingend erforderlich sind (s. Komorek

& Bliesmer, 2022). Es wurden neue Exponate zu Phänomenen im Kontext von Küste und Meer (z. B. Rippel, Gezeiten etc.) entwickelt und erprobt (Bliesmer, 2020). Weil sich die non-formalen Bildungsorte als fruchtbares Forschungs- und Entwicklungsfeld erwiesen, haben wir beschlossen, mit einem weiteren Science Center (experimenta) zu kooperieren; dieses Mal jedoch eingebettet in die universitäre Lehre. Ziel ist es, Masterstudierende an reale, fachdidaktische Forschungs- und Entwicklungsaufgaben heranzuführen, in denen sie mit Kooperationspartner:innen interagieren. So versuchen wir, Studierende einerseits in einen Modus fachdidaktischen Forschenden Lernens zu versetzen und bieten ihnen andererseits einen sinnstiftenden Kontext für die Entwicklung fachdidaktischer Kompetenzen. Gleichzeitig unterstützen die Studierenden uns bei der Beratung des Science Centers und machen uns damit effektiver.

Zusammenarbeit mit non-formalen Lernorten als Teil der Lehre

Die Einbindung der Studierenden in die Zusammenarbeit mit dem Science Center erfolgte in einem fachdidaktischen Seminar. Es gliedert sich in vier Phasen.

Phase I: Einführung in den Kontext

Den Studierenden wird der Rahmen des Seminars erläutert: Ein Science Center entwickelt eine Ausstellung mit dem Arbeitstitel "Pure Phenomena Project". An interaktiven Exponaten sollen Analogien verschiedener Naturphänomene dargestellt und manipuliert werden können. Für die Aufbereitung von sechs Phänomenen (Polarlichter, Regenbogen, Chladnifiguren, Lichtenbergfiguren, Vantablack sowie Blitz und Donner) benötigte das Science Center fachdidaktische Unterstützung, also die Hilfe der Studierenden! Die Unterstützung wurde in der Form einer Didaktischen Rekonstruktion der Phänomene gewährt.

Phase II: Vertraut machen mit der Didaktischen Rekonstruktion und Ausstellungsdidaktik

Den Studierenden ist das Modell der Didaktischen Rekonstruktion aus ihrem Bachelorstudium bereits vertraut. Daher wird es nur kurz abermals vorgestellt. Der Fokus liegt hier auf Übungen zur Didaktischen Rekonstruktion im Seminar ("Trainingseinheiten zur Didaktischen Rekonstruktion"). Im Anschluss wird von den Erfahrungen an den Ausstellungshäusern berichtet und beschrieben, wie mit der Didaktischen Rekonstruktion Exponate entwickelt wurden.

Phase III: Bearbeitung ihrer fachdidaktischen Problemlöseaufgabe

Die insgesamt zwölf Studierenden werden in Zweiertteams eingeteilt und wählen je eines der genannten Phänomene aus. Ihre fachdidaktische Problemlösesituation für den Rest des Semesters besteht darin, eine Didaktische Rekonstruktion für ihr Phänomen durchzuführen: Sie führen auf Dokumentenanalysen fußende fachliche Klärungen durch und recherchieren passende Laienvorstellungen in der Literatur, die sie durch eigene Interviews flankieren. Auf dieser Grundlage unterbreiten sie Vorschläge für fach- und adressatengerechte didaktische Strukturierungen zu ihrem Phänomen an einem Exponat. Ihren Zwischenstand stellen sie im Seminar regelmäßig im Plenum vor. Hier werden sog. Ideenwerkstätten veranstaltet; das bedeutet, je eine Seminarsitzung ist einem einzigen Phänomen gewidmet, sodass das für ein bestimmtes Phänomen verantwortliche Zweiertteam die Ideen und Meinungen all ihrer Kommiliton:innen einholen kann. Hier fand auch ein Austausch zwischen Science Center und Studierenden statt.

Phase IV: Anfertigen eines Handouts für das Science Center

Als Produkt fertigen die Studierenden eine Hausarbeit an. Sie ist entlang der Frage strukturiert, was man aus physikdidaktischer Sicht berücksichtigen muss, wenn man "ihr" Phänomen an einem Exponat thematisieren möchte. Das Fundament für die Beantwortung der Frage bildet die von ihnen durchgeführte Didaktische Rekonstruktion. Ein Teil dieser Hausarbeit ist ein zweiseitiges Handout, das ihre Empfehlungen zur didaktischen Strukturierung zusammenfassend darstellt. Es bildet die Grundlage für die fachdidaktische Beratung des Science Centers.

Reflexion des Ansatzes

Es ist gelungen, die Studierenden in einen Modus Forschenden Lernens zu versetzen: Fachliche Klärungen wurden auf Basis von vielfältiger, auch internationaler, Literatur betrieben, ebenso haben die Studierenden Befragungen von Laien zu deren phänomenbezogenen Vorstellungen durchgeführt. Die Ideenwerkstätten waren von der Auseinandersetzung geprägt, was man aus dem Vergleich der fachlichen Sicht einerseits und der Laiensicht andererseits mit Blick auf eine didaktische Strukturierung zum jeweiligen Phänomen zu schlussfolgern hat. Die Studierenden haben im Kleinen Aufgaben vollführt, die auf der Ebene von Doktorierenden im Promotionsprogramm ebenfalls bearbeitet wurden und sich mit der Aufgabe, eine fachdidaktische Forschungsleistung für ein Science Center zu erbringen, identifiziert.

Allerdings ist es auch zu einer größeren Herausforderung gekommen, die durch die parallele Arbeit von sechs Gruppen gut greifbar geworden ist: Offenbar verknüpfen Menschen mit demselben Phänomen unterschiedliche Merkmale/Teilphänomene. Dies ist den Beschreibungen von Edelmann und Wittmann (2012) zur Begriffsbildung äquivalent. Die Merkmale und Teilphänomene charakterisieren den Umfang eines Phänomens. So kann z. B. für eine Person das Phänomen Regenbogen lediglich mit der entsprechenden Farbabfolge verknüpft sein. Eine andere Person hingegen empfindet auch die Bogenform oder das Vorhandensein von Wasser als kritische Merkmale. Wird also im Science Center bspw. versucht, einen Regenbogen durch Glasperlen nachzuempfinden, würde dies die entsprechenden Personen nicht als Regenbogen auffassen, sondern nur als Farbspiel. Auch könnten Teilphänomene wie der Nebenregenbogen oder Alexanders dunkles Band als zugehörig empfunden werden. Demnach sind, je nach Umfang des Phänomens, zur Didaktischen Rekonstruktion andere fachliche Klärungen und Laienvorstellungen relevant. Der personenspezifisch disparate Umfang des Phänomens weist mithin auf entsprechend vielgestaltige Didaktische Rekonstruktionen! Insofern ist angezeigt, bei einer Aufbereitung von Phänomenen eine intensive Auseinandersetzung mit der Phänomenologie zu betreiben. Dies kann sogar im Zuge der Didaktischen Rekonstruktion passieren: So lassen sich fachliche Klärungen zur Phänomenologie, also den Merkmalen des Phänomens, durchführen; ebenso müssen Befragungen mit Laien auch deren Vorstellungen vom Umfang eines Phänomens erfassen. Die ist relevant, um mit diesem Wissen im Anschluss eine in ihrem Geltungsbereich bekannte Didaktische Rekonstruktion durchführen zu können. Bei einer erneuten Umsetzung des Seminars gälte es, dies zu berücksichtigen. Auch wäre empfehlenswert, die Phänomenologie mit den Partner:innen am Science Center zu diskutieren. Denn auch sie haben Vorstellungen vom Umfang eines Phänomens, von den jeweiligen Zielgruppen der Ausstellung und den daran geknüpften Vermittlungszielen. Dies gilt es zunächst zu erfassen und sich dann auf einen Umfang zu einigen, damit es im Anschluss nicht zu Verwirrungen kommt, weil z. B. didaktische Strukturierungen als unpassend wahrgenommen werden.

Literatur

- Bliesmer, K. (2020). *Physik der Küste für außerschulische Lernorte. Eine Didaktische Rekonstruktion*. Logos-Verlag.
- Duit, R., Gropengießer, H., Kattmann, U., Komorek, M. & Parchmann, I. (2012). The Model of Educational Reconstruction – a Framework for improving Teaching and learning Science. In D. Jorde & J. Dillon (Hrsg.), *Science Education Research and Practice in Europe. Retrospective and Prospective* (S. 13-37). Sense Publishers.
- Duit, R. & Mikelskis-Seifert, S. (2010). *Physik im Kontext. Konzepte, Ideen, Materialien für effizienten Physikunterricht*. Friedrich Verlag.
- Edelmann, E. & Wittmann, S. (2012). *Lernpsychologie*. Beltz.
- Fichten, W & Weyland, U. (2020). Forschendes Lernen in der Lehrerinnen- und Lehrerbildung. In C. Cramer, J. König, M. Rothland & S. Blömeke (Hrsg.) *Handbuch für Lehrerinnen- und Lehrerbildung* (S. 673-680). Klinkhardt.
- Komorek, M. & Bliesmer, K. (2022). Fachdidaktik meets Szenografie. In experimenta gGmbH (Hrsg.), *Praxis, Forschung und Innovation in interaktiven Ausstellungen* (S. 66-71). Online verfügbar unter: https://www.science-intermedia.de/wp-content/uploads/2021/12/interaktion_i_v12-21b.pdf [Zugriff: 06.02.2021].
- Komorek, M., Bliesmer, K., Richter, C. & Sajons, C. (2022, im Druck). Modell adaptiv-zyklischen Forschenden Lernens für die Professionalisierung angehender Physiklehrkräfte. In H. Rautenstrauch (Hrsg.), *Forschendes Lernen in der Universität - Ein fach- und fachrichtungsbezogener Blick auf die Lehrkräftebildung*. Europa-Universität Flensburg.
- Nentwig, P. & Waddington, D. (2005). *Making it relevant. Context based learning of science*. Waxmann.

Thomas Sean Weatherby¹
 Thomas Wilhelm¹
 Jan-Philipp Burde²

¹Goethe-Universität Frankfurt
²Universität Tübingen

Eine Interventionsstudie auf Basis des Elektronengasmodells in England

In diesem Beitrag wird eine unterrichtliche Intervention zu einfachen elektrischen Schaltungen mit dem Elektronengasmodell in britischen Sekundarschulen vorgestellt. Diese Intervention bildet die Kontrollgruppe für eine Studie zum Unterrichten des Themas mit einem digitalen, kollaborativen Tool (Weatherby et al., 2022; Weatherby & Wilhelm, 2022). Die Materialien für die Kontrollgruppe basieren auf dem Unterrichtskonzept von Burde (2018), das für den Einsatz in hessischen Gymnasien entwickelt wurde. Da die Interventionsstudie an britischen Gesamtschulen durchgeführt wird, mussten einige Änderungen an dem ursprünglichen Konzept vorgenommen werden. Im Rahmen dieses Artikels soll daher zunächst eine kurze Einführung in das ursprüngliche Unterrichtskonzept von Burde (2018) gegeben sowie anschließend die Designentscheidungen erläutert werden, auf deren Grundlage das Unterrichtskonzept für den Einsatz in britischen Gesamtschulen adaptiert wurde.

Das Unterrichtskonzept nach Burde (2018)

Die Intervention basiert auf einer von Jan-Philipp Burde entwickelten Unterrichtskonzeption (Burde, 2018). Sie baut auf der Analogie zwischen elektrischem Potenzial und Luftdruck auf, einem Phänomen, das die Lernenden aus ihren Alltagserfahrungen kennen – sei es das Aufpumpen eines Fahrradreifens, eines Luftballons oder eines Schwimmkörpers. So können die Lernenden ihr Wissen über das Vertraute (Luftdruck) auf das Unbekannte (elektrisches Potenzial) übertragen (Gentner, 2009). Diese Analogie wurde gewählt, da sie auch die Ursache-Wirkungs-Beziehung von Potenzial und elektrischem Strom deutlich macht.

Sprachliche Anpassungen am Unterrichtskonzept

Für Leser, die mit britischen Schulen nicht vertraut sind, ist es wichtig zu wissen, dass der Lehrplan für den Elektrizitätsunterricht ähnlich dem der gymnasialen Sekundarstufe I in Deutschland ist. Da es aber einen nationalen Lehrplan für Grundschulen gibt (Department for Education, 2013), sollten die Lernenden bereits mit einigen Aspekten einfacher Gleichstromkreise vertraut sein – insbesondere mit offenen und geschlossenen Stromkreisen, der Funktionsweise eines Schalters und der Verwendung von Schaltkreissymbolen. Laut Beobachtungen bei der Entwicklung des epiSTEMe-Projektes (Taber, 2012) werden die „Übersetzung“ von Schaltkreissymbolen zu Abbildungen realer Bauteile von Lernenden bereits am Anfang der weiterführenden Schule gut verstanden. Trotz dieser Unterschiede oder vielleicht auch wegen der Vorarbeit in der Grundschule stimmen die Lernziele des frühen englischen Secondary School Curriculums (Department for Education, 2014) „Key Stage 3“, dem Äquivalent der Sekundarstufe I, gut mit den für die hessischen Gymnasien vorgesehenen konzeptionellen Inhalten überein, ohne sie quantitativ auszuweiten, was der „Key Stage 4“, dem Äquivalent der Sekundarstufe II, vorbehalten ist.

Ein weiterer Unterschied besteht darin, dass die Lehrerausbildungsstruktur im Vereinigten Königreich bewirkt, dass in der „Key Stage 3“ das Fach „Science“ als eine kombinierte

„Naturwissenschaft“ unterrichtet wird, die häufig von einer physik-fachfremden Lehrkraft erteilt wird, da in den höheren Klassen nicht genügend Physikspezialisten zur Verfügung stehen (Moor et al., 2006. The Royal Society, 2007). In Hessen hingegen ist die Zahl der fachfremden Physiklehrer deutlich geringer, auch wenn aktuell bei Neueinstellungen im MINT-Bereich nur ein Drittel durch ein fachbezogenes Lehrkräfteangebot gedeckt werden kann (Kultusministerium Hessen, 2021). Dies macht in England eine stärkere Unterstützung der Lehrkräfte erforderlich und bedeutet, dass zusätzlich zu einem Lehrbuch und PowerPoint-Folien, wie sie bei der Maßnahme in Hessen bereitgestellt wurden, nun auch detaillierte Unterrichtspläne und Handouts bereitgestellt werden müssen.

Eine erste eng übersetzte Version des Lehrbuches von Burde ergab im Englischen einen recht komplexen Text, der mit Hilfe des Flesch-Kincaid-Lesealters bewertet wurde. Die Formel ordnet dem Text ein Lesealter zu, das auf der durchschnittlichen Anzahl von Wörtern pro Satz und der durchschnittlichen Anzahl von Silben pro Wort beruht. Dabei wurden die Komplexität des Wortschatzes und die semantische Bedeutung jedoch nicht berücksichtigt. Anschließend wurde der Text im Rahmen einer Überarbeitung vereinfacht, indem:

- der Text konversationeller gestaltet wurde, d. h. Elemente, die auf eine formale Schreibweise hindeuten, wurden entfernt.
- unnötige Ausdrücke (vor allem Adverbien) und ungewöhnliches Vokabular entfernt wurde,
- lange Sätze gekürzt wurden.

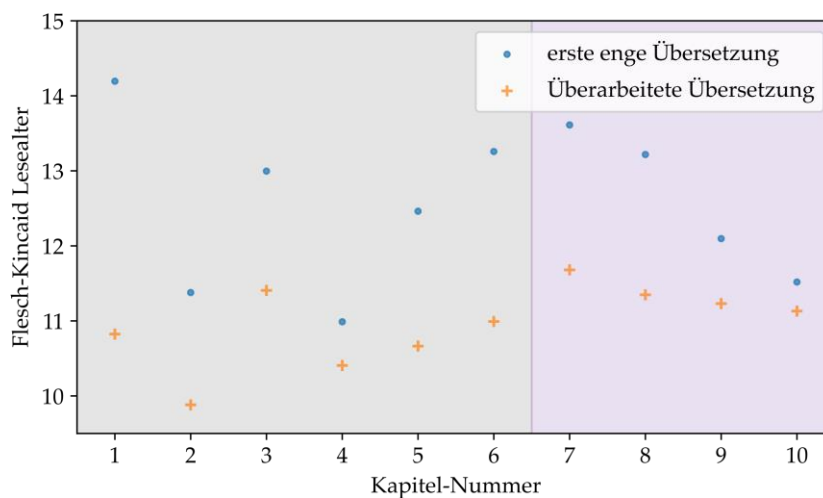


Abb. 1: Lesealter in zwei verschiedenen Versionen von „An Introduction to Electric Circuits“. Die blauen Punkte zeigen die erste enge Übersetzung und orangefarbene Pluspunkte die überarbeitete Fassung zur Verbesserung der Lesbarkeit. Die grauen und lila schattierten Bereiche zeigen die Zuordnung der Kapitel zu Key Stage 3 bzw. 4.

Durch diese Überarbeitung konnte das Lesealter bzw. die Leseschwierigkeit erfolgreich gesenkt werden (siehe Abbildung 1). Wie bereits erwähnt, wird dabei jedoch die Komplexität des Wortschatzes im Text nicht berücksichtigt. Um den Lernenden die Arbeit mit dem Text zu erleichtern, wurde mit Hilfe der Python-Bibliothek „wordfreq“ (Speer et al., 2018) eine

Liste aller Vokabeln erstellt, die eine Häufigkeit seltener als Rang 16.577 haben, d.h. die nicht zu den 16.577 am meisten genutzten Vokabeln gehören. Die Anzahl 16.577 entspricht dabei dem geschätzten Wortschatz eines US-amerikanischen Fünftklässlers (Alter 10 oder 11), der eine Standardabweichung unter dem Mittelwert liegt (Anglin et al., 1993). Diese Liste der selten ermittelten Wörter wurde dann manuell überprüft, um zu entscheiden, ob bei deren Verwendung hilfreiche Zusatzinformationen gegeben werden bzw. ob sie in eine Vokabelliste als Hilfestellung aufgenommen werden. Die manuelle Prüfung war auch notwendig, da der der Bibliothek zugrundeliegende Korpus überwiegend amerikanisch ist. Deshalb wurden mehrere häufig verwendete britisch-englische Wörter fälschlicherweise als ungewöhnlich eingestuft. Durch die so erzielte Komplexitätsreduktion sollten mindestens 83 % aller Lernenden Zugang zum Text haben.

Intervention

Mit Hilfe einer modifizierten Version des Konzepttests von Urban-Woldron und Hopf (2012) wurde der Lernzuwachs analysiert. Die Fragebögen wurden von den Lernenden vor und nach dem Unterricht bearbeitet. Aus insgesamt 14 Klassen aus drei großen, städtischen Gesamtschulen im Südosten Englands haben $N_{\text{Prä}} = 326$, $N_{\text{Post}} = 330$ und $n_{\text{Matched}} = 243$ (74% Matching) teilgenommen. Bei den Ergebnissen gab es keine signifikanten Unterschiede zwischen der gematchten und der nicht-gematchten Gruppe, weshalb sich im Folgenden auf die gematchte Stichprobe bezogen wird.

Der Unterricht auf Basis der überarbeiteten Unterrichtsmaterialien führt bei den Lernenden zu einem signifikanten Lernzuwachs (siehe Abbildung 2) (gepaarter t-Test, $p < 0,001$). Der Verständniszugewinn ist ein guter Hinweis darauf, dass die überarbeiteten Materialien für den Unterricht in englischen Gesamtschulen wie geplant geeignet sind. Es ist jedoch anzumerken, dass die durchschnittliche Punktzahl im Post-Test nur 4,1 Punkte bei einer Höchstpunktzahl von $x_{\text{Max}} = 26$ beträgt. Es besteht also noch erheblicher Optimierungsbedarf, bevor man sagen kann, dass die Lernenden das unterrichtete Thema wirklich verstanden haben.

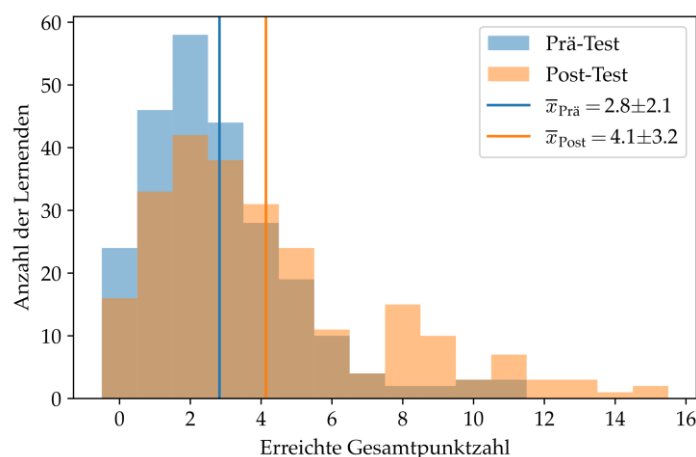


Abb. 2: Die erreichte Gesamtpunktzahl im Prä- und Post-Test. Die Durchschnittswerte sind jeweils durch vertikale Linien dargestellt.

Literatur

- Anglin, J. M., Miller, G. A., & Wakefield, P. C. (1993). Vocabulary Development: A Morphological Analysis. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 58(10), i. <https://doi.org/10.2307/1166112>
- Burde, J.-P. (2018). Konzeption und Evaluation eines Unterrichtskonzepts zu einfachen Stromkreisen auf Basis des Elektronengasmodells. *Studien Zum Physik- Und Chemielernen*, 259. <https://doi.org/10.30819/4726>
- Department for Education. (2013, September). *The National Curriculum in England: Key Stages 1 and 2 Framework Document*. <https://www.gov.uk/government/publications/national-curriculum-in-england-primary-curriculum>
- Department for Education. (2014, December). *The National Curriculum in England: Key Stages 3 and 4 Framework Document*.
- Gentner, D. (2009). The mechanisms of analogical learning. In *Similarity and analogical reasoning*. <https://doi.org/10.1017/cbo9780511529863.011>
- Kultusministerium Hessen. (2021). *Lehrer für MINT-Fächer in Hessen und Antwort* (Kleine Anfrage No. 20/1529; 20. Wahlperiode). Hessischer Landtag. <https://starweb.hessen.de/cache/DRS/20/9/05129.pdf>
- Moor, H., Jones, M., Johnson, F., Martin, K., Cowell, E., & Bjorke, C. (2006). *Mathematics and science in secondary schools: The Deployment of Teachers and Support Staff to Deliver the Curriculum*. National Foundation for Educational Research.
- Ruthven, K., Mercer, N., Taber, K. S., Guardia, P., Hofmann, R., Ilie, S., Luthman, S., & Riga, F. (2017). A research-informed dialogic-teaching approach to early secondary school mathematics and science: The pedagogical design and field trial of the *epiSTEMe* intervention. *Research Papers in Education*, 32(1), 18–40. <https://doi.org/10.1080/02671522.2015.1129642>
- Speer, R., Chin, J., Lin, A., Jewett, S., & Nathan, L. (2018). *LuminosoInsight/wordfreq: V2.2*. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.1443582>
- Taber, K. (2012). *EpiSTEMe Teaching Notes*. <https://www.educ.cam.ac.uk/research/programmes/episteme/epiSTEMeElectricityTNweb.pdf>
- The Royal Society. (2007). *The UK's science and mathematics teaching workforce*.
- Urban-Woldron, H., & Hopf, M. (2012). Entwicklung eines Testinstruments zum Verständnis in der Elektrizitätslehre. *Zeitschrift Für Didaktik Der Naturwissenschaften*, 18, 201–227.
- Weatherby, T. S., & Wilhelm, T. (2022). Scientifically Speaking: Kollaboratives Lernen digital unterstützen. *PhyDid-B - Didaktik Der Physik*. DPG-Frühjahrstagung, Heidelberg.
- Weatherby, T. S., Wilhelm, T., & Burde, J. (2022). More than a “Clicker”: Scaffolding Learner-Learner Classroom Talk with a Tablet Application. In A. Weinberger, W. Chen, D. Hernández-Leo, & B. Chen (Eds.), *Proceedings of the 15th International Conference on Computer-Supported Collaborative Learning—CSCL 2022* (pp. 344–347). International Society of the Learning Sciences.

Fabian Bernstein¹
 Sascha Schmeling²
 Thomas Wilhelm¹

¹ Goethe-Universität Frankfurt am Main
² CERN, Genf

Usability-Tests zur Evaluation von Experimentiermaterial

Der Research-Practice-Gap in der Physikdidaktik

Das Verhältnis zwischen didaktischer Forschung und schulischer Praxis ist seit langem Gegenstand didaktischer Reflexion, nicht selten im Modus der Kritik: Verschiedentlich wurde konstatiert und beklagt, dass didaktische Forschung („educational research“) abgehoben sei von schulischer Praxis, nicht (hinreichend) relevant und nicht implementierbar oder nicht einmal auf Implementierbarkeit bedacht (Kincheloe, 2004; Reinmann, 2005; Hirschkorn & Geelan, 2008; Burde & Wilhelm, 2018; McKenney & Reeves, 2019). Auch seien an Schulen und Universitäten so unterschiedliche Zielstellungen, Werthaltungen und Rahmenbedingungen vorzufinden, dass ein produktiver Austausch kaum zustande komme. Kincheloe meint sogar, zwei gänzlich unterschiedliche Kulturen zu erkennen, eine „craft culture“ („Handwerkskunst“) und eine „research culture“ („Forschungskultur“), die wenig Schnittmengen aufwiesen, jeweils über eigene kulturelle Codes verfügten und deren Akteure der im Grunde inkommensurablen Logik ihres jeweiligen sozialen Feldes verpflichtet seien (Kincheloe, 2004). Auch in der Physikdidaktik wurden – in voller Anerkennung der Heterogenität des Forschungsfeldes – derartige Positionen vertreten. So schreiben Wilhelm und Hopf, dass es „nicht verwunderlich sei, dass die naturwissenschaftsdidaktische Forschung häufig nur recht eingeschränkte Auswirkungen auf die Unterrichtspraxis“ habe und dass „selbst Erfolg versprechende Forschungsergebnisse [...] kaum in die Schulpraxis“ kämen (Wilhelm & Hopf, 2014). Auf der anderen Seite ist das Unbehagen mit dieser konstatierten Praxisferne didaktischer Forschung verschiedentlich als Innovationsantrieb wirksam geworden: So eröffnet beispielsweise das Positionspapier des Design-Based Research Kollektivs 2003 mit ebendieser Problembeschreibung und leitet daraus sowohl Ziele als auch Methodik des Design-based Research ab (DBRC, 2003).

Unabhängig von der Frage, ob und bis zu welchem Grad man dieser Analyse zustimmt, spricht doch einiges dafür, dass eine hohe Durchlässigkeit zwischen physikdidaktischer Forschung einerseits und unterrichtlicher Praxis andererseits ein Desiderat darstellt – mithin, dass die Frage nach der Implementierung (oder Co-Creation) von Innovationen und Forschungsergebnissen berechtigt und relevant ist. Daraus leitet sich weiter die Frage nach der methodischen Umsetzung ab: Wie kann möglichst bereits im Forschungsprozess sichergestellt werden, dass Forschungsergebnisse zu einer informierten Praxis beitragen?

Im Rahmen eines Forschungsprojektes zwischen dem CERN und der Universität Frankfurt wurde dieser Frage am Beispiel der Entwicklung von Experimentiermaterial zur modernen Physik nachgegangen. Insbesondere wurde untersucht, inwieweit das Konstrukt der „Usability“, wie es im Human-Centered Design-Framework definiert und in ISO-Normen kodifiziert ist (ISO 9241-210 Human-centered design for interactive systems, ISO 9241-11 Usability: Definitions and concepts und ISO 9241-110 Dialogue principles), dazu beitragen kann, die Wahrscheinlichkeit der Nutzung der entwickelten Materialien durch Lehrkräfte zu ma-

ximieren, um auf diese Weise einen Hebel für die Dissemination physikdidaktischer Innovation zu gewinnen.

Human-Centered Design und das Konzept der Usability

Human-Centered Design ist ein in der Industrie verbreitetes und in der ISO-Norm 9241-210 spezifiziertes Meta-Framework zur Produktentwicklung. Ausgangspunkt der Überlegung ist die Erkenntnis, dass ein Produkt nur dann erfolgreich sein kann, wenn es einen klar definierten Nutzen aus Sicht der Nutzer bietet. Aus Sicht der Produktentwicklung folgt daraus, dass eine genaue Problemanalyse – und das heißt hier: ein möglichst präzises und umfassendes Verständnis der Perspektive prospektiver Nutzer – einer Entwicklung notwendigerweise vorausgehen muss, um nicht am Bedarf vorbei zu entwickeln. Diese Überlegungen werden im Begriff des „Context of use“ zusammengefasst: Der „Context of Use“ umfasst Nutzer, deren Aufgaben, deren Ziele, die zur Verfügung stehenden Ressourcen sowie die relevanten Umgebungsfaktoren, die vor der Inangriffnahme eines Lösungsvorschlages untersucht, analysiert und in einer „Context of Use“-Description dokumentiert werden müssen.

Usability ist in diesem Framework definiert als „extent to which a system, product or service can be used by specified users to achieve specified goals with effectiveness, efficiency and satisfaction in a specified context of use“ (ISO 9241-210, 2019). Effectiveness, Efficiency und Satisfaction sind ebenfalls in der ISO-Norm definiert und auch operationalisiert: Metriken oder Erhebungsinstrumente werden zwar nicht vorgeschrieben, aber doch vorgeschlagen. In der Praxis haben sich bestimmte Metriken für die Erhebung dieser Konstrukte durchgesetzt: „Effectiveness“ wird häufig als „Task Success“ (Prozentsatz der erfolgreich abgeschlossenen Aufgaben) operationalisiert, „Efficiency“ als „Time on Task“ (erforderliche Zeit für die Bewältigung einer Aufgabe) und für die Messung der „Satisfaction“ stehen verschiedene validierte und gebenchmarkte Erhebungsinstrumente zur Verfügung.

Zielstellung und Ablauf eines Usability-Tests

Um die Usability von Produkten zu evaluieren, werden in der Praxis der Produktentwicklung Usability-Test eingesetzt, die eines von mehreren Verfahren darstellen, Produkte gegen die Bedürfnisse von Nutzern zu evaluieren (ISO 9241-11, ISO/TS 20282-2:2013, ISO/IEC 25062:2006). Unter einem Usability-Test versteht man eine Evaluation, in der repräsentative Nutzer repräsentative Aufgaben mit einem interaktiven System bearbeiten und der dazu dient, Usability-Probleme zu identifizieren oder die Effektivität, Effizienz und Nutzerzufriedenheit zu messen. Charakteristisch und wesentlich für Usability-Tests ist, dass es sich primär um die Beobachtung von Verhalten in einem kontrollierten Setting handelt, und **nicht** um die Befragung von Nutzern zu ihrem Nutzungsverhalten, zu Produkteigenschaften, Einschätzungen, etc.

Verschiedene Möglichkeiten der Beobachtung und Analyse im Rahmen von Usability-Tests stehen zur Verfügung: So können Usability-Probleme beobachtet, identifiziert und klassifiziert werden, nach Häufigkeit und Schwere geordnet und so als Ausgangsbasis für die Weiterentwicklung bzw. Iteration eines Produktes genutzt werden („Formative Usability Test“). Soll hingegen ein Vergleich eines zu evaluierenden Produktes mit einem Benchmark oder einem anderen Produkt im Rahmen eines A-B-Tests erfolgen, bieten sich quantitative Maße wie Task Success, Time on Task oder spezielle Fragebögen zur Erhebung der Nutzerzufriedenheit.

denheit, wie die weitverbreitete System Usability Scale oder der User Experience Questionnaire, an („Summative Usability Test“).

A-B-Vergleich zweier Michelson-Interferometer im Rahmen eines Usability-Tests

Um die Usability eines am CERN entwickelten 3D-gedruckten Michelson-Interferometers (<https://cern.ch/laserlab3D>) zu evaluieren, wurden ein A-B-Vergleich mit einem Michelson-Interferometer eines führenden deutschen Lehrmittelherstellers vorgenommen. Dabei wurden einerseits auftretende Usability-Probleme dokumentiert, andererseits quantitative Maße wie Task Success und Time on Task erhoben sowie Fragebögen (für das Satisfaction-Konstrukt) wie die Single Ease Question, die System Usability Scale und der User Experience Questionnaire eingesetzt.

Als Testpopulation wurden Physiklehrkräfte genutzt, die mit ihren Klassen an das Physik-Schülerlabor der Goethe-Universität Frankfurt kommen. Diese Lehrkräfte wurden mit Hilfe von Szenarien und Testkarten insbesondere gebeten, die Interferometer funktionstüchtig aufzubauen. Alle Lehrkräfte haben dabei mit beiden Interferometern in randomisierter Reihenfolge gearbeitet. Die Test-Sessions dauerten jeweils ca. zwei Stunden. Bisher konnten fünf Usability-Tests abgeschlossen werden, wobei beabsichtigt ist, insgesamt zwanzig Usability-Tests durchzuführen (zur Stichprobengröße siehe z.B. Sauro & Lewis, 2016).

Erste qualitative Ergebnisse der Usability-Tests

Die bisher durchgeführten Usability-Tests lassen bereits wiederkehrende Problemfelder erkennen. Bei dem kommerziellen Lehrmittel wird bspw. deutlich, dass eine ausschließliche Zurverfügungstellung einer englischsprachigen Anleitung von einigen Lehrkräften kritisch gesehen wird. Auch die Ausgestaltung dieser Anleitung ist in mehrerlei Hinsicht problematisch: So führt die Verdichtung der schematischen Abbildung des Aufbaus dazu, dass mehrere mögliche Aufbauten in einer Grafik zusammenfasst wurden. Dies bedeutet, dass nicht alle abgebildeten Bauteile für den Aufbau des Michelson-Interferometers erforderlich sind. Darüber hinaus finden sich in der Anleitung nicht erklärte Abkürzungen, die eine Quelle der Verunsicherung der Lehrkräfte darstellen. Des Weiteren sind im Standard-Lehrmittel die optischen Halter so gestaltet, dass der Laser nicht über den auf der optischen Grundplatte abgebildeten Linien verläuft, was ebenfalls zur Verunsicherung der Lehrkräfte beiträgt.

Eine schwerwiegende Fehlerquelle sind die unterschiedlichen Längen der Spiegelhalter: Die vier erforderlichen Spiegel weisen drei verschiedene Längen auf, wobei aus der Anleitung nicht hervorgeht, welcher Spiegel an welche Stelle gesetzt werden muss. Dies führt zu Trial-and-Error, Ineffizienz und Frustration bei den Lehrkräften. Schließlich ist als problematisch anzusehen, dass der Höhenverstellbereich der zuletzt einzusetzenden Linse so klein ist, dass meistens eine komplette Neujustage des Aufbaus erforderlich ist, da erst im letzten Schritt ersichtlich wird, dass die Linse nicht auf der richtigen Höhe in den Strahlengang eingebracht werden kann.

Für das 3D-gedruckte Interferometer hat sich gezeigt, dass die Form des Laserpointer-Halters zu Fehlbedienungen führte, da aus der Gestalt des Halters selbst seine Verwendung nicht klar hervorgeht (mangelnde „Affordance“). Ferner führte der konstruktiv begrenzte Verstellbereich der Spiegelhalter zu Schwierigkeiten bei der Justage des Aufbaus.

Insgesamt lassen sich bereits aus diesen ersten qualitativen Ergebnissen Erkenntnisse für eine weitere Optimierung der Aufbauten im Sinne einer Maximierung der Usability gewinnen.

nen. Ob eine erhöhte Usability darüber hinaus zu einer wahrscheinlicheren Nutzung der Experimente im Unterricht durch die Lehrkräfte führte, ist – wenngleich plausibel – durch weitere empirische Untersuchungen zu stützen.

Literatur

- Burde, J.-P., & Wilhelm, T. (2018). Einfache Stromkreise mit Potenzial. Ein neues Unterrichtskonzept zeigt, wie fachdidaktische Entwicklungsforschung arbeitet. *Physik Journal*, 17 (5), 27-30
- Hirschhorn, M. & Geelan, D. (2008). Bridging the Research-Practice Gap: Research Translation and/or Research Transformation, 54. ISO 9241-11 (2018): Usability: Definition and concepts
- ISO 9241-11 (2018). Usability: Definition and concepts
- ISO 9241-110 (2006). Dialogue principles
- ISO 9241-210 (2019). Human-centred design for interactive systems
- ISO/TS 20282-2 (2013). Usability of consumer products and products for public use — Part 2: Summative test method
- ISO/IEC 25062 (2006). Software engineering — Software product Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) — Common Industry Format (CIF) for usability test reports
- Kincheloe, J.L., (2004). The bizarre, complex, and misunderstood world of teacher education. In J.L. Kincheloe, A. Bursztyn, & S. Steinberg (Hrsg.), *Teaching teachers: Building a quality school of urban education*, 1-49, New York: Peter Lang.
- McKenney, S. & Reeves, T. C. (2019). *Conducting educational design research*, 2. Aufl. Routledge. <https://doi.org/Susan>
- Reinmann, G. (2005). Innovation ohne Forschung? Ein Plädoyer für den Design-Based Research-Ansatz in der Lehr-Lernforschung. *Unterrichtswissenschaft*, 33 (1), 52–69.
- Sauro, J., & Lewis, J. R. (2016). *Quantifying the User Experience: Practical Statistics for User Research*, 2. Aufl. Cambridge: Morgan Kaufmann.
- The Design-Based Research Collective (2003). Design-Based Research: An Emerging Paradigm for Educational Inquiry. *Educational Researcher*, 32 (1), 5–8. <https://doi.org/10.3102/0013189X032001005>
- Wilhelm, T. & Hopf, M. (2014). Design-Forschung. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.): *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung*. Berlin & Heidelberg: Springer.

Cem Aydin Salim¹
 Silke Mikelskis-Seifert¹
 Maja Brückmann²

¹Pädagogische Hochschule Freiburg
²Universität Oldenburg

Der Einfluss von Visualisierungen in einer comicbasierten Lernumgebung

Theoretischer Rahmen und Forschungslage bezüglich Visualisierungen und Comics

Im naturwissenschaftlichen Sachunterricht kommen komplexe Inhalte und Aufgaben vor, die zu einer Überforderung der Schüler:innen führen können. Deshalb werden im Unterricht Lernunterstützungen eingesetzt, um den Schwierigkeitsgrad des Lerninhalts zu vereinfachen (Kleickmann, 2012; Möller, 2016). Eine Möglichkeit der Vereinfachung besteht durch den Einsatz von Visualisierungen als Lernunterstützungen (Schmeck, 2011). Durch diese sollen beispielsweise Arbeitsaufträge vereinfacht werden, indem mehrere Wahrnehmungskanäle der Schüler:innen angesprochen und dadurch beispielsweise das Textverständnis vereinfacht wird (Schwamborn, Thillmann, Leopold, Sumfleth & Leutner, 2010). Eine weitere Möglichkeit der Vereinfachung des Lerninhalts besteht durch den Einsatz von Comics. Positive Befunde hierfür sind zum Beispiel in der Untersuchung von Wenning, Krdzic und Sandmann (2018) zu finden, die zum Lernen mit Comics zeigen konnten, dass mithilfe derer die Behaltensleistung der Schüler:innen gefördert werden kann.

Forschungen zu multimedialen Lernumgebungen zeigen auf, dass eine geeignete Kombination von Text und Bild dem reinen Textlernen weitestgehend überlegen ist (Mayer, 2009). Den theoretischen Hintergrund multimedialer Lernumgebungen bilden die Cognitive Theory of Multimedia Learning von Mayer (2009) sowie das Modell des Text- und Bildverständnisses (Schnotz & Bannert, 2003). Die Lernwirksamkeit von Text-Bild-Kombinationen wird hierbei darauf zurückgeführt, dass der zu lernende Sachverhalt im Sinne einer dualen Kodierung aktiv vom Lernenden verarbeitet wird. Dadurch wird der Aufbau eines mentalen Modells erleichtert, welches den Lernenden ein tieferes Textverständnis ermöglicht (Schmeck, 2011).

Interventionsstudie - Forschungsfragen, Hypothesen und Forschungsdesign

Ziel dieser Interventionsstudie ist die Untersuchung des Einflusses von Visualisierungen in einer comicbasierten Lernumgebung auf den Lernerfolg im Themenbereich Schwimmen und Sinken unter Berücksichtigung von individuellen Lernvoraussetzungen der Schüler:innen. Dabei kommen zwei comicbasierte Lernumgebungen zum Einsatz. Eine, welche Lernunterstützungen in Form von zusätzlichen Visualisierungen enthält (MIT Vis) und eine weitere, die diese Lernunterstützungen in Form von zusätzlichen Visualisierungen nicht beinhaltet (OHNE Vis). Außerdem wird eine Kontrollgruppe herangezogen, welche inhaltlich eine identische Intervention durchläuft. Statt einer comicbasierten Lernumgebung bearbeitet diese das Schwimmen und Sinken jedoch anhand herkömmlichen Unterrichtsmaterials in Form von strukturierten Arbeitsblättern mit wenigen Visualisierungen (KEIN Comic).

Um dem übergeordneten Ziel nachzugehen, werden im Folgenden zwei Forschungsfragen einschließlich Hypothesen aufgestellt.

Forschungsfrage 1: Inwiefern beeinflussen Lernunterstützungen in Form von zusätzlichen Visualisierungen den Lernerfolg im Themenbereich Schwimmen und Sinken?

Die Hypothese hierbei ist, dass Schüler:innen, die das Comic MIT Vis bekommen, einen höheren Lernerfolg erzielen, als die Schüler:innen mit dem Comic OHNE Vis und der Kontrollgruppe KEIN Comic. Außerdem wird angenommen, dass die Gruppe Comic OHNE Vis einen höheren Lernerfolg erzielt, als die Kontrollgruppe KEIN Comic (Mayer, 2009).

Forschungsfrage 2: Inwiefern beeinflussen Lernunterstützungen in Form von zusätzlichen Visualisierungen den Lernerfolg im Themenbereich Schwimmen und Sinken unter Berücksichtigung der individuellen Lernvoraussetzungen (Leseverständnis)?

Hypothesen dabei sind zum einen, dass Schüler:innen mit niedrigen Lernvoraussetzungen einen höheren Lernerfolg mit dem Comic MIT Vis erzielen und zum anderen, dass Schüler:innen mit höheren Lernvoraussetzungen einen höheren Lernerfolg mit dem Comic OHNE Vis erzielen. Begründet wird dies mit der Cognitive Load Theorie (Sweller, 1988), die davon ausgeht, dass das Arbeitsgedächtnis begrenzt Informationen aufnehmen kann und überflüssige Informationen kontraproduktiv sind. Im Zuge dessen besagt der Expertise-Umkehr-Effekt (Kalyuga et al., 2003), dass Lernende mit ungünstigeren Lernvoraussetzungen von Lernunterstützungen profitieren, diese umgekehrt aber bei Lernenden mit günstigeren Lernvoraussetzungen lernhinderlich sind. Begründet wird dies damit, dass das Arbeitsgedächtnis der Lernenden mit günstigen Lernvoraussetzungen belastet anstatt entlastet wird.

Die Forschungsfragen und Hypothesen werden im Rahmen einer quasi-experimentellen Interventionsstudie (n=157) mit Prä-Post-Design untersucht. Getestet wird in der vierten Klassenstufe in Baden-Württemberg im Raum Freiburg. Das Geschlechterverhältnis der Stichprobe ist dabei ausgeglichen. Vor der Intervention wird das Vorwissen zum Schwimmen und Sinken mithilfe eines Fragebogens, sowie das Leseverständnis mithilfe einer Lehrer:inneneinschätzung erhoben. Nach der Intervention wird das Wissen im Bereich Schwimmen und Sinken ebenfalls erhoben, um potenzielle Lernerfolge zu identifizieren.

Ergebnisse der Interventionsstudie

Im Folgenden werden zunächst die Ergebnisse zur Forschungsfrage 1 präsentiert, um danach auf die Forschungsfrage 2 einzugehen. Abbildung 1 zeigt nachfolgend die Summen der im Durchschnitt erreichten Punkte der Gruppen Comic MIT zusätzlichen Visualisierungen (MIT Vis), Comic OHNE zusätzliche Visualisierungen (OHNE Vis) und der Kontrollgruppe (KG KEIN Comic) im Prä- und Posttest. Maximal erreichbar waren 21 Punkte.

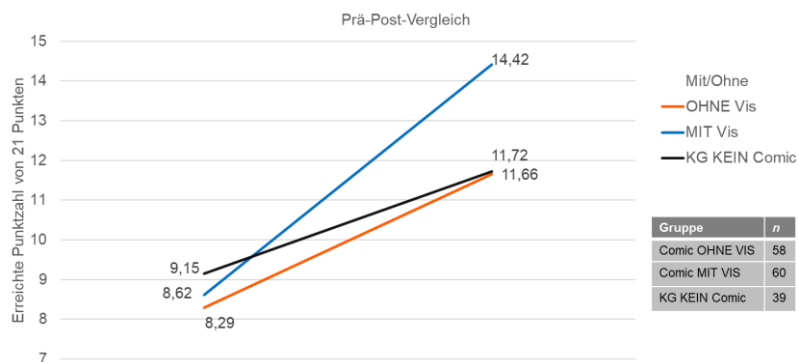


Abb. 1, Summe der im Durchschnitt erreichten Punkte im Bereich Schwimmen und Sinken. Prä-Post-Vergleich der Gruppen.

Um die Forschungsfrage 1 zu beantworten, werden die Daten mithilfe einer einfaktoriellen ANOVA mit Messwiederholung analysiert. Die Berechnung zeigt einen signifikanten Haupteffekt ($F(2,154) = 35.92, p = .000$) mit einer starken Effektstärke (partielles $\eta^2 = .32$). Schüler:innen, die die Intervention mit dem Comic MIT Vis durchlaufen, schneiden im Posttest signifikant besser ab, als die Gruppen Comic OHNE Vis und KG KEIN Comic. Es gibt keine signifikanten Gruppenunterschiede zwischen den Prätests. Um Forschungsfrage 1 zu beantworten, kann geschlussfolgert werden, dass Visualisierungen den Lernerfolg im Bereich Schwimmen und Sinken positiv beeinflussen.

Um Rückschlüsse auf Forschungsfrage 2 ziehen zu können, wird eine hierarchische Regression gerechnet. Der Regressand bei den Modellen ist dabei der Posttest im Bereich Schwimmen und Sinken. Im Folgenden zeigt Tabelle 1 die Ergebnisse der Regression.

Tab. 1, Ergebnisse der hierarchischen Regression

| Modell 1 | <i>b</i> | SE <i>b</i> | <i>p</i> |
|---|----------|-------------|----------|
| Konstante | 4.91 | 0.6 | < .001 |
| Vorwissen | 0.91 | 0.07 | < .001 |
| $R^2 = .5476; F(1,155) = 189.8; p < .001$ | | | |
| Modell 2 | <i>b</i> | SE <i>b</i> | <i>p</i> |
| Konstante | 3.69 | 0.63 | < .001 |
| Vorwissen | 0.83 | 0.07 | < .001 |
| Comicvariante | 3.33 | 0.52 | < .001 |
| Leseverständnis | 2.16 | 0.56 | < .001 |
| Comicvariante*Leseverständnis | -1.79 | 0.73 | .016 |
| $R^2 = .7; F(4,113) = 69.25; p < .001$ | | | |
| N = 118 | | | |

Modell 1 enthält das Vorwissen zum Schwimmen und Sinken als einzigen Prädiktor. Durch das Modell wird bereits eine Varianz von circa 55% aufgeklärt. Beim zweiten Modell werden die Comicvariante (OHNE Vis versus MIT Vis), das Leseverständnis (geringes Leseverständnis versus hohes Leseverständnis) und die Interaktion dieser beider Variablen aufgenommen. Durch die Aufnahme wird das Modell besser und hat eine Varianzerklärung von 70%. Die Beantwortung der Forschungsfrage 2 erfolgt durch die Interpretation des Regressionskoeffizienten *b* der Interaktion Comicvariante*Leseverständnis. Die Variablen sind dichotom kodiert, das heißt für die Interpretation, dass eine Einordnung in Comic MIT Vis und hohes Leseverständnis zu einem niedrigeren Wert im Posttest um -1,79 Punkte führt. Das heißt zusätzliche Visualisierungen sind bei Lernenden mit höherem Leseverständnis lernhinderlich. Dies bestätigt die Hypothese, dass Schüler:innen mit unterschiedlichen Lernvoraussetzungen nicht gleichermaßen von Lernunterstützungen profitieren.

Zusammenfassung der Ergebnisse

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass Lernunterstützungen in Form von zusätzlichen Visualisierungen den Lernerfolg im Bereich Schwimmen und Sinken positiv beeinflussen können. Allerdings gilt dies nicht für alle Grundschüler:innen gleichermaßen. Die Analysen zeigen auf der einen Seite einen positiven Effekt von zusätzlichen Visualisierungen auf den Lernerfolg bei Lernenden mit geringeren Lernvoraussetzungen. Auf

der anderen Seite gibt es einen negativen Effekt von zusätzlichen Visualisierungen bei höheren Lernvoraussetzungen.

Literatur

- Kalyuga, S., Ayres, P., Chandler, P. & Sweller, J. (2003). The expertise reversal effect. *Educational Psychologist*, 38, 23-31
- Kleickmann, T. (2012). Kognitiv aktivieren und inhaltlich strukturieren im naturwissenschaftlichen Sachunterricht. Kiel: IPN Leibniz-Institut f. d. Pädagogik d. Naturwissenschaften an d. Universität Kiel
- Mayer, R. (2009). *Multimedia Learning*. Second edition. Cambridge: Cambridge University Press
- Möller, K. (2016). Bedingungen und Effekte qualitätsvollen Unterrichts – ein Beitrag aus fachdidaktischer Perspektive. In N. McElvany, W. Bos, H. Holtappels, M. Gebauer & F. Schwabe (Hrsg), *Bedingungen und Effekte guten Unterrichts*, 43-64. Münster: Waxmann
- Schmeck, A. (2011). Visualisieren naturwissenschaftlicher Sachverhalte: Der Einsatz von vorgegebenen und selbst generierten Visualisierungen als Textverstehenshilfen beim Lernen aus naturwissenschaftlichen Sachtexten
- Schnotz, W. & Bannert, M. (2003). Construction and interference in learning from multiple representation. *Learning and Instruction*, 13, 141-156
- Schwaborn, A., Thillmann, H., Leopold, C., Sumfleth, E. & Leutner, D. (2010). Der Einsatz von vorgegebenen und selbst generierten Bildern als Textverstehenshilfe beim Lernen aus einem naturwissenschaftlichen Sachtext. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie* 24 (3-4), 221-233
- Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science*, 12, 257-285
- Wenning, S., Krdzic, M. & Sandmann, A. (2018). Lernwirksamkeit von Comics im Biologieunterricht. *MNU Journal* (3), 191-195

Tom Jungbluth¹
 Silke Mikelskis-Seifert¹
 Josef Künsting¹

¹Pädagogische Hochschule Freiburg

Schwimmen und Sinken verstehen durch eine digitale Comic-Lernumgebung

Forschungsanlass

Seit dem letzten Jahrzehnt sind analoge und digitale Comics Gegenstand der Forschung in verschiedenen Disziplinen und gewinnen auch außerhalb der Bildungsforschung immer mehr an Popularität (Cohn, 2020; Lamminpää et al., 2020). Insbesondere der digitale Wandel hin zu webbasierten Comics, sogenannten Webcomics, verändert die multimediale Natur des Mediums und den kognitiven Prozess zur Verarbeitung der multimedial präsentierten Lerninhalte. Wenngleich aktuelle Studien die kognitiven Verarbeitungsprozesse von Comics untersuchen (Cohn, 2020; Cohn & Foulsham, 2020), so sind Gestaltung und Lernwirksamkeit von Webcomics für den naturwissenschaftlichen Unterricht bisher kaum wissenschaftlich erforscht. Ziel ist es daher, einen multimedialen Webcomic zum Thema Schwimmen und Sinken zu entwickeln, indem verschiedene lerntheoretische Ansätze mit dialogbasierten Comic-Elementen (Salim & Mikelskis-Seifert, 2020) und dem Lernen mit Simulationen (de Jong & van Joolingen, 1998; Künsting et al., 2013) miteinander kombiniert werden. In einer ersten Pilotstudie wurde untersucht, welche Wirkung die Gestaltung des Webcomics auf das Selbstkonzept der Schüler:innen hat.

Theoretischer Hintergrund

Begriffsklärung zu Webcomics. Durch die Kombination aus Schriftsprache und Bild sind Comics bereits multimodal und zugleich multimedial angelegt (vgl. Abel & Klein, 2016). Das Webcomic, welches nach Tatalovic (2009) zur Kategorie „Science Comics“ zu zählen ist, zeichnet sich durch die Einbindung von Erklärvideos und Simulationen aus. Für die Gestaltung des Webcomics spielen Befunde zum Lernen in multimedialen Lernumgebungen (Moreno 2006; Mayer, 2005) eine große Rolle.

Den obigen Theorien folgend, wird unter anderem davon ausgegangen, dass motivationale und affektive Faktoren (bspw. Lernfreude oder Lernfrustration) das Lernen mit Webcomic beeinflussen, indem sie auf kognitive Prozesse und das Engagement der Lernenden einwirken. So können Lernercharakteristika (Vorwissen, Persönlichkeitsmerkmale) das Lernen mit Multimedia allgemein sowie vor allem die Wirksamkeit unterschiedlicher Gestaltungsmerkmale - in unserem Falle des Webcomics - beeinflussen (Moreno, 2006). Aus diesem theoretischen Ansatz und empirischen Untersuchungen ließen sich Gestaltungsprinzipien multimedialer Lernumgebungen ableiten, die das Lernen fördern. Dabei lag der Fokus bei der Gestaltung der Lernumgebung für die erste Pilotstudie auf den Personenmerkmalen zum naturwissenschaftlichen Fähigkeitsselbstkonzept und dem Interesse der Schüler:innen.

Naturwissenschaftliche Fähigkeitsselbstkonzept. Mathematische und naturwissenschaftliche Fächer werden oft als eher männlich konnotiert wahrgenommen, während sprachliche Fächer typischerweise als weiblich konnotiert wahrgenommen werden (Kessels et al., 2006, Stein-

mayr et al., 2019). Schulbezogene Geschlechterstereotypen können die Persönlichkeitsmerkmale der Lernenden prägen, ebenso wie schulbezogene Fähigkeitsselbstkonzepte und Interessen (Marsh et al., 2005). Geschlechterstereotype, die in der Gesellschaft vorherrschen, werden als bedeutsam für die Erklärung von Geschlechterunterschieden in Selbstkonzept und Interesse angesehen (Kessels & Heyder, 2018). Aufgrund stereotyper Wahrnehmungen im Klassenzimmer zielt der Einsatz von pädagogischen Agenten darauf ab, dem entgegenzuwirken, indem sie die Stereotypen durch ihr Design entkräftet.

Fragestellung

Die Annahme ist, dass ein non-binärer Charakter als Superheld:in und ein nicht-menschlicher Agent (Roboter) das maskulinisierte Fach Physik entkräftet und sowohl männliche als auch weibliche Schüler:innen stärkt. In diesem Forschungsprojekt soll daher untersucht werden, ob das Selbstkonzept durch pädagogische Agenten unabhängig vom Geschlecht der Schüler:innen positiv beeinflusst werden kann und welche Gestaltungsmerkmale dafür entscheidend sind.

Design und Methodik

An der Pilotstudie nahmen insgesamt 73 Schüler:innen der 5. Klasse ($N = 47$, Alter: $M = 11.04$, $SD = .59$; 34.0% weiblich) und 6. Klasse ($N = 26$, Alter: $M = 12.19$, $SD = .69$; 46.2% weiblich) einer Realschule Plus teil. Die Studie erfolgte im Pre-/Post-Design, bei dem unter anderem die Erfahrung im Themenbereich Schwimmen und Sinken, das naturwissenschaftliche Selbstkonzept und das Interesse an Comics erhoben wurden. Im Posttest wurden ferner Einschätzungen zum Design der digitalen Lernumgebung erhoben.

Pädagogische Agenten. In der Lernumgebung fungieren die Comicfiguren als pädagogische Agenten, welche die Lernenden bei ihrem Lernprozess begleiten sollen (s. Abb. 1). Die Gestaltung und Wahl der pädagogischen Agenten erfolgte durch eine vorherige Untersuchung mit 128 Schüler:innen (s. Beitrag von Graichen, Jungbluth & Mikelskis-Seifert in diesem Band). Bei der Entwicklung der pädagogischen Agenten wurden mehrere Gestaltungsprinzipien einbezogen. Darunter zählte das Personalisierungsprinzip, welches Folgendes besagt: Es ist günstiger, persönlich ansprechende Beschreibungen im Gegensatz zu Texten in einem nüchternen, formalen Stil zu nutzen. Dadurch kann die Zielgruppe das Gefühl der Teilhabe an einem Gespräch vermittelt werden (Mayer, 2005). Zudem ist aus Studien zu pädagogischen Agenten bekannt, dass diese die Emotion, die Motivation und die Lernleistung durch Begeisterung positiv beeinflussen (Liew et al., 2017) sowie tendenziell effektiver im 2D-Format als im 3D-Format (Castro-Alonso et al., 2021) sind. Zudem wurde der pädagogische Agent aus Perspektive der Schüler:innen mit 3 Items bezüglich deren Wohlbefinden, Sympathie zum pädagogischen

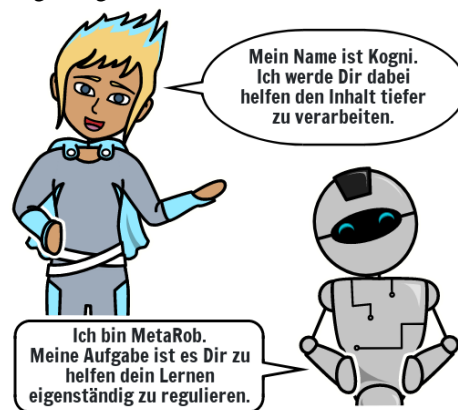


Abb.1: Die pädagogischen Agenten Kogni (links) und MetaRob (rechts) erstellt mit Storyboard That.

Agenten sowie die empfundene Rolle als Lernhelfer:in untersucht. Die Namensgebung beruht auf zukünftigen Entwicklungsschritten mit dem Ziel, kognitive Prompts (Kogni) und metakognitive Prompts (MetaRob) über die pädagogischen Agenten in die Lernumgebung einzubetten. *Erhebungsinstrumente: Selbstkonzept und Interesse.* Die Skala zum Selbstkonzept wurde aus dem Projekt „Physik im Kontext“ (Mikelskis-Seifert & Duit, 2010) übernommen und adaptiert. Die verwendete Skala beinhaltet 9 Items und die Reliabilitätsanalyse ergab einen Cronbachs Alpha $\alpha = 0.90$. Die Skala zum Interesse an Comics wurde aus dem Projekt von Salim (Salim et al., 2022) entnommen, sie beinhaltet 4 Items und Cronbachs Alpha α beträgt 0.83. Alle Items wurden mit einer 4-stufigen-Likert-Skala von “Stimmt gar nicht” - zu “stimmt genau” eingesetzt.

Ergebnisse

Beim Interesse an Comics konnte kein signifikanter Effekt von Pre-/Post-Test (paariger t-test, $t(72) = 0.15$, $p = .881$) festgestellt werden. Das Interesse blieb indes sowohl vor als auch nach der Intervention auf einem unverändert hohen Niveau. Beim naturwissenschaftlichen Selbstkonzept ergab sich jedoch ein signifikanter Effekt von Pre-/Post-Test (paariger t-test, $t(72) = 3.456$, $p = .001$) mit einer mittleren Effektstärke ($d = 0.404$). Um Aussagen über den Zusammenhang zwischen der Wirkung der pädagogischen Agenten und dem Selbstkonzept machen zu können, wurden Korrelationen berechnet mit den folgenden Ergebnissen: Alle 3 Items zu beiden pädagogischen Agenten korrelieren unabhängig vom Geschlecht positiv mit dem Selbstkonzept aller Lernenden (Pearson's Correlation, $r(0.347-0.491)$, $p < .001$). Diese Ergebnisse treffen sowohl auf den pädagogischen Agenten MetaRob (Roboter) als auch Kogni (Superheld:in) zu. Somit konnte mit dieser Studie gezeigt werden, dass begeisterte, non-binäre pädagogische Agenten in einem Webcomic eine wichtige Rolle in Bezug auf das Selbstkonzept der Schüler:innen im digitalen naturwissenschaftlichen Unterricht spielen. Die Ergebnisse bieten zugleich einen Einblick in die theoriebasierte Gestaltung von lernwirksamen Webcomics für den naturwissenschaftlichen Unterricht.

Nächste Schritte und Ausblick

Zukünftige experimentelle Studien sollten einzelne Gestaltungselemente im Hinblick auf multimediales Lernen untersuchen, um die Effektstärke einzelner Elemente zu identifizieren. So sollen unter anderem kognitive Prompts und metakognitive Prompts entwickelt und deren Wirkung (z.B. Lernerfolg) in einem experimentellen 2x2-Design untersucht werden.

Förderhinweis

Dieses Projekt wird im Rahmen des Forschungs- und Nachwuchskollegs Di.ge.LL (Digitalgestützte Lehr-Lern-Settings zur kognitiven Aktivierung) vom Land Baden-Württemberg aus Mitteln des Ministeriums für Wissenschaft, Forschung und Kunst gefördert.

Literatur

- Abel, J., & Klein, C. (Hrsg.). (2016). Comics und Graphic Novels: Eine Einführung. Springer-Verlag.
- Castro-Alonso, J. C., Wong, R. M., Adesope, O. O., & Paas, F. (2021). Effectiveness of multimedia pedagogical agents predicted by diverse theories: A meta-analysis. *Educational Psychology Review*, 33(3), 989–1015.
- Cohn, N. (2020). Your brain on comics: A cognitive model of visual narrative comprehension. *Topics in cognitive science*, 12(1), 352–386.
- Cohn, N., & Foulsham, T. (2020). Zooming in on the cognitive neuroscience of visual narrative. *Brain and Cognition*, 146, 105634.
- de Jong, T., & van Joolingen, W. R. (1998). Scientific discovery with computer simulations of conceptual domains. *Review of Educational Research*, 68(2), 179–201.
- Kessels, U., & Heyder, A. (2018). Geschlechtsunterschiede. In D. H. Rost, J. R. Sparfeldt & S. R. Buch (Hrsg.), *Handwörterbuch Pädagogische Psychologie* (5. Auflage, S. 209 – 217). Weinheim: Beltz.
- Kessels, U., Rau, M., & Hannover, B. (2006). What goes well with physics? Measuring and altering the image of science. *British Journal of Educational Psychology*, 74 (4), 761 – 780.
- Künsting, J., Kempf, J., & Wirth, J. (2013). Enhancing scientific discovery learning through metacognitive support. *Contemporary Educational Psychology*, 38, 349–360.
- Lamminpää, J., Vesterinen, V. M., & Puutio, K. (2020). Draw-A-Science-Comic: exploring children's conceptions by drawing a comic about science. *Research in science & technological education*, 1-22.
- Liew, T. W., Mat Zin, N. A., & Sahari, N. (2017). Exploring the affective, motivational and cognitive effects of pedagogical agent enthusiasm in a multimedia learning environment. *Human-centric Computing and Information Sciences*, 7(1), 1-21.
- Marsh, H. W., Trautwein, U., Lüdtke, O., Köller, O., & Baumert, J. (2005). Academic self-concept, interest, grades, and standardized test scores: Reciprocal effects models of causal ordering. *Child Development*, 76 (2), 397 – 416.
- Mayer, R. E. (2005). Cognitive theory of multimedia learning. *The Cambridge handbook of multimedia learning*, 41, 31-48.
- Mikelskis-Seifert, S., & Duit, R. (2010). Erfolgreicher unterrichten durch „Physik im Kontext“? Die Evaluation des Projektes: Evaluationsdesign und Ergebnisse. In: Duit, R., Mikelskis-Seifert, S.: Physik im Kontext. Konzepte, Ideen, Materialien für effizienten Physikunterricht. Sonderband Unterricht Physik, 14-16.
- Moreno, R. (2006). Does the modality principle hold for different media? A test of the method-affects-learning hypothesis. *Journal of Computer Assisted Learning*, 22, 149–158.
- Salim, C. A., & Mikelskis-Seifert, S. (2020). Comics als visuelle und strukturelle Lernhilfe im Physikunterricht. Eingereicht für das Themenheft Lernen mit Vignetten – Comics; MNU.
- Salim, C.A., Mikelskis-Seifert, S., & Brückmann, M. (2022). Visuelle Lernunterstützungen beim Experimentieren im Bereich „Schwimmen und Sinken“. In: S. Habig (Hrsg.) Unsicherheit als Element von naturwissenschaftsbezogenen Bildungsprozessen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDChP) online Jahrestagung.
- Steinmayr, R., Weidinger, A. F., Heyder, A., & Bergold, S. (2019). Warum schätzen Mädchen ihre mathematischen Kompetenzen geringer ein als Jungen? – Ein Erklärungsversuch unter Berücksichtigung von Noten, Leistungstests, Lehrer- und Elterneinschätzungen. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 51, 71–83.
- Tatalovic, M. (2009). Science comics as tools for science education and communication: a brief, exploratory study. *Journal of Science Communication*, 8(4), A02.

Martina Graichen¹
 Tom Jungbluth¹
 Silke Mikelskis-Seifert¹

¹Pädagogische Hochschule Freiburg

Pädagogische Agenten für digital-unterstütztes Experimentieren mit Comics

Experimentieren mit modernen Anleitungen unterstützen. Zentraler Bestandteil des Physikunterrichts sind Experimente (Duit et al., 2010) – als Versuch, Demonstrations- oder Schülerexperiment. In der Regel werden Schülerexperimente durch die Lehrkraft oder eine Anleitung unterstützt (Hopf, 2007). Eine Möglichkeit, das Experimentieren zu strukturieren und zu unterstützen, kann über in digitale Medien eingebettete Anweisungen erfolgen. Derartige Medien ermöglichen es ferner, einen zusätzlichen Mehrwert zu schaffen; z.B. in Form von (Hintergrund-)Informationen, Erklärvideos, sowie, motivierenden und/oder veranschaulichenden Versuchen, die als Video abspielbar sind. So lässt sich eine Lernumgebung schaffen, in die Schülerexperimente sinnstiftend eingebettet sind. Um den Lernenden beim Durchlaufen einer solchen multimedialen Abfolge von Elementen (Informationen, Anleitung, Experiment, Interpretation) einen roten Faden zu geben, bietet sich die Erzählung einer Geschichte (Story) an, die sich im Ablauf der Lernumgebung stetig weiterentwickelt und demzufolge alle enthaltenen Elemente verbindet.

Der Ansatz des Storytellings. Lernen durch Storytelling ist ein traditioneller Weg, wie Werte, Ideen, Konzepte und Vorstellungen über Generationen hinweg vermittelt wurden (Hasper, 2009; Lacin-Smsek, 2019; Morelli, 2017). Die Einbettung der Inhalte in Geschichten erleichtert den Abruf und die spätere Erinnerung, wodurch die Inhalte schneller und effektiver erlernbar sind (z.B. Klassen & Klassen, 2014). Für die Lernenden ist es hierbei wichtig, dass Fiktion und Realität klar unterscheidbar sind (Greenhalgh-Spencer, 2019) und dass wenig Raum für Interpretationen bleibt. Im naturwissenschaftlichen Unterricht bieten sich für die Vermittlung von Inhalten durch Geschichten auch historische Bezüge an (Lacin-Smsek, 2019), um auf zeitliche Entwicklungen des Inhaltsgebietes sowie auf die Dauer der Erkenntnisgewinnung einzugehen. Comics bieten die Möglichkeit, Geschichten zu erzählen und den Lernprozess für Schüler:innen motivierend zu gestalten, (Krdzic & Wenning, 2015). Wie im digitalen Storytelling gibt es in Comics meist Hauptfiguren, die durch die Handlung leiten und die man bei den Erlebnissen begleitet. Solche Hauptfiguren können z.B. pädagogische Agenten (Bannert et al, 2011) sein.

Pädagogische Agenten. Meta-Analysen (z.B. Schroeder, Adesope & Gilbert, 2013; Castro-Alonso, Wong, Adesope & Paas, 2021) stellten generell lernförderliche Effekte ($g = .19$ bis $g = .38$) von pädagogischen Agenten fest, wobei die Betrachtung der Moderatoreffekte eine eher gemischte Befundlage aufzeigt (z.B. STEM, Castro-Alonso et al., 2021). Die Wirkung pädagogischer Agenten kann auf das *Emotional Design* zurückzuführen sein. *Emotional Design* stellt den affektiv-motivationalen Gegenpart des Lernens gegenüber kognitiven Affekten (D’Mello & Gaesser, 2012; Fiedler & Beier, 2014), wie der kognitiven Theorie des multimedialen Lernens (CTML, Mayer, 2009) oder der *Cognitive Load Theorie* (CLT;

Sweller, Ayeres & Kalyuga, 2011), dar. Generell ist eine positive Stimmung lernförderlicher und führt zu besseren Lernergebnissen (z.B. Reichert o.J., Pekrun et al, 2002).

Forschungsfrage

In dieser Studie gehen wir der Frage nach, wie Figuren aussehen sollen, die durch ein Comic führen und sowohl Mädchen als auch Jungen ansprechen. Die Figuren müssen in der Lage sein, das Experimentieren zu strukturieren und gleichzeitig Sachverhalte zu erklären. Zu dem Anliegen gibt es wenig empirische Ergebnisse und soll deshalb explorativ untersucht werden.

Teilnehmende, Design und Methode

Aufgrund der Verortung der Thematik „Magnetismus“ in den Bildungsplan wurden 128 sechst und siebt Klässler:innen (Alter: $M = 12,02$, $SD = 0,71$; 41,4% weiblich) aus acht Klassen an vier Schulen (85,2 % Realschule, 13,3% Gemeinschaftsschule) befragt.

Wunschfigur. Alle Teilnehmenden beantworteten zunächst Fragen über ihre Wunschfigur, indem sie ihre präferierte Wunschfigur (Mensch, Superheld:in, Tier, Roboter, Fabelwesen, Alien) ankreuzen konnten. Ferner wurde das Alter in fünf Kategorien (Kind, Jugendliche, Erwachsene, jung/älter/sehr alt) sowie das Geschlecht (männlich, weiblich, divers, irrelevant) der Wunschfigur abgefragt. Am Ende erfolgte eine Einschätzung der Wirkung dreier Emotionen (Valenz = Freude, Arousal = Erregung, Dominanz) auf jeweils einer Skala von 1-5 (1=unglücklich, ruhig, kontrolliert; 5=glücklich, aufgeregt, kontrollierend, über die SAM-Skala, Bradley & Lang, 1994).

Rangfolge von Beispielen. Im Anschluss brachten alle Teilnehmenden neun vorgegebene Figuren in eine Rangfolge. Für die am besten und schlechtesten bewertete Figur sollte die emotionale Wirkung (s.o.: SAM-Skala: Valenz, Arousal, Dominanz) eingeschätzt werden.

Ergebnisse

Wunschfigur. Die statistische Auswertung zwischen dem Geschlecht der Teilnehmenden (männlich vs. weiblich) und der Kategorie der Wunschfigur (Tab.1) zeigte keinen signifikanten Zusammenhang $\chi^2(6)=11,94$, $p=,063$ $V=0,31$. Jedoch zeigten sich signifikante Zusammenhänge in Bezug zur Wunschfigur auf Geschlecht (Tab.2) $\chi^2(8)=1110,77$, $p<,001$, $V=0,66$ Alter (Tab.2) $\chi^2(8)=18,37$, $p=,019$, $V=0,27$, und den emotionalen Wirkungen (Tab.3).

Tabelle 1. Auswahl der Kategorien der Wunschfigur nach Geschlecht der Teilnehmenden in %

| | Mensch | Superheld | Tier | Roboter | Fabelwesen | Alien | Sonstiges |
|----------|--------|-----------|------|---------|------------|-------|-----------|
| Weiblich | 32,1 | 24,4 | 18,9 | 7,5 | 11,3 | 3,8 | 0,0 |
| Männlich | 16,2 | 23,0 | 16,2 | 14,9 | 10,8 | 6,8 | 12,2 |

Tabelle 2. Auswahl von Geschlecht und Alter der Wunschfigur in %

| TN | Geschlecht Wunschfigur | | | | Alter Wunschfigur | | | | |
|----------|------------------------|----------|--------|----------|-------------------|--------|------|-----|----------|
| | Männlich | Weiblich | Divers | Irrelev. | Kind | Jugend | Jung | Alt | Sehr alt |
| Weiblich | 9,4 | 75,5 | 3,8 | 9,4 | 24,5 | 50,9 | 22,6 | 1,9 | 0,0 |
| Männlich | 82,4 | 1,4 | 4,1 | 2,7 | 6,8 | 33,8 | 45,9 | 4,1 | 5,4 |

Tabelle 3. Emotionale Wirkung der Wunschfigur

| | Weiblich ♀: | | Männlich ♂ | | t-Test (df = 123) | | |
|----------|-------------|------|------------|------|-------------------|-------|------|
| | M | SD | M | SD | t | p | d |
| Valenz | 4,00 | 1,04 | 3,64 | 1,14 | 1,84 | 0,034 | 1,09 |
| Arousal | 3,31 | 0,98 | 2,99 | 1,07 | 1,68 | 0,048 | 1,03 |
| Dominanz | 4,06 | 0,89 | 3,71 | 0,87 | 2,07 | 0,020 | 0,92 |

Vorgegebene Beispiele. Die deskriptive Auswertung der vorgegebenen Beispiele zeigte kontroverse Ergebnisse bei den eher non-binären Figuren Alien, Superheld und Roboter. Hier wählten die Jungen das Alien und den Roboter vor allem auf die beiden vorderen Ränge, während die Mädchen das Alien und den Roboter eher auf die hintersten Ränge wählten. Die Mädchen platzierten den Superhelden verstärkt auf die ersten und den letzten Rang.

Im Anschluss wurden die Ergebnisse weiterführend interpretiert und die menschlichen Beispiele gegenüber den nicht-menschlichen Beispielen (Superheld, Roboter und Alien) nach Rang 1 und 9 unterschieden. Für beide Ränge zeigte sich ein signifikantes Ergebnis, erster Rang $\chi^2(2) = 7,27, p = ,013, V = 0,24$ (♀: 50% Mensch, ♂: 20% Mensch), letzter Rang $\chi^2(2) = 15,24, p < ,001, V = 0,35$ (♀: 36,5% Mensch, ♂: 68,9% Mensch). Um die emotionale Wirkung zu bewerten, wurde für jede der Emotionen eine ANOVA mit Messwiederholung gerechnet (Zwischensubjektfaktor: Geschlecht Teilnehmende, Wiederholungsfaktor: Rang). Die Ergebnisse (Tab.4) zeigen für das Geschlecht keinerlei Unterschiede, jedoch signifikante Ergebnisse für den Rang in Bezug auf Valenz und Dominanz, nicht aber für Arousal.

Tabelle 4. Ausprägung der emotionalen Wirkung in Abhängigkeit des Ranges und Geschlecht

| | Valenz | | | | Arousal | | | | Dominanz | | | |
|------------|-----------------------------------|------|--------|------|----------------------------------|------|--------|------|----------------------------------|------|--------|------|
| | Rang 1 | | Rang 9 | | Rang 1 | | Rang 9 | | Rang 1 | | Rang 9 | |
| | M | SD | M | SD | M | SD | M | SD | M | SD | M | SD |
| Weiblich | 3,98 | 1,02 | 2,81 | 1,21 | 2,67 | 1,21 | 2,63 | 1,44 | 3,20 | 1,08 | 2,68 | 1,32 |
| Männlich | 3,93 | 1,00 | 2,99 | 1,76 | 2,33 | 1,19 | 2,62 | 1,47 | 3,93 | 1,00 | 2,85 | 1,11 |
| Geschlecht | $F=0,09, p=0,765, \eta_p^2=0,00$ | | | | $F=0,87, p=0,353, \eta_p^2=0,01$ | | | | $F=0,00, p=0,984, \eta_p^2=0,00$ | | | |
| Rang | $F=55,93, p<0,001, \eta_p^2=0,33$ | | | | $F=0,52, p=0,472, \eta_p^2=0,01$ | | | | $F=5,59, p=0,020, \eta_p^2=0,05$ | | | |

Anmerkung. df = 1, 113 für die Haupteffekte Geschlecht (♀ vs. ♂) und Rang (R1 vs. R9) der ANOVAs.

Zusammenfassung der Ergebnisse. Die Ergebnisse zeigen, dass sich Jungen und Mädchen sowohl unterschiedliche Figuren in Bezug auf Geschlecht, Alter und emotionale Wirkung der Figuren in einem Comic zum Experimentieren wünschen als auch unterschiedliche Figuren auf die vordersten und hintersten Ränge platzieren. Diese Ergebnisse sind relevant für die Gestaltung einer digitalen Lernumgebung mit pädagogischen Agenten, da die Figuren auf den vordersten bzw. hintersten Ränge eine unterschiedliche Valenz- und Dominanzwirkung haben, sich die Figuren jedoch bei Mädchen und Jungen unterschieden. Somit können pädagogischen Agenten das Lernen von Mädchen und Jungen unterschiedlich beeinflussen.

Umsetzung in der Lernumgebung

Um die Ergebnisse der Jungen und Mädchen zu beachten, fiel die Entscheidung für die pädagogischen Agenten der comicbasierten Lernumgebung zum Magnetismus auf einen Roboter (MetaRob) und einen menschlichen, geschlechtsneutralen Superhelden (Kogni). Kogni und MetRob reisen mit ihrem Raumschiff (vgl. digitale Lernumgebung „INEXdigital“ in Graichen et al., im Druck). Sie sammeln auf der Erde Gegenstände, sind auf drei Zeitreisen

ins Antike Griechenland, nach China vor ca. 2000 Jahren und zu Christoph Kolumbus. Dort berichten die historischen Personen von ihren Entdeckungen und zeigen Realversuche in abspielbaren Videos, um die Entdeckungen den Schüler:innen zu verdeutlichen. Danach fliegen MetaRob und Kogni in ihr Labor und leiten zwei Hands-on Experimente zur Wirkung von Magneten an. Am Ende der Lernumgebung erhalten die Schüler:innen eine schriftliche Zusammenfassung zu Permanentmagneten.

Literatur

- Bradley, M. M., & Lang, P. J. (1994). Measuring emotion: the Self-Assessment Manikin and the Semantic Differential. *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry*, 25(1), 49–59.
- Berlyne, D.E. Novelty, complexity, and hedonic value. *Perception & Psychophysics* 8, 279–286 (1970).
- Brom, C., Stárková, T., & D’Mello, S. K. (2018). How effective is emotional design? A meta-analysis on facial anthropomorphisms and pleasant colors during multimedia learning. *Educational Research Review*, 25, 100–119. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2018.09.004>
- Castro-Alonso, J. C., Wong, R. M., Adesope, O. O., & Paas, F. (2021). Effectiveness of multimedia pedagogical agents predicted by diverse theories: A meta-analysis. *Educational Psychology Review*, 33(3), 989–1015.
- Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences (2nd ed.)*. Hillsdale, NJ Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Duit, R., Tesch, M. & Mikelskis-Seifert, S. (2010). *Piko-Brief Nr. 7: Das Experiment im Physikunterricht*. Zugriff unter <http://www.ipn.uni-kiel.de/de/das-ipn/abteilungen/didaktik-der-physik/piko/pikobriefe032010.pdf>
- Fiedler, K., & Beier, S. (2015). Affect and cognitive processes in educational contexts. In *International Handbook of Emotions in Education* (Bd. 698, S. 36–55). Routledge.
- Graesser, A. C., & D’Mello, S. (2012). Emotions during the learning of difficult material. In B. H. Ross (Hrsg.), *The Psychology of Learning and Motivation* (Bd. 57, S. 183–225). Elsevier.
- Graichen, M., Jungbluth, T., Wächter, L., Zinser Th. & Mikelkelkis-Seifert, S. (im Druck). Comics: Auf ins Antike Griechenland – Entdeckung der Magnetsteine. In Hrsg. J. Meßinger-Koppelt, J. Maxton-Küchenmeister. Naturwissenschaften digital. Toolbox für den Unterricht. Band 3. Hamburg: Joachim-Herz-Stiftung.
- Greenhalgh-Spencer, H. (2019). Teaching with stories: Ecology, haraway, and pedagogical practice. *Studies in Philosophy and Education*, 38(1), 43–56. <https://doi.org/10.1007/s11217-018-9628-1>
- Hasper, A. (2019, Januar 31). *The art of storytelling with Anna Hasper*. Resources for English Language Learners and Teachers | Pearson English.
- Hopf, M. (2007). Problemorientierte Schülerexperimente: Zugl.:München,Univ.,Diss.,2007. Studien zum Physik- und Chemielernen. Berlin: Logos-Verl. Zugriff unter http://deposit.d-nb.de/cgi-bin/dokserv?id=3018834&prov=M&dok_var=1&dok_ext=htm
- Krdzic, M. & Wenning, S. (2015). Lernen mit Comics. Aufgaben für den Biologieunterricht. Norderstedt (Unterrichtsmaterialien aus Forschung und Praxis ; 8)
- Kromka, S. M., & Goodboy, A. K. (2021). The effects of relevant instructor self-disclosure on student affect and cognitive learning: A live lecture experiment. *Communication Education*, 70(3), 266–287. <https://doi.org/10.1080/03634523.2021.1900583>
- Laçin-Şimşek, C., (2019). What can stories on history of science give to students? Thoughts of science teachers candidates. *International Journal of Instruction*, 12(1), 99–112. <https://doi.org/10.29333/iji.2019.1217a>
- Mehta, R., & Zhu, R. J. (2009). Blue or red? Exploring the effect of color on cognitive task performances. *Science*, 323(5918), 1226–1229. <https://doi.org/10.1126/science.1169144>
- Pekrun, R., Goetz, T., Titz, W., & Perry, R. P. (2002). Academic emotions in students’ self-regulated learning and achievement: A program of qualitative and quantitative research. *Educational Psychologist*, 37(2), 91–105. https://doi.org/10.1207/s15326985ep3702_4
- Plass, J. L., Heidig, S., Hayward, E. O., Homer, B. D., & Um, E. (2014). Emotional design in multimedia learning: Effects of shape and color on affect and learning. *Learning and Instruction*, 29, 128–140. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2013.02.006>
- Reichert, S. (o. J.). *Institut für Softwaretechnik und Theoretische Informatik: SAM*. TU-berlin.de. Abgerufen 13. September 2022, von https://www.qu.tu-berlin.de/menue/forschung/laufende_projekte/joyofuse/joy_of_use/joy_of_use/measurement_methods/sam/
- Schroeder, N. L., Adesope, O. O., & Gilbert, R. B. (2013). How effective are pedagogical agents for learning? A meta-analytic review. *Journal of Educational Computing Research*, 49(1), 1–39.
- Wilson, G. D. (1966). Arousal properties of red versus green. *Perceptual and motor skills*, 23(3), 947–949.

Marisa Pfläging¹
 Dirk Richter¹
 Andreas Borowski¹

¹Universität Potsdam

Vergleich verschiedener Gestaltungsansätze für Lehrkräftefortbildungen

Wissenschaftspropädeutik stellt ein übergreifendes Ziel der gymnasialen Oberstufe dar (KMK, 1972/2021) und soll Schüler:innen an wissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen heranführen (Hahn, 2013). Für diesen Prozess bieten in Brandenburg sogenannte Seminarkurse¹, in welchen Schüler:innen eine vorwissenschaftliche Untersuchung durchführen und ihre Ergebnisse in Form einer Seminararbeit präsentieren, eine Möglichkeit (LISUM, 2015). Damit in naturwissenschaftlichen Seminarkursen ein authentisches Bild von der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung vermittelt werden kann, ist ein angemessenes Verständnis der seminarkursleitenden Lehrperson von Nature of Science (NOS) und Nature of Scientific Inquiry (NOSI) essentiell (Weirauch, 2017). Vor diesem Hintergrund wurde im Rahmen eines durch die Dr. Hans Riegel-Stiftung geförderten Forschungsprojekts eine Fortbildung zu Seminarkursen für Lehrkräfte der Fächer Biologie, Chemie, Physik, Geografie und Informatik entwickelt und evaluiert (Pfläging, Richter & Borowski, 2020). So wurden im Zeitraum von November 2019 bis Mai 2021 zwei Präsenzfortbildungsreihen und zwei Corona-bedingte Online-Fortbildungsreihen durchgeführt. Die beiden ursprünglich in der Pilotierungsphase vorgesehenen Präsenzfortbildungen wurden aus forschungsökonomischen Gründen in die Haupterhebung einbezogen. Mit der Durchführung der Fortbildungen wurde im Rahmen des Projekts darüber hinaus zur Erforschung von Merkmalen qualitätsvoller Lehrkräftefortbildungen beigetragen.

Fortbildungskonzeption

Mit der evidenzbasierten, aus vier Fortbildungsmodulen bestehenden Fortbildung sollten Kenntnisse über wissenschaftliche Grundlagen, Kompetenzen bezüglich der Betreuung, Diagnostik und Bewertung von Schüler:innen beim naturwissenschaftlichen Arbeiten und Schreiben sowie Kompetenzen hinsichtlich der Planung von Seminarkursen gefördert werden. Ein Bestandteil der ersten drei Fortbildungsmodule war dabei u. a. die explizite Thematisierung von NOS(I)-Aspekten (wie der Vorläufigkeit und Subjektivität naturwissenschaftlicher Erkenntnis (u. a. Lederman, 2006, 2007)) anhand historischer Fälle durch die fortbildende Person.

Theoretische Grundlagen der Begleitstudie

Bei Lehrkräften der Naturwissenschaften im anglo-amerikanischen Raum liegen z. T. eher inadäquate Vorstellungen von NOS vor (u. a. Lederman, 1992; Lederman & Lederman, 2014). Das Professionswissen zu NOS von Lehrkräften im deutschsprachigen Raum ist bislang jedoch unzureichend erforscht (Billion-Kramer, Lohse-Bossenz, Dörfler & Rehm, 2020).

¹ Ähnliche Kurse werden auch in weiteren Bundesländern unter anderen Bezeichnungen angeboten.

Hinsichtlich der Gestaltung erfolgreicher Lehrkräftefortbildungen konnten bereits einige Merkmale identifiziert werden (u. a. Darling-Hammond, Hyler & Gardner, 2017; Rzejak & Lipowsky, 2020). Noch wenig bekannt ist u. a. darüber, wie Lehr-Lernprozesse in Fortbildungsveranstaltungen ablaufen, und welche Rolle das Fortbildungsformat für den Lernerfolg spielt. Für das Lernen von Lehrkräften scheinen u. a. (gemäßigte) kognitive Dissonanzen von Bedeutung zu sein (u. a. Timperley, Wilson, Barrar & Fung, 2007; Schwarzer-Petruck, 2014). Hinsichtlich des Einflusses des Fortbildungsformats auf den Fortbildungserfolg deuten erste Studien auf eine ähnliche Wirksamkeit ähnlich gestalteter Online- und Präsenzfortbildungen hin (z. B. Fishman et al., 2013; Rock, 2017).

Forschungsfragen und Hypothesen

Daher wurden im Rahmen der Studie insbesondere die folgenden Fragen untersucht:

- F1 (explorativ): Welche Verständnisse haben Lehrkräfte der Naturwissenschaften vor der Fortbildungsteilnahme von der Vorläufigkeit (V) und Subjektivität (S) naturwissenschaftlicher Erkenntnis?
- F2.1 und F2.2 (explanativ): Welchen Einfluss hat der Lehr-Lernprozess in Präsenzfortbildungsveranstaltungen (Konzeptwechsel durch Wissensumstrukturierung vs. durch Wissenserweiterung) (F2.1) bzw. das Fortbildungsformat (moderierte Online-Fortbildung mit synchronen und asynchronen Phasen vs. Präsenzfortbildung) (F2.2) auf die Entwicklung der Verständnisse von Lehrkräften bezüglich der NOS-Aspekte V und S?

Es ist anzunehmen, dass in einer Präsenzfortbildung, in welcher Konzeptwechsel durch Wissensumstrukturierung intendiert sind, eine positivere Kompetenzentwicklung der teilnehmenden Lehrkräfte erfolgt als in einer Präsenzfortbildung, in der Konzeptwechsel durch Wissenserweiterung intendiert sind. Dahingegen sind in der Präsenz- im Vergleich zur Online-Fortbildung ähnliche Kompetenzentwicklungen der Lehrkräfte zu erwarten.

Methodisches Vorgehen

Die Fragen wurden in quasi-experimentellen Vergleichsstudien untersucht. Es wurden vier inhaltlich nahezu identische Fortbildungsreihen (Präsenzfortbildung 1 (P1; $n_{P1}=11$), Präsenzfortbildung 2 (P2; $n_{P2}=10$) und zwei gleich konzipierte moderierte Online-Fortbildungen mit synchronen und asynchronen Phasen (O; $n_O=21$)) durchgeführt. Diese sollten sich in den intendierten Lehr-Lernprozessen (F2.1) bzw. im Fortbildungsformat (F2.2) unterscheiden. In den ersten drei Modulen von P1 wurde jeweils der Konzeptwechselprozess der Wissensumstrukturierung intendiert, wohingegen in den entsprechenden Modulen von P2 und O jeweils der Prozess der Wissenserweiterung erzielt wurde. Die verschiedenen Lehr-Lernprozesse in den ersten drei Modulen der Fortbildungen wurden in P1 durch die Planung mittels Basismodell „Entwicklung als Bildungsziel“ sowie in P2 und O mittels Basismodell „Konzeptbildung“ (jeweils nach Oser und Baeriswyl (2001)) umgesetzt. Die Verständnisse von der Vorläufigkeit und der Subjektivität naturwissenschaftlicher Erkenntnis wurden im Prä-Post-Design mittels VNOS-C-Fragebogen (Lederman, Abd-El-Khalick, Bell & Schwartz, 2002) jeweils zu Beginn des ersten und vierten Fortbildungsmoduls erhoben und mit zwei induktiv-deduktiv entwickelten qualitativen Auswertungsinstrumenten erfasst.

Ergebnisse

Die Analyse aller Kodiereinheiten ($n=126$) hinsichtlich des NOS-Aspekts der Vorläufigkeit zeigte, dass 47% aller Einheiten eher elaborierte, 35% eher naive und 10% ausgewogen gemischte Verständnisse repräsentieren. Hinsichtlich der Subjektivität ($n=126$ Kodiereinheiten) liegen zum Prä-Zeitpunkt zu 63% bereits eher elaborierte Verständnisse, zu 8% eher naive Verständnisse und zu 13% ausgewogen gemischte Verständnisse vor. Die restlichen Anteile entsprechen jeweils keinen identifizierbaren Vorstellungen.

Beim Vergleich der Verteilungen der Entwicklungsrichtungen der Verständnisqualitäten (1 = negative Entwicklungen, 2 = gleich gebliebene Verständnisqualitäten, 3 = positive Entwicklungen) hinsichtlich der Vorläufigkeit und Subjektivität in den beiden Präsenzfortbildungen bzw. in der zweiten Präsenzfortbildung und der Online-Fortbildung konnten mittels asymptotischen Mann-Whitney-U-Tests jeweils bei schwachem Effekt keine signifikanten Unterschiede nachgewiesen werden (s. Tabellen 1 und 2).

Tabelle 1. Vergleich der Entwicklungsrichtungen der Verständnisqualitäten in der ersten ($n_{P1}=33$) und der zweiten Präsenzfortbildung ($n_{P2}=30$) (einseitiger U-Test)

| NOS-Aspekt | Mdn_{P1} | Mdn_{P2} | U | z | p | r |
|---------------|------------|------------|--------|--------|------|-------|
| Vorläufigkeit | 2.0 | 2.0 | 487.00 | -.120 | .453 | -.015 |
| Subjektivität | 2.0 | 2.0 | 403.00 | -1.480 | .070 | -.186 |

Tabelle 2. Vergleich der Entwicklungsrichtungen der Verständnisqualitäten in der zweiten Präsenzfortbildung ($n_{P2}=30$) und den Online-Fortbildungen ($n_O=63$) (zweiseitiger U-Test)

| NOS-Aspekt | Mdn_{P2} | Mdn_O | U | z | p | r |
|---------------|------------|---------|--------|--------|------|-------|
| Vorläufigkeit | 2.0 | 2.0 | 793.00 | -1.336 | .181 | -.139 |
| Subjektivität | 2.0 | 2.0 | 904.50 | -.384 | .701 | -.040 |

In den Fortbildungsgruppen haben sich die Verständnisse der Lehrkräfte hinsichtlich der Vorläufigkeit und der Subjektivität größtenteils eher positiv als negativ entwickelt.

Diskussion und Ausblick

Insgesamt liegen bei den Lehrkräften bereits vor der Fortbildungsteilnahme zum größten Teil eher elaborierte Verständnisse vom NOS-Aspekt der Vorläufigkeit und überwiegend eher elaborierte Verständnisse von der Subjektivität naturwissenschaftlicher Erkenntnis vor. Dennoch sind in den Fortbildungsgruppen tendenziell zu einem größeren Anteil positive als negative Entwicklungen der Verständnisse zu erkennen. Entgegen der Annahme positiverer Entwicklungen in der Präsenzfortbildung mit intendierten Lernprozessen der Wissensumstrukturierung als in der Fortbildung mit intendierten Prozessen der Wissenserweiterung, weisen die Ergebnisse auf ähnliche Entwicklungen hin. Hierbei ist jedoch unklar, welche subjektiven Theorien bei den einzelnen Lehrkräften (beispielsweise hinsichtlich der Bewertung von Seminararbeiten) vor der Fortbildungsteilnahme vorlagen und inwieweit die intendierten Konzeptwechselprozesse tatsächlich von den Lehrkräften kognitiv durchlaufen wurden. Die ähnliche Entwicklung der Verständnisse der Lehrpersonen in der Präsenz- und der Online-Fortbildung ist mit den Ergebnissen bisheriger Studien zum Einfluss

des Fortbildungsformats auf den Fortbildungserfolg konsistent. Eine umfassendere Darstellung der Fortbildungskonzeption und der Untersuchungsergebnisse – insbesondere auch unter Berücksichtigung von Validitätsaspekten – wird zeitnah in der im Rahmen dieses Projekts entstandenen Dissertation erfolgen.

Literatur

- Billion-Kramer, T., Lohse-Bossenz, H., Dörfler, T. & Rehm, M. (2020). Professionswissen angehender Lehrkräfte zum Konstrukt Nature of Science (NOS): Entwicklung und Validierung eines Vignettestests (EKoL-NOS). *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 26, 53-72
- Darling-Hammond, L., Hyler, M. E. & Gardner, M. (2017). *Effective Teacher Professional Development*. Palo Alto, CA: Learning Policy Institute.
- Fishman, B., Konstantopoulos, S., Kubitskey, B. W., Vath, R., Park, G., Johnson, H., Edelson, D. C. (2013). Comparing the Impact of Online and Face-to-Face Professional Development in the Context of Curriculum Implementation. *Journal of Teacher Education*, 64 (5), 426-438
- Hahn, S. (2013). Wissenschaftspropädeutik in der gymnasialen Oberstufe. In D. Bosse, F. Eberle & B. Schneider-Taylor (Hrsg.), *Standardisierung in der gymnasialen Oberstufe*. Wiesbaden: Springer, 161-174
- Kultusministerkonferenz (KMK) (1972/2021). Vereinbarung zur Gestaltung der gymnasialen Oberstufe und der Abiturprüfung (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 07.07.1972 i.d.F. vom 18.02.2021). Verfügbar unter https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/1972/1972_07_07-VB-gymnasiale-Oberstufe-Abiturpruefung.pdf
- Landesinstitut für Schule und Medien Berlin-Brandenburg (LISUM) (Hrsg.) (2015). Hinweise zum Unterricht. Der Seminarkurs in der gymnasialen Oberstufe (Brandenburg) (überarbeitete Fassung). Verfügbar unter https://bildungsserver.berlin-brandenburg.de/fileadmin/bbb/themen/berufs-_und_studienorientierung/seminarkurs/Seminarkurs_ergaenzte_Fassung_Januar_2015.pdf
- Lederman, N. G. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29 (4), 331-359
- Lederman, N. G. (2006). Syntax of Nature of Science within Inquiry and Science Instruction. In L. B. Flick & N. G. Lederman (Eds.), *Scientific Inquiry and Nature of Science. Implications for Teaching, Learning, and Teacher Education*. Dordrecht: Springer, 301-317
- Lederman, N. G. (2007). Nature of Science: Past, Present, and Future. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of Research on Science Education*. New York, London: Routledge, 831–879
- Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., & Schwartz, R.S. (2002). Views of Nature of Science Questionnaire: Toward Valid and Meaningful Assessment of Learners' Conceptions of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39 (6), 497-521
- Lederman, N. G. & Lederman, J. S. (2014). Research on Teaching and Learning of Nature of Science. In N. G. Lederman & S. K. Abell (Eds.), *Handbook of Research on Science Education, Volume II*. New York, Abingdon: Routledge, 600-620
- Oser, F. K. & Baeriswyl, F. J. (2001). Choreographies of Teaching: Bridging Instruction to Learning. In V. Richardson (Ed.), *Handbook of Research on Teaching*. Washington, D.C.: American Educational Research Association, 1031-1065
- Pfläging, M., Richter, D. & Borowski, A. (2020). Entwicklung einer Fortbildung zur Veränderung des Wissenschaftsverständnisses. In S. Habig (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Kompetenz in der Gesellschaft von morgen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Wien 2019*. Universität Duisburg-Essen, 1059-1062
- Rock, H. M. (2017). *The Effect of Face-to-Face versus Online Pedagogy-Based Professional Development on Student Learning Outcomes* (dissertation). Grand Canyon University
- Rzejak, D. & Lipowsky, F. (2020). Fort- und Weiterbildung im Beruf. In C. Cramer, J. König, M. Rothland & S. Blömeke (Hrsg.), *Handbuch Lehrerinnen- und Lehrerbildung*. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt, 644-651
- Schwarzer-Petruck, M. (2014). *Emotionen und pädagogische Professionalität. Zur Bedeutung von Emotionen in Conceptual-Change-Prozessen in der Lehrerbildung*. Wiesbaden: Springer VS
- Timperley, H., Wilson, A., Barrar & H., Fung, I. (2007). *Teacher Professional Learning and Development, Best Evidence Synthesis Iteration [BES]*. New Zealand Ministry of Education
- Weirauch, K. (2017). *Neue Herausforderungen an die professionellen Kompetenzen von Chemie-Lehrkräften durch die Implementation von Seminarfächern* (Dissertation). Julius-Maximilians-Universität Würzburg

Markus Obczovsky¹
 Thomas Schubatzky²
 Claudia Haagen-Schützenhöfer¹

¹Universität Graz
²Universität Innsbruck

Unterrichtskonzeptionen als Lerngelegenheiten in der Lehramtsausbildung

Problemstellung

In der deutschsprachigen Physikdidaktik etablierte sich das Entwickeln von Unterrichtskonzeptionen – kohärente Lehr-Lern-Sequenzen über mehrere Unterrichtsstunden zu einem Thema (vgl. Wilhelm, Schecker, & Hopf, 2021). Der Einsatz einiger dieser Unterrichtskonzeptionen im Unterricht führte in Evaluationsstudien zu besserem Lernerfolg der Schüler:innen als „traditioneller“ Unterricht (Burde, 2018; Haagen-Schützenhöfer, 2017). Dennoch gibt es Hinweise, dass einige dieser Unterrichtskonzeptionen kaum in die breite Schulpraxis gelangen, bzw. Lehrkräfte im Unterricht lediglich einzelne Elemente, wie Darstellungen, einsetzen (Breuer, Vogelsang, & Reinhold, 2020). Es gibt auch Hinweise darauf, dass Lehrkräfte wesentliche fachdidaktische Ideen der Unterrichtskonzeptionen nicht erkennen oder akzeptieren (Breuer, 2021; Obczovsky, Haagen-Schützenhöfer, & Schubatzky, 2021). Dadurch bleibt das Potenzial von Unterrichtskonzeptionen, Erkenntnisse aus der fachdidaktischen Forschung in die Schulpraxis zu bringen, ungenutzt. Für eine Dissemination fachdidaktischer Forschung durch Unterrichtskonzeptionen ist es nicht ausreichend, diese Unterrichtskonzeptionen nur verschriftlicht zur Verfügung zu stellen. Der Umgang mit Unterrichtskonzeptionen sollte daher auch in Lehreraus- und -weiterbildung verankert werden (Breuer, 2021).

Theoretischer Hintergrund

Unterrichtsmaterialien – schriftlichen Ressourcen, die intendiert sind, Lehrkräfte beim Gestalten von Unterricht zu unterstützen – spielen eine wesentliche Rolle für die Vorbereitung von Unterricht (Remillard, 2005). Lehrkräfte transformieren Unterrichtsmaterialien (*written curriculum*) – abhängig von ihren Einstellungen, ihrem Professionswissen, dem Schulkontext etc. – in eine Unterrichtsvorbereitung (*intended curriculum*) (Stein, Remillard, & Smith, 2007). Dafür müssen sich Lehrkräfte mit den Unterrichtsmaterialien auseinandersetzen, diese interpretieren, über Stärken und Schwächen reflektieren und mithilfe dieser Interpretation unter Berücksichtigung des Schulkontextes, der Lernenden etc. geeignete Lehr-Lernsettings für den Unterricht *designen* (Brown, 2009). Um Lehrkräfte beim Designen von Unterricht zu unterstützen, wird vorgeschlagen fachdidaktische Ideen in Unterrichtsmaterialien zu explizieren (Schneider & Krajcik, 2002) oder bereits angehende Lehrkräfte zu trainieren, über Stärken und Schwächen von Unterrichtsmaterialien zu reflektieren (Beyer & Davis, 2009, 2011).

Forschungsinteresse

In forschungsbasierten Unterrichtskonzeptionen steckt viel fachdidaktisches Wissen über Lehr-Lernprozesse, das (angehende) Lehrkräfte bei den Designentscheidungen der Lehr-Lernsettings im Unterricht unterstützen kann. Im Zuge eines Dissertationsprojektes wird untersucht, wie Studierende dabei unterstützt werden können, sich vertieft mit Unterrichtskonzeptionen

tionen bzw. deren Unterrichtsmaterialien auseinanderzusetzen, um über die Bedeutung verschiedener Charakteristika der Unterrichtskonzeptionen für die Lehr-Lernprozesse zu reflektieren – was angelehnt an Beyer and Davis (2009) als *analysieren* bezeichnet wird.

Entwicklung einer Lehr-Lernumgebung

Um Studierende dabei zu unterstützen, Unterrichtsmaterialien zu analysieren wurde eine Lehr-Lernumgebung in einem Design-based Research (DBR) Ansatz als Teil einer fachdidaktischen Lehrveranstaltung (3 Semesterwochenstunden (SWS)) des 4. Fachsemesters des Physiklehramtsstudiums entwickelt. Entsprechend der Stellung im Curriculum handelt es sich bei dieser Lehrveranstaltung (Fachdidaktik E-Lehre, Magnetismus & Optik) um die dritte physikdidaktische Lehrveranstaltung.

DBR etablierte sich in der didaktischen Forschung als ein Genre von Forschungsansätzen, um theoretisch gut fundierte Lösungsansätze – z. B. in Form von Lehr-Lernumgebungen – für Probleme in der Praxis zu entwickeln und auch deren Wirkungsweise zu untersuchen (vgl. Barab & Squire, 2004). Projekte, die einem DBR Ansatz folgen sind typischerweise iterativ und umfassen mehrere Entwicklungs- bzw. Forschungszyklen (McKenney & Reeves, 2018).

Für die Entwicklung der Lehr-Lernumgebung wurde in einer Literaturrecherche der Professionalisierungsgegenstand – das Analysieren von schriftlichen Ressourcen – spezifiziert (vgl. Prediger, 2019), um sowohl dessen Ist-Stand als auch dessen Soll-Stand bei Lehramtsstudierenden zu skizzieren. Basierend darauf wurden Lernziele sowie Designannahmen formuliert. Wobei wir Designannahmen als gut begründete Annahmen darüber verstehen, wie ein Weg zum Lernziel (vgl. *hypothetical learning trajectory* von Simon (1995)) gestaltet werden kann. Eine prototypische Lehr-Lernumgebung wurde ein erstes Mal im WS 21/22 implementiert (n=8) und ein zweites Mal – überarbeitet – im SS 22 (n=13). In einem Mixed-Methods Ansatz werden Daten aus problemzentrierten Interviews, Lernprodukten und Akzeptanzbefragungen inhaltsanalytisch nach Kuckartz (2018) ausgewertet und trianguliert, um lokale Theoriebeiträge zu entwickeln: Wie unterstützt die Lehr-Lernumgebung Studierende im gegebenen Kontext, Analysestrategien zu lernen und welche Schwierigkeiten ergeben sich für Studierende?

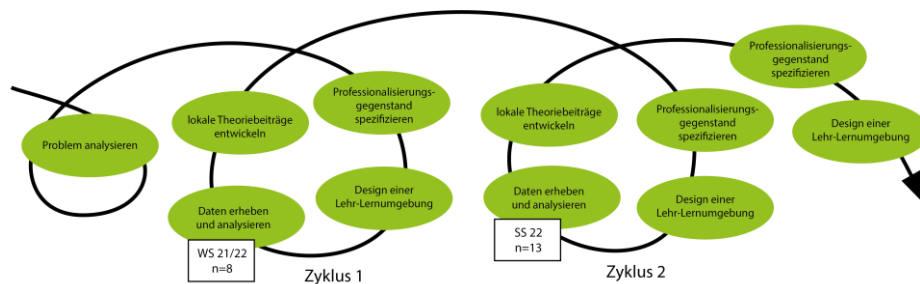


Abb. 1: Schematische Darstellung des zyklischen Ablaufs des Design-based Research Projekts

Die prototypische Lehr-Lernumgebung

Die vorläufige prototypische Lehr-Lernumgebung umfasst momentan sieben Seminareinheiten zu je 135 Minuten mit diversen Lehrsequenzen und Aktivitäten. In der Lehr-Lernumgebung werden Studierende dabei unterstützt, eine Heuristik zu entwickeln Unterrichtsmaterialien systematisch hinsichtlich verschiedener fachdidaktischer Aspekte (z. B. Inhalte, Repräsentationsformen, ...) zu analysieren, um über die Bedeutung verschiedener Charakteristika für Lehr-Lernprozesse zu reflektieren. Im Zuge der Lehr-Lernumgebung sollen außerdem die folgenden Ideen über Unterrichtskonzeptionen aufgebaut werden:

- Unterrichtskonzeptionen sind eine Unterstützung beim Gestalten von Unterricht.
- Unterrichtskonzeption sind gut durchdacht und zusammenhängend.
- Unterrichtskonzeption basieren auf fachdidaktischen Überlegungen.
- Es gibt evidenzbasierte Unterrichtskonzeptionen.
- Aus Unterrichtskonzeptionen kann man etwas über Lehr-Lernprozesse lernen.

Zu Beginn der ersten Seminareinheit werden verschiedene Arten von Unterrichtsmaterialien (z. B. Arbeitsblätter aus dem Internet, wissenschaftliche Publikationen, ...) als mögliche Unterstützung zur Gestaltung von Unterricht gemeinsam diskutiert – mit einem besonderen Fokus auf Unterrichtskonzeptionen. Im nächsten Schritt wird die empirisch geleitete Entwicklung einer exemplarischen Unterrichtskonzeption – der Frankfurt/Grazer Optikkonzeption (Haagen-Schützenhöfer, 2016) – skizziert und der Einfluss gut fundierter fachdidaktischer Überlegungen auf verschiedene Charakteristika der Unterrichtskonzeption erarbeitet. Diese Charakteristika werden als Essenzielle Features einer Unterrichtskonzeption eingeführt. Um den Blick der Studierenden systematisch auf verschiedene fachdidaktische Charakteristika von Unterrichtsmaterialien zu lenken und über deren Bedeutung für die Lernprozesse der Schüler:innen zu reflektieren, wird der REF (Repräsentation Essenzieller Features)-Raster als Hilfsmittel eingeführt. In einer zweistündigen Gruppenaktivität analysieren Studierende mit diesem REF-Raster und einigen Reflexionsfragen Unterrichtsmaterialien zu der exemplarischen Unterrichtskonzeption. In einer zweiten zweistündigen Gruppenaktivität sollen Studierende die Heuristik fürs Analysieren weiterentwickeln. In dieser Lerngelegenheit analysieren die Studierenden Unterrichtsmaterialien zu einer Unterrichtskonzeption eines anderen inhaltlichen Themas: Elektrizitätslehre mit Potenzial (Burde, 2018). Ob und wie Studierende den REF-Raster einsetzen ist bei dieser Aktivität optional.

Erste Ergebnisse und Ausblick

Die teilnehmenden Studierenden nehmen das systematische Analysieren von Unterrichtskonzeptionen durchwegs als hilfreich wahr. Einige Studierende sehen darin auch einen direkten Nutzen für ihre eigene Unterrichtsvorbereitung. In den qualitativen Daten lassen sich außerdem gute Hinweise darauf finden, dass sich im Laufe der Analyseprozesse die Einstellung der Studierenden zu den beiden Unterrichtskonzeptionen positiv verändert und die Studierenden fachdidaktisches Wissen (FDW) erwerben. Das Analysieren von Unterrichtskonzeptionen in der Lehramtsausbildung als kontextualisierte Lerngelegenheit für FDW scheint durchaus Potential zu haben. Darauf aufbauend lassen sich einige weitere offene empirische Fragestellungen formulieren: Ist es möglich, dass Studierende ein fundiertes FDW durch die Analyse von Unterrichtskonzeptionen erwerben, oder erscheint es sinnvoller, sich erst intensiv mit Unter-

richtskonzeption auseinanderzusetzen, wenn Studierende bereits auf ein vertieftes FDW zurückgreifen können? Welchen Einfluss hat die Kontextualisierung von FDW durch das Auseinandersetzen mit konkreten Unterrichtskonzeption auf das situationale Interesse bzw. die Motivation der Studierenden an derartigen Lerngelegenheiten? Wie beeinflusst die Analyse von Unterrichtskonzeptionen im Lehramtsstudium die Einstellung der Studierenden zu empirisch gut fundierten Unterrichtskonzeptionen für ihren eigenen zukünftigen Unterricht?

Literatur

- Barab, S., & Squire, K. (2004). Design-Based Research: Putting a Stake in the Ground. *Journal of the Learning Sciences*, 13(1), 1–14.
- Beyer, C. J., & Davis, E. A. (2009). Supporting Preservice Elementary Teachers' Critique and Adaptation of Science Lesson Plans Using Educative Curriculum Materials. *Journal of Science Teacher Education*, 20(6), 517.
- Beyer, C. J., & Davis, E. A. (2011). Learning to critique and adapt science curriculum materials: Examining the development of preservice elementary teachers' pedagogical content knowledge. *Science Education*, 96(1), 130–157.
- Breuer, J. (2021). Implementierung fachdidaktischer Innovationen durch das Angebot materialgestützter Unterrichtskonzeptionen: Fallanalysen zum Nutzungsverhalten von Lehrkräften am Beispiel des Münchener Lehrgangs zur Quantenmechanik. *Studien zum Physik- und Chemielernen: Vol. 314*. Berlin: Logos Berlin.
- Breuer, J., Vogelsang, C., & Reinhold, P. (2020). Implementation und Nutzung von Unterrichtsmaterialien im schulischen Unterricht: Eine Bestandsaufnahme der mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächer. *PhyDid.* (1/19), 12–22.
- Brown, M. (2009). Toward a theory of curriculum design and use: Understanding the teacher-tool relationship. In J. T. Remillard, B. A. Herbel-Eisenmann, & G. M. Lloyd (Eds.), *Mathematics teachers at work: Connecting curriculum materials and classroom instruction* (pp. 17–37).
- Burde, J.-P. (2018). Konzeption und Evaluation eines Unterrichtskonzepts zu einfachen Stromkreisen auf Basis des Elektronengasmodells. *Studien zum Physik- und Chemielernen: Band 259*. Berlin: Logos Verlag Berlin.
- Haagen-Schützenhöfer, C. (2016). *Lehr- und Lernprozesse im Anfangsoptikunterricht der Sekundarstufe I* (Kumulierte Habilitationsschrift). Universität Graz, Graz.
- Haagen-Schützenhöfer, C. (2017). Development of Research Based Teaching Materials: The Learning Output of a Course for Geometrical Optics for Lower Secondary Students. In Thomas Greczylo & Ewa Dębowska (Eds.), *Key competences in physics teaching and learning* (pp. 105–116). Springer.
- Kuckartz, U. (2018). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung* (4. Auflage). *Grundlagentexte Methoden*. Weinheim, Basel: Beltz Juventa.
- McKenney, S., & Reeves, T. C. (2018). *Conducting Educational Design Research*. Second edition. | New York : Routledge, 2019. | [First edition: Routledge.
- Obczovsky, M., Haagen-Schützenhöfer, C., & Schubatzky, T. (2021). Use and Fidelity of Implementation of Innovative Curriculum Materials in School Practice. *ESERA 2021*, P., Braga, Portugal.
- Prediger, S. (2019). Design-Research in der gegenstandsspezifischen Professionalisierungsforschung: Ansatz und Einblicke in Vorgehensweisen und Resultate am Beispiel "Sprachbildend Mathematik unterrichten lernen". In M. Hemmer, A.-K. Lindau, C. Peter, M. Rawohl, & G. Schrüfer (Chairs), *HGD-Symposium 2018*. Symposium conducted at the meeting of Hochschulverband für Geographiedidaktik, Münster.
- Remillard, J. T. (2005). Examining Key Concepts in Research on Teachers' Use of Mathematics Curricula. *Review of Educational Research*, 75(2), 211–246.
- Schneider, R. M., & Krajcik, J. (2002). Supporting Science Teacher Learning: The Role of Educative Curriculum Materials. *Journal of Science Teacher Education*, 13(3), 221–245.
- Simon, M. A. (1995). Reconstructing Mathematics Pedagogy from a Constructivist Perspective. *Journal for Research in Mathematics Education*, 26(2), 114–145.
- Stein, M. K., Remillard, J. T., & Smith, M. (2007). How curriculum influences student learning. In F. K. Lester (Ed.), *Second handbook of research on mathematics teaching and learning* (pp. 319–369). Greenwich: Information Age Pub.
- Wilhelm, T., Schecker, H., & Hopf, M. (Eds.) (2021). *Unterrichtskonzeptionen für den Physikunterricht: Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis* (1. Auflage 2021). Berlin: Springer Berlin.

Lukas Mientus¹
 Andreas Borowski¹
 Anna Nowak¹
 Peter Wulff²

¹Universität Potsdam
²PH Heidelberg

Pädagogische Argumentation in Fremd- & Selbstreflexionstexten - Gegenüberstellung zweier Analyseverfahren zur Qualitätseinschätzung

Nach von Aufschnaiter et al. (2019) kann Reflexion als strukturierter und zielorientierter Denkprozess definiert werden. Anlass zur Reflexion kann beispielsweise eine positive oder negative Erfahrung in einer Unterrichtssituation sein (Boud et al., 2005, Dewey, 1933). Für die Messung von Reflexionskompetenz bzw. Reflexivität wurden unterschiedliche Messinstrumente und Reflexionsformate entwickelt und validiert (Tests, Vignetten, Selbstreflexionen, Selbsteinschätzungen etc.). Ein Vorteil dieser Instrumente ist, dass Entwicklungsprozesse von Gruppen oder Individuen sichtbar gemacht werden können. Gleichzeitig bleibt das Problem, dass Aussagekraft und Vergleichbarkeit der einzelnen Untersuchungen zueinander unklar bleiben. Die vorliegende Studie vergleicht daher Qualitätseinschätzungen von Reflexionstexten, welche aus den Analyseergebnissen zweier Messinstrumente (computer-basierte Strukturanalyse sowie Analyse der Reflexionsbreite und -tiefe) gewonnen werden konnten.

Operationalisierung von Reflexion

Nach Nowak et al. (2019) strukturiert sich ein reflexiver Denkprozess in die Beschreibung einer Unterrichtssituation, die begründete Bewertung selbiger, die Formulierung von Alternativen sowie das Ableiten von Konsequenzen für die eigene Professionalisierung. Reflexionen folgen dabei meist bestimmten Reflexionsanlässen, welche sich auf pädagogische, fachdidaktische oder fachliche Probleme beziehen können. Um Reflexionsprozesse zu erfassen, werden oft Formen der Verschriftlichung wie Protokolle oder Essays verwendet, die wichtige Facetten einer Reflexion abbilden (Hatton & Smith, 1995; Pavlovich, 2007; Poldner et al., 2014).

Qualität von Reflexionstexten

Reflexionskompetenz zeigt sich (1) im Abbild der Argumentationsstruktur eines reflexiven Denkprozesses (Korthagen & Kessels, 1999; Mientus et al., eingereicht) und (2) durch das Einnehmen eines begründeten Standpunktes bzgl. des jeweiligen Reflexionsanlasses und das anschließende Aufzeigen von Handlungsperspektiven (Leonhard & Rihm, 2011).

Orientiert an diesen Konzeptualisierungen wurde in der vorliegenden Studie versucht zwei ausgewählte Qualitätsmerkmale genauer zu betrachten: (1) Die Struktur des Reflexionstextes (u.a. Wyss, 2013, Mientus et al., eingereicht) und (2) die Breite der Reflexionsanlässe sowie die Tiefe der Argumentation, welche in externale Ziele (Verbesserung von Schule und Unterricht) und internale Ziele (professionelle Entwicklung der Lehrperson) unterschieden werden (von Aufschnaiter et al., 2019, Nowak et al., eingereicht).

Forschungsanliegen: Übertragbarkeit von Messinstrumenten am Beispiel prüfen

Aus diesem Grund wurden in der vorliegenden Studie zwei validierte Instrumente der Qualitätseinschätzung schriftlicher Reflexionen gegenübergestellt und auf Fremd- und Selbstreflexionstexte angewandt. Um Ergebnisse beider Messinstrumente zu vergleichen, müssen die erhobenen Messergebnisse zusätzlich zueinander in Relation gesetzt werden.

FF 1: Worin unterscheiden sich die Analyseergebnisse für Fremd- und Selbstreflexionstexte nach Anwendung der beiden Messinstrumente?

FF 2: Inwieweit kommen ausgewählte Messinstrumente zu vergleichbaren Qualitätseinschätzungen?

Theoretisch gehen wir von folgenden Zusammenhängen aus: Je strukturierter ein Text und/oder je mehr Ziele / je genauer die Ziele diskutiert werden, desto höherwertiger ist der Reflexionsprozess / ausgeprägter ist die Reflexionskompetenz.

Methode

Zur Prüfung der aufgestellten Forschungsfragen verfassten $N = 30$ Teilnehmende je eine Fremdrelexion zu einem standardisierten Unterrichtsvideo mit Demonstrationsexperimenten und eine Selbstreflexion zu einer selbst gehaltenen Experimentiersituation im Unterricht. Ein auf Fremdrelexionen entwickeltes und validiertes computer-basiertes Testinstrument sowie ein auf Selbstreflexionen entwickelt und validiertes qualitatives Instrument wurde auf alle 60 Reflexionstexte (30 Selbst- und 30 Fremdrelexionen) angewandt, um die jeweilige Qualitätseinschätzung vergleichen zu können. Auf diese Weise ist einerseits ein Vergleich von Selbst- und Fremdrelexionstexten (FF1) und andererseits ein Vergleich der Instrumente (FF2) möglich.

Computerbasierte Strukturanalyse als Qualitätsmerkmal

Mittels eines vortrainierten Machine-Learning-Modells (Wulff et al., 2022) wurden alle Textesatzweise den Elementen einer Reflexion nach Nowak et al. (2019) zugeordnet. Auf Basis einer expertenhaften Reflexion der Unterrichtsvideographie wurde für jeden Text ein Level of Structure (LOS) als Maß der Übereinstimmung der analysierten ‚ist-Struktur‘ mit der zuvor bestimmten ‚soll-Struktur‘ errechnet, welcher nicht nur prozentuale Anteil der Elemente im Text, sondern auch dessen Position berücksichtigt. Der errechnete LOS repräsentiert die Qualität der Argumentationsstruktur eines Reflexionstextes (siehe Mientus et al., 2021)

Qualitative Analyse der Reflexionsbreite / -tiefe als Qualitätsmerkmal

Reflexionstiefe zeigt sich unter anderem darin, dass ein Reflexionsanlass angemessen begründet beschrieben und bewertet wird und dazu passende (1) Alternativen ausführlich diskutiert werden, mit dem Ziel der Verbesserung des eigenen Unterrichts (external) und (2) Konsequenzen ausführlich diskutiert werden, mit dem Ziel der eigenen professionellen Entwicklung (internal). Alle Texte wurden hierzu segmentiert, Reflexionsanlässe identifiziert und diese anlassbezogen kodiert und quantisiert (Interraterreliabilität $\kappa > .70$). Jedem Reflexionsanlass (positiv oder negativ; internal oder external) wurde ein Wert zwischen 0 und 1 zugeordnet. Die Reflexionsbreite des gesamten Textes stellt sich als Summe der identifizierten Reflexionsanlässe dar, die mittlere Reflexionstiefe als Mittelwert des Scorings aller Argumentationen. Als Gesamtqualitätseinschätzung wurde das Produkt aus Breite und Tiefe berechnet, um beide Qualitätsmerkmale zu berücksichtigen.

Zusammenfassung der Ergebnisse

Abbildung 1 veranschaulicht die Ergebnisse beider Instrumente für beide Stichproben. Zu erkennen ist, dass der deskriptive Anteil in Selbstreflexionen größer auszufallen scheint als in den Fremdrelexionen, welche zu einem standardisierten Videomitschnitt verfasst wurden. Der Anteil der Bewertungen, formulierten Alternativen oder Konsequenzen unterscheidet sich für die vorliegende Stichprobe nicht signifikant. Ebenso zeigt die qualitative Analyse keine nennenswerten Unterschiede im Bereich der external reflektierten Anlässe und bei den positiv bewerteten Situationen, welche mit dem Ziel der eigenen professionellen Entwicklung diskutiert wurden. Lediglich internal-negative Reflexionsanlässe wurden in Selbstreflexionen signifikant häufiger formuliert.

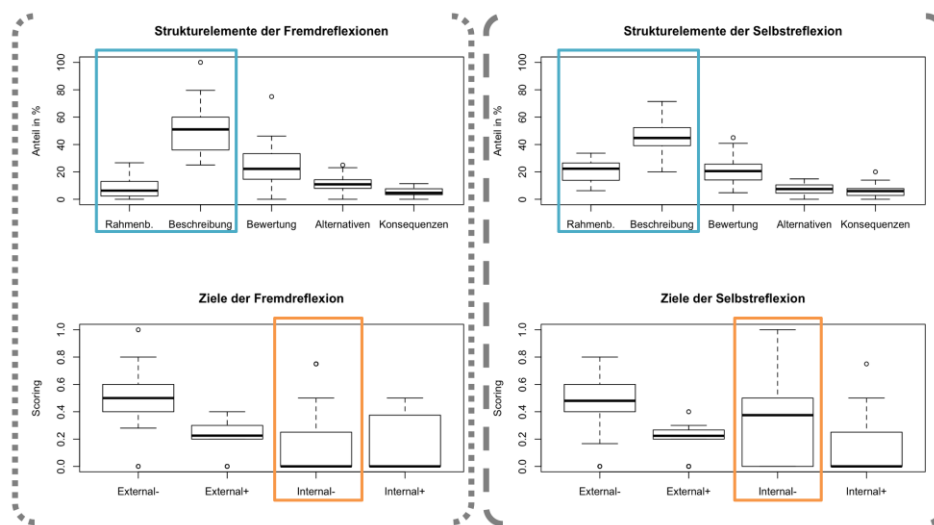


Abb. 1: Vergleich von computer-basierter Analyse (oben) und qualitativer Analyse (unten) in Fremd- (links) und Selbstreflexionen (rechts)

Werden nun der computer-basierte LOS sowie das Produkt aus der Breite der Reflexionstexte (Summe der Reflexionsanlässe) und der Reflexionstiefe im Text (mittlere Tiefe der Reflexionsanlässe) verglichen, so korrelieren computer-basierte Analyse und qualitative Analysen bei Selbstreflexionstexten signifikant positiv. Lediglich bei den internal-negativen Reflexionsanlässen besteht eine signifikant positive Korrelation zum LOS auch bei den Fremdreflexionen, so dass sich nicht eindeutig identifizieren lässt, inwieweit die Messinstrumente für die Fremdreflexionen allgemeingültig sind oder der validierte LOS auf Textklassifikationen internal-negativer Reflexionsanlässe sensitiv reagiert. Nichtsdestotrotz ergeben Rangsummentests im Instrumentenvergleich für beide Stichproben vergleichbare Platzierungen, sodass geschlossen werden kann, dass beide Testinstrumente die Qualität der pädagogischen Argumentation in Selbst- und Fremdreflexionen vergleichbar abbilden können. Neben den jeweiligen Validierungen der Instrumente selbst stellt die vorliegende Studie ein zusätzliches Validitätsargument für beide Instrumente dar.

Literatur

- Boud, D., Keogh, R., & Walker, D. (1994). *Reflection: Turning Experience into Learning*. New York: Nichols Publishing Company.
- Dewey, J. (1933). *How We Think: A Restatement of the Relation of Reflective Thinking to the Educative Process*. Boston, MA, & New York: D.C. Heath & Co.
- Hatton, N., & Smith, D. (1995). Reflection in Teacher Education: Towards Definition and Implementation. *Teaching and Teacher Education, 11* (1), 33–49. [https://doi.org/10.1016/0742-051X\(94\)00012-U](https://doi.org/10.1016/0742-051X(94)00012-U).
- Korthagen, F.A., & Kessels, J. (1999). Linking theory and practice: changing the pedagogy of teacher education. *Educational Research, 28*(4), 4–17.
- Leonhard, T., & Rihm, T. (2011). Erhöhung der Reflexionskompetenz durch Begleitveranstaltungen zum Schulpraktikum? – Konzeption und Ergebnisse eines Pilotprojekts mit Lehramtsstudierenden. *Lehrerbildung auf dem Prüfstand, 4* (2), 240-270.
- Mientus, L., Wulff, P., Nowak, A. & Borowski, A. (2021): Zusammenhänge zwischen Reflexionskompetenz und Facetten professioneller Handlungskompetenz angehender Physiklehrkräfte. In: Habig, S. (Hrsg.), *Naturwissenschaftlicher Unterricht und Lehrerbildung im Umbruch?. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung 2020*, 226 – 229. RWTH Aachen.
- Mientus, L., Wulff, P., Nowak, A. & Borowski, A. (eingereicht).
- Nowak, A., Kempin, M., Kulgemeyer, C. & Borowski, A. (2019). Reflexion von Physikunterricht. In Maurer, C. (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe (S. 838–841)*. *Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Kiel 2018*. 838-841. Universität Regensburg.
- Nowak, A., Mientus, L., Wulff, P. & Borowski, A. (eingereicht)
- Pavlovich, K. (2007). The development of reflective practice through student journals. *Higher Education Research & Development, 26*(3), 281–295. <https://doi.org/10.1080/07294360701494302>.
- Poldner, E., van der Schaaf, M., Simons, P.R.-J., van Tartwijk, J., Wijngaards, G. (2014). Assessing student teachers' reflective writing through quantitative content analysis. *European Journal of Teacher Education, 37*(3), 348–373.
- von Aufschnaiter, C., Fraij, A., & Kost, D. (2019). Reflexion und Reflexivität in der Lehrerbildung. Herausforderung Lehrer*innenbildung - Zeitschrift Zur Konzeption, Gestaltung Und Diskussion, 2(1), 144–159. <https://doi.org/10.4119/hlz-2439>.
- Wulff, P., Buschhüter, D., Westphal, A., Nowak, A., Becker, L., Robalino, H., Stede, M., & Borowski, A. (2020). Computer-Based Classification of Preservice Physics Teachers' Written Reflections. *Journal of Science Education and Technology, 30*(1), 1–15. <https://doi.org/10.1007/s10956-020-09865-1>.
- Wyss, C. (2013). *Unterricht und Reflexion: Eine mehrperspektivische Untersuchung der Unterrichts- und Reflexionskompetenz von Lehrkräften*. Münster: Waxmann.

Jonas Tischer¹
 Christin Sajons¹
 Michael Komorek¹

¹Universität Oldenburg

Komplementär vernetzte formale und non-formale MINT-Bildung

Die Probleme, Herausforderungen und Themenfelder, mit denen Kinder und Jugendliche in der Zukunft und auch bereits jetzt konfrontiert werden, sind vielfältig, interdisziplinär und vor allem komplex. Klimawandel, Energieversorgung, Globalisierung, Digitalisierung, etc. sind nur einige der komplexen Herausforderungen (vgl. Wettstädt & Asbrand, 2014); sie bieten jedoch auch Chancen. Die Umsetzungen von Lösungen sind nicht 'eindimensional', sondern die entsprechenden Herausforderungen müssen multiperspektivisch unter Berücksichtigung vieler Einflüsse und Faktoren angegangen werden. Bildung muss auf diese Herausforderungen vorbereiten. Es muss in Schule und außerschulisch die Möglichkeit geboten werden, komplexe Themenfelder zu bearbeiten und daran zu lernen (Ohl, 2018). Durch eine erhöhte Relevanzwahrnehmung kann der Umgang mit komplexen Themen im Lernprozess sogar motivieren (Lewalter & Geyer, 2009). Schulen jedoch sind an Fächern orientiert und bieten nur selten interdisziplinäre Herangehensweisen. Hier können außerschulische Lernorte unterstützen, da diese häufig überfachliche Kontexte heranziehen und damit interdisziplinäre und komplexe Themenfelder zu bearbeiten helfen können. Jedoch ist ein alleiniger Lernortbesuch häufig nicht nachhaltig, sofern der Lernortbesuch nicht im Unterricht vor- und nachbereitet wird und damit kognitiv nicht gut eingebettet ist (Guderian, 2006; Klees & Tillmann, 2015).

Verknüpft man zudem mehrere Lernortbesuche und den Fachunterricht miteinander, ließe sich Lernen in komplexen Zusammenhängen nachhaltiger gestalten. Im von der Deutschen Telekom Stiftung geförderten Projekt ReBiS (Regionales MINT-Bildungsökosystem Wilhelmshaven – Friesland – Oldenburg) wird diesem Ziel nachgegangen und ein Konzept entwickelt, bei dem miteinander inhaltlich vernetzte außerschulische Bildungsangebote zu einem gemeinsamen komplexen Oberthema in Fachunterrichte eingebettet werden.

Komplementäre Vernetzung im Bildungsökosystem

Aus der Idee heraus, mehrere non-formale Bildungsangebote verschiedener außerschulischer Lernorte miteinander zu verknüpfen, ist das Konzept der komplementären Vernetzung (Richter, Sajons, Gorr, Michelsen & Komorek, 2018) entstanden. Diese Form der Vernetzung außerschulischer Lernorte geht über eine rein organisatorische Vernetzung hinaus, denn die Lernangebote beziehen sich inhaltlich explizit aufeinander. Dabei werden die unterschiedlichen Ansätze und fokussierten Perspektiven der Lernorte als Stärken genutzt, da im komplementär vernetzten Gesamtangebot das Oberthema seiner Komplexität und Multiperspektivität angemessen von den Schüler:innen bearbeitet werden kann.

In einer Projektwoche (Pilotstudie) zum Thema „Herausforderung Leben im Klimawandel“ (Sajons & Komorek, 2020) wurde das Konzept erstmals mit fünf Schulklassen erprobt; an fünf außerschulischen Lernorten aus dem Raum Wilhelmshaven/Friesland (Küstenmuseum, botanischer Garten mit dem Verein grün&bunt, Regionales Umweltzentrum Schortens, Lernort Technik und Natur, Wattenmeer Besucherzentrum) konnten die Schüler:innen na-

turwissenschaftliche, soziale, ethische, politische, ökonomische, ökologische und weitere Perspektiven auf das Oberthema 'Herausforderung leben im Klimawandel' einnehmen. Dabei haben fünf Schulklassen an den ersten vier Tagen der Projektwoche jeweils einen Lernort besucht und am fünften Tag ihre Erfahrungen in der Schule aufgearbeitet und reflektiert. Als Hilfe für die Umsetzung ist eine Handreichung (Zinn, 2019) entwickelt worden, in der die Verknüpfungen zwischen den Angeboten der Lernorte aufgezeigt worden sind. Vorschläge für die Reflexion ergänzten dies. In der empirischen Begleitung der Projektwoche (Tischer, 2020) hat sich auf Seiten der Schüler:innen eine Steigerung ihres Fachwissens in den Bereichen Klima und Klimawandel gezeigt; gleichzeitig ist eine Steigerung ihrer Relevanzwahrnehmung und ihres Zusammenhangswissen erkennbar gewesen. Die Schüler:innen konnten die spezifischen Perspektiven der Lernangebote weitgehend einnehmen und verknüpfen. Es wurde jedoch deutlich, dass die kognitive Beanspruchung durch die hohe Dichte der Projektwoche zu hoch war, was teilweise zu Überforderungen führte. Die Lehrkräfte (Zinn, 2019) haben zudem deutlich gemacht, dass eine Einbettung der Lernortbesuche in den Unterricht in nur sehr begrenztem Umfang möglich war, sie stellten aber heraus, dass die Schüler:innen die Komplexität des Oberthemas aufgrund der Angebote der Projektwoche erfassen konnten (Zinn, 2019).

Das Konzept der vernetzten außerschulischen Lernangebote wird im aktuellen Projekt weiterentwickelt. Die Ergebnisse der Projektwoche haben dazu geführt, die non-formalen Angebote über einen längeren Zeitraum in den schulischen Fachunterricht einzubetten. Als Zeitrahmen dienen zwei Schuljahre, in denen die Lernortangebote zu einem übergeordneten Themenfeld in verschiedene Fachunterrichte eingebunden werden. Dadurch, dass sich sowohl die sechs mitwirkenden Lernorte untereinander und mit den vier teilnehmenden Schulen kontinuierlich abstimmen, soll ein dynamisches 'Bildungsökosystem' entstehen.

Dieses zusammenhängende Bildungsangebot, das im Bildungsökosystem neu entsteht, weist in mehrfacher Hinsicht eine hohe Komplexität auf. Zum einen sind die angebotenen Themen an sich bereits multidisziplinär und komplex. Zum anderen ist die Struktur des Projekts komplex, denn verschiedene Fachunterrichte, die bislang keine Verbindung aufgewiesen haben, werden verknüpft und interagieren mit den beteiligten außerschulischen Lernorten. Für die Schüler:innen besteht eine gewisse Herausforderung, die komplexen Themenfelder zu erfassen (gemäß Pilotstudie sind sie dazu in der Lage, sofern die Lernortbesuche und Inhalte zeitlich komprimiert angeboten werden). Für Lehrkräfte besteht die Herausforderung darin, mit vielen schulischen und außerschulischen Akteuren über einen langen Zeitraum zu interagieren.

Die Komplexitäten und der Umgang damit auf Seiten der Schüler:innen, der Lehrkräfte und der Lernortbetreibenden ist ein Gegenstand der Begleitforschung. Doch wird auch in der didaktischen Strukturierung versucht, die Komplexität des längerfristigen Projekts besser handhabbar zu machen. Durch eine 'übergeordnete Aufgabe', die die Schüler:innen zu Beginn entwickeln und über den gesamten Zeitraum immer weiter bearbeiten, soll ein starker Bezug zwischen den einzelnen Lernortbesuchen und deren schulische Einbettung geschaffen werden. Dabei soll die Multiperspektivität herausgestellt werden. Für die Schüler:innen kann die Aufgabe z. B., darin bestehen, eine (digitale) Wandzeitung zu entwickeln, eine Reportage zu gestalten oder eine Fotostory durchzuführen. Ein Produkt also, das über zwei Jahre wächst, zur Vergewisserung dient und als Hilfe, den jeweils nächste Lernortbesuch in das schon Entstandenen einzuordnen. Die Aufgabe fungiert also als ein Advanced Organizer.

Erprobung im Set Wilhelmshaven

Die Umsetzung und Erprobung bezieht sich auf die beiden Schuljahre 22/23 und 23/24. Neun Schulklassen aus vier Schulen aus dem Raum Wilhelmshaven/Friesland nehmen daran teil, die Integrierte Gesamtschule Wilhelmshaven, das Neue Gymnasium Wilhelmshaven, und die Oberschulen in Varel und in Wilhelmshaven Mitte. Dabei handelt es sich um Schüler:innen aus den Jahrgängen 5-8. Zudem nehmen die bereits in der Pilotstudie aktiven Lernorte in Wilhelmshaven und Friesland teil. Auch die Oldenburger Schülerlabore OLELA wirken mit.

Zu Oberthemen wie 'Nachhaltige Nutzung von Rohstoffen', 'Herausforderung Leben im Klimawandel', 'Kunststoffe – Fluch und Segen', 'Konsum und seine Folgen' u. a. entwickeln die Schulen bzw. die Fachlehrkräfte Konzepte, wie sie diese Themenfelder im Unterricht vorbereiten, dann an den außerschulischen Lernorten vertiefen sowie im Unterricht nachbereiten können. Die Dramaturgie besteht darin, dass das gewählte Oberthema im Unterricht bis zu einem Punkt vorbereitet wird. An diesem wird deutlich, dass die Klasse jetzt einen weiteren Erfahrungsort benötigt, eben den außerschulischen Lernort. Nur dort gibt es ein Angebot, das der Klasse in ihrem fachlichen Entwicklungsprozess weiterhilft. Am außerschulischen Lernort werden spezifische Erfahrungsmöglichkeiten genutzt, die in der Schule nicht vorhanden sind. Aber auch hier wird darauf hingearbeitet, dass im nächsten Schritt wieder in der Schule gearbeitet werden muss, z.B. um einen physikalischen Zusammenhang systematisch, etwa mit Experimenten zu erforschen. Auf diese Weise geht es dann mit derselben Klasse in einem anderen Fachunterricht und einem anderen non-formalen Angebot ein, zwei Monate später weiter.

Begleitstudie

In der empirischen Begleitstudie stehen bei der Erforschung dieser langfristigen Lernprozesse auf Seiten der Schüler:innen Fragen nach ablaufenden fachbezogenen Handlungen und Kognitionen, nach der Entwicklung ihres Komplexitätsverständnisses und nach der Entwicklung von Zusammenhangswissen im Fokus. Ebenso wird dem Denken in fachlichen Perspektiven nachgegangen. Auf Seiten der Lehrkräfte interessieren vor allem ihre subjektiven Überzeugungen von Vernetzbarkeit außerschulischer Lernangebote mit schulischem Fachunterricht sowie ihre Erwartungen bzgl. der ablaufenden Prozesse auf Schülerseite.

Methodisch wird ein ethnografisches Vorgehen (vgl. Thomas, 2019) gewählt. Dafür werden Vor- und Nachbereitung an den Schulen und die Besuche der Lernorte begleitet. Besondere Situationen und Handlungen werden erfasst, die Auskunft hinsichtlich der Forschungsfragen geben. Dafür werden spezielle Beobachtungsraster entwickelt, die Feldnotizen entsprechend der Forschungsfragen sortieren. In Phasen der teilnehmenden Beobachtungen kommt man mit den Schüler:innen während der Angebote ins Gespräch, wodurch Audiomitschnitte entstehen. Zusätzlich werden qualitative halbstrukturierte und problemzentrierte Interviews mit Schüler:innen und Lehrkräften geführt und inhaltsanalytisch ausgewertet (Kuckartz, 2018). Auch quantitative Instrumente wie Fragebögen mit allen Schüler:innen kommen zum Einsatz. Zwischenergebnisse werden in den laufenden Prozess in gemeinsamen Sitzungen mit Lehrkräften und den Lernortbetreibenden eingespeist.

Literatur

- Guderian, P. (2006). *Wirksamkeitsanalyse außerschulischer Lernorte Der Einfluss mehrmaliger Besuche eines Schülerlabors auf die Entwicklung des Interesses an Physik*. Dissertation. Berlin: Humboldt-Universität.
- Kuckartz, U. (2018). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computer-unterstützung*. Weinheim: Beltz Juventa.
- Klees, G. & Tillmann, A. (2015). Design-Based Research als Forschungsansatz in der Fachdidaktik Biologie. In *Journal für Didaktik der Biowissenschaften*. (6) S. 991-110.
- Lewalter, D. & Geyer, C. (2009). Motivationale Aspekte von schulischen Besuchen in naturwissenschaftlich-technischen Museen. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 12, 28-44.
- Ohl, U. (2018). *Herausforderung und Wege eines systematischen Umgangs mit komplexen Themen in der schulischen Nachhaltigkeitsbildung*. In T. Pyhel (Hrsg.): *Zwischen Ohnmacht und Zuversicht? Vom Umgang mit Komplexität in der Nachhaltigkeitskommunikation*, S. 131-146. München: Oekom Verlag.
- Richter, C., Sajons, C., Gorr, C., Michelsen, C. & Komorek, M. (2018). *Vernetzung außerschulischer GINT-Lernorte*. In C. Maurer (Hrsg.), *Qualitätsvoller Chemie - und Physikunterricht - normative und empirische Dimensionen GDCP-Jahrestagung Regensburg 2017* (S. 648-651). Universität Regensburg.
- Sajons, C. & Komorek, M. (2020). *Außerschulische Lernangebote komplementär vernetzen und evaluieren*. In S. Habig (Hrsg.), *Tagungsband GDCP 2019: Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen*. (Bd. 40, S. 709-712). Wien: GDCP.
- Thomas, S. (2019). *Ethnografie Eine Einführung*. Wiesbaden: Springer VS.
- Tischer, J. (2020). *Schülerkognitionen in einer komplementär vernetzten außerschulischen Lernumgebung – Die Projektwoche „Herausforderung Leben im Klimawandel“*. Masterarbeit. Oldenburg: Universität Oldenburg.
- Wettstädt, L. & Asbrand, B. (2014). Handeln in der Weltgesellschaft. Zum Umgang mit Handlungsaufforderungen im Unterricht zu Themen des Lernbereichs globale Entwicklung. In: *Zeitschrift für internationale Bildungsforschung und Entwicklungspädagogik*, 37. S. 4-12.
- Zinn, I. (2019). *Konzeption und empirische Begleitung einer komplementären Projektwoche „Herausforderung Leben im Klimawandel“*. Masterarbeit. Oldenburg: Universität Oldenburg.

Tim Billion-Kramer¹
 Marco Longhitano²
 Judith Arnold²
 Markus Rehm³

¹PH Ludwigsburg
²PH Schwyz
³PH Heidelberg

Vignetten zu naturwissenschaftlichen Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen im NMG- und Sachunterricht

Naturwissenschaftliche Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen

Naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen gelten als eine zentrale Komponente von Scientific Literacy. Der Perspektivrahmen Sachunterricht (Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts [GDSU], 2013, S. 12) verbindet das Verstehen von Phänomenen der belebten und unbelebten Natur mit der Aneignung naturwissenschaftlicher Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen: „Ohne entsprechende Verfahren kann man keinen Inhalt erschließen, und umgekehrt ist es auch nicht möglich, abstrakt und inhaltsfrei Methoden oder Verfahren durchzuführen.“ Zudem ermöglicht ein prozessbezogener Zugang zur naturwissenschaftlichen Perspektive des Sachunterrichts selbstständige und selbstgesteuerte Lernprozesse (GDSU, 2013). Lehrkräfte sollten somit über entsprechendes Professionswissen zu naturwissenschaftlichen Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen im NMG- und Sachunterricht verfügen.

Professionelle Unterrichtswahrnehmung

Professionelle Unterrichtswahrnehmung (PU) gilt als Schlüssel zur Steigerung von Unterrichtsqualität. Lehrkräfte müssen in komplexen Unterrichtssituationen u.a. auf Basis fachdidaktischer Kompetenz und fundiertem Fachwissen lernförderliche und -hinderliche Elemente erkennen, um angemessen reagieren zu können. Das Konstrukt PU ist abgeleitet vom Konstrukt „Professional Vision“ des Anthropologen Charles Goodwin (1994) wird im Rahmen der Professionalisierung von Lehrkräften als Teil der Expertise im Beruf (Seidel et al., 2011; Seidel, 2022). Seidel et al. (2010) schlagen vor, die PU als selektive Aufmerksamkeit (Noticing) und als kognitiven Verarbeitungsprozess der Wahrnehmung (Reasoning) zu beschreiben. Noticing beschreibt dabei die Fähigkeit, die Aufmerksamkeit auf eine relevante Situation während des Unterrichts zu richten, während Reasoning die Fähigkeit beschreibt, diese Situation anhand einer kognitiven Informationsverarbeitung reflektiert zu bewerten.

Situierte Erhebungen zur Erfassung von Professionswissen

Um ein solches lernwirksames Professionswissen den Fachdidaktiken einer empirischen Prüfung zugänglich zu machen und keine handlungsfernen Artefakte zu erheben, legen aktuelle Forschungsansätze nahe, kontextualisierte und situationsspezifische Testaufgaben zu verwenden (König, 2015). Hierfür bieten sich schriftliche Unterrichtsvignetten, d. h. kurze, authentische Beschreibungen von Unterrichtssituationen als Testaufgaben an, wodurch die Erfassung des Professionswissens in einem möglichst realitätsnahen Bezugsrahmen stattfindet (vgl. Shavelson, 2013). Solche Testverfahren bieten die Möglichkeit Handlungsoptionen offen oder geschlossen zu erheben. Sofern vorgegebene Handlungsoptionen bewertet werden müssen, wird das Testverfahren von (Oser et al., 2010) als „advokatorische Kompetenzmessung“ bezeichnet. Grundsätzliches Problem des Einsatzes von Vignetten ist ferner die Gratwanderung

zwischen möglichst authentischen und somit detailliert zu beschreibenden Unterrichtssequenzen einerseits und einer Fokussierung auf die zu erhebende Konstruktfacette andererseits (z.B. Friesen et al., 2018). Für die situierte Erfassung eines solchen Professionswissens bei Sachunterrichts- bzw. NMG-Lehrkräften mangelt es derzeit insbesondere an quantitativen Instrumenten. Ein entsprechendes Instrument entwickelt das Projekt ESci-P (Explore Scientific Inquiry – Primary).

Zielstellung des Projekts ESci-P

Aus einem Desiderat quantitativ und zugleich situiert prüfender Instrumente naturwissenschaftlichen Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen ergibt sich das folgende Ziel: Es soll ein quantitatives Instrument zur möglichst realitätsnahen und situierten Erhebung des Professionswissens von Grundschullehrkräften entwickelt werden. Dazu werden von den Proband:innen Handlungsoptionen zu kurzen Unterrichtssequenzen (Vignetten) beurteilt. Es interessieren insbesondere die naturwissenschaftlichen Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen (1) *Fragen stellen*, (2) *Untersuchungen planen und durchführen* sowie (3) *Beobachten*.

Testentwicklung

In Anlehnung an Rehm und Bölsterli (2014) wurde versucht, zu den Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen möglichst authentische Unterrichtsbeispiele in schriftlicher Form (Vignetten) darzustellen, die bedeutsame Unterrichtssituationen (z.B. kritische Probleme oder fruchtbare Momente) beinhalten. Mit der Verwendung von Unterrichtsvignetten soll einer zentralen methodischen Herausforderung an die empirische Erfassung professioneller Kompetenz von Lehrkräften begegnet werden: der Berücksichtigung eines authentischen Bezugsrahmens für die Kompetenzerfassung (Shavelson, 2013). Im Gegensatz zu Unterrichtsbeobachtungen lassen sich Vignettentests vergleichsweise zeitökonomisch einsetzen (Billion-Kramer et al., 2020; Rehm & Bölsterli, 2014). Zudem bieten geschlossene Items den Vorteil einer schnellen Durchführung und Auswertung (Tepner & Dollny, 2014). Gleichwohl wird mit einem solchen Verfahren die Tiefe einer real durchgeführten Unterrichtsbeobachtung nicht erreicht. Außerdem fordern geschlossene Items von den Testpersonen nur eine (Wieder-)Erkennungsleistung, die gegenüber einer (Re-)Produktionsleistung durch halboffene Antwortformate als weniger anspruchsvoll gilt (Bortz & Döring, 2009).

Testwertberechnung durch Expertennorm

Zur Testwertberechnung werden die Antworten mit einer Musterlösung von Expert:innen aus Sachunterrichts-, NMG und Naturwissenschaftsdidaktik ($N = 11$; $m = 2$, $d = 0$) verglichen. Der Vignettenscore wird zunächst durch eine Punktwertvergabe auf Itemebene berechnet, die zu einem Gesamtscore pro Vignette addiert werden (vgl. Billion-Kramer et al., 2020; Meschede, 2014).

Stichprobe (Pilotierung)

Die Pilotierungsstichprobe ($N = 243$) besteht aus zwei Gruppen. Einerseits NMG-Studierenden im ersten Semester ($n = 103$), andererseits Lehrkräften im Beruf ($n = 140$). Dabei haben die Lehrkräfte im Beruf jeweils nur sechs der neun Vignetten bearbeitet, die ihnen rotieren zugewiesen wurden. Die Studierenden haben dagegen alle neun Vignetten bearbeitet und für

einen weiteren (für diesen Beitrag noch nicht ausgewerteten) Validierungsschritt schriftliche Begründungen für ihre Antworten gegeben.

Ergebnisse

Die Ergebnisse der Pilotierung (siehe Tab. 1) zeigen bei sechs von neun Vignetten signifikant höhere Testergebnisse bei erfahrenden Lehrkräften, als bei Studierenden im ersten Semester. Zur Denk-, Arbeits- und Handlungsweise (DAH) „Fragen stellen“ zeigen Testwerte bei allen drei Vignetten signifikante Unterschiede, zur DAH „Beobachten“ zwei Vignetten und zu der DAH „Untersuchungen planen und durchführen“ nur eine der Vignetten.

Tab. 1: Pilotierungsergebnisse EScI-P

| V | DAH | | <i>n</i> | <i>M</i> | <i>SD</i> | <i>min</i> | <i>max</i> | <i>df</i> | <i>t</i> | <i>p</i> | <i>d</i> |
|---|-----|-------------|----------|----------|-----------|------------|------------|-----------|----------|----------|----------|
| 1 | Be | Lehrkräfte | 140 | 0.89 | 0.33 | 0 | 2.00 | 231.37 | 2.53 | .012 | 0.32 |
| | | Studierende | 103 | 0.79 | 0.30 | 0 | 1.50 | | | | |
| 2 | Fr | Lehrkräfte | 125 | 0.77 | 0.36 | 0 | 1.67 | 223.05 | 4.28 | <.001 | 0.57 |
| | | Studierende | 103 | 0.58 | 0.33 | 0 | 1.25 | | | | |
| 3 | Un | Lehrkräfte | 136 | 0.71 | 0.32 | 0 | 1.50 | 234.93 | 0.66 | .511 | |
| | | Studierende | 103 | 0.68 | 0.27 | 0 | 1.25 | | | | |
| 4 | Be | Lehrkräfte | 93 | 0.65 | 0.29 | 0 | 1.25 | 186.66 | 1.53 | .128 | |
| | | Studierende | 103 | 0.58 | 0.26 | 0 | 1.00 | | | | |
| 5 | Fr | Lehrkräfte | 90 | 1.06 | 0.28 | 0 | 1.50 | 190.98 | 3.01 | .003 | 0.43 |
| | | Studierende | 103 | 0.93 | 0.32 | 0.25 | 1.50 | | | | |
| 6 | Un | Lehrkräfte | 63 | 0.73 | 0.26 | 0.25 | 1.50 | 117.68 | 1.84 | .012 | 0.31 |
| | | Studierende | 103 | 0.65 | 0.23 | 0.25 | 1.25 | | | | |
| 7 | Be | Lehrkräfte | 69 | 0.75 | 0.49 | 0 | 1.67 | 231.37 | 2.53 | .012 | 0.32 |
| | | Studierende | 103 | 0.69 | 0.38 | 0 | 1.50 | | | | |
| 8 | Fr | Lehrkräfte | 102 | 0.87 | 0.36 | 0 | 2.00 | 193.13 | 3.51 | <.001 | 0.49 |
| | | Studierende | 103 | 0.71 | 0.29 | 0 | 1.25 | | | | |
| 9 | Un | Lehrkräfte | 89 | 0.52 | 0.35 | 0 | 2.00 | 178.76 | .589 | 0.54 | |
| | | Studierende | 103 | 0.69 | 0.38 | 0 | 1.50 | | | | |

Abkürzungen: V = Vignette, DAH = Denk-, Arbeits- und Handlungsweise, Be = Beobachten, Fr = Fragen stellen, Un = Untersuchungen planen und durchführen, M = Mittelwert, SD = Standardabweichung, min = tatsächlich erreichter Minimaltestwert, max = tatsächlich erreichter Maximaltestwert, df = Freiheitsgrade, d = Effektstärke

Zusammenfassung und Ausblick

In einer Pilotierung des Vignettestes EScI-P zu naturwissenschaftlichen Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen wurden Testergebnisse von Lehrkräften im Beruf mit jenen von Studierenden im ersten Semester verglichen. Erwartungskonform zeigen erfahrene Lehrkräfte in Bezug auf ihr Professionswissen zu naturwissenschaftlichen Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen höhere Testergebnisse als Studierende im ersten Semester. Zurzeit laufen weitere Erhebungen mit Lehrkräften und Studierenden, sodass in einem nächsten Schritt und einer größeren Stichprobe Strukturgleichungsmodelle spezifiziert und Dimensionalitätsprüfungen durchgeführt werden sollen. In diesen Strukturgleichungsmodelle werden zudem diskriminante und konvergierende Konstrukte spezifiziert, um so weitere Validierungsschritte des neuentwickelten Instruments durchzuführen.

Literatur

- Billion-Kramer, T., Lohse-Bossenz, H., Dörfler, T. & Rehm, M. (2020). Professionswissen angehender Lehrkräfte zum Konstrukt Nature of Science (NOS): Entwicklung und Validierung eines Vignettestests (EKO-L-NOS). *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*. Vorab-Onlinepublikation. <https://doi.org/10.1007/s40573-020-00112-z>
- Bortz, J. & Döring, N. (2009). Quantitative Methoden der Datenerhebung. In J. Bortz, Bortz-Döring & N. Döring (Hrsg.), *Springer-Lehrbuch Bachelor, Master. Forschungsmethoden und Evaluation: Für Human- und Sozialwissenschaftler ; mit 87 Tabellen* (4. Aufl., S. 137–293). Springer-Medizin-Verl. https://doi.org/10.1007/978-3-540-33306-7_4
- Friesen, M., Kuntze, S. & Vogel, M. (2018). Videos, Texte oder Comics? Die Rolle des Vignettenformats bei der Erhebung fachdidaktischer Analysekompetenz zum Umgang mit Darstellungen im Mathematikunterricht. In J. Rutsch, M. Rehm & M. Vogel (Hrsg.), *Effektive Kompetenzdiagnose in der Lehrerbildung: Professionalisierungsprozesse angehender Lehrkräfte untersuchen* (S. 153–177).
- Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts. (2013). *Perspektivrahmen Sachunterricht* (Vollständig überarb. und erweiterte Ausgabe). Klinkhardt.
- Goodwin, C. (1994). Professional Vision. *American Anthropologist*, 96(3), 606–633. <https://doi.org/10.1525/aa.1994.96.3.02a00100>
- König, J. (2015). Kontextualisierte Erfassung von Lehrerkompetenzen. *Zeitschrift für Pädagogik*, 61(3), 305–309.
- Meschede, N. (2014). *Professionelle Wahrnehmung der inhaltlichen Strukturierung im naturwissenschaftlichen Grundschulunterricht: Theoretische Beschreibung und empirische Erfassung* (Bd. 163). Logos-Verl.
- Oser, F., Heinzer, S. & Salzmann, P. (2010). Die Messung der Qualität von professionellen Kompetenzprofilen von Lehrpersonen mit Hilfe der Einschätzung von Filmvignetten. *Unterrichtswissenschaft*, 38(1), 5–28.
- Rehm, M. & Bölsterli, K. (2014). Entwicklung von Unterrichtsvignetten. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 213–225). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-37827-0_18
- Seidel, Tina, Blomberg, Geraldine, Stürmer & Kathleen (2010). „Observer“ – Validierung eines videobasierten Instruments zur Erfassung der professionellen Wahrnehmung von Unterricht. Projekt OBSERVE. *Zeitschrift für Pädagogik*(56. Beiheft), 296–306.
- Seidel, T. (2022). Professionelle Unterrichtswahrnehmung als Teil von Expertise im LehrberufWeiterentwicklungsperspektiven für die videobasierte Lehrerforschung. In R. Junker, V. Zucker, M. Oellers, T. Rauterberg, S. Konjer, N. Meschede & M. Holodynski (Hrsg.), *Lehren und Forschen mit Videos in der Lehrkräftebildung* (S. 17–36). Waxmann Verlag GmbH.
- Seidel, T., Stürmer, K., Blomberg, G., Kobarg, M. & Schwindt, K. (2011). Teacher learning from analysis of videotaped classroom situations: Does it make a difference whether teachers observe their own teaching or that of others? *Teaching and Teacher education*, 27(2), 259–267. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2010.08.009>
- Shavelson, R. J. (2013). On an Approach to Testing and Modeling Competence. *Educational Psychologist*, 48(2), 73–86. <https://doi.org/10.1080/00461520.2013.779483>
- Tepner, O. & Dollny, S. (2014). Entwicklung eines Testverfahrens zur Analyse fachdidaktischen Wissens. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 311–323). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-37827-0_25

Manuel Becker¹
 Martin Hopf¹

¹Universität Wien

Der Energie-Feld-Ansatz Merkmale und erste Ergebnisse

Der Energie-Feld-Ansatz (EFA) entwickelt im Rahmen eines Design-based Research Projektes ein Unterrichtskonzept für den Energieunterricht der Sekundarstufe II. Ziel des EFA ist es, die traditionellen Energieformen sinnstiftend auf Feldenergie und Bewegungsenergie zurückzuführen und dadurch den zentralen Charakter der Energie für die Beschreibung von Phänomenen herauszustellen. Dadurch, dass Energie nunmehr in Bewegungs- und Feldenergie unterschieden werden muss, werden Prozesse der Energieübertragung übersichtlicher. Außerdem können Phänomene unterschiedlichster Bereiche (Astronomie, Makro- & Mikrokosmos, Teilchenphysik, usw.) konsistent beschrieben werden. Nach dem Modell der didaktischen Rekonstruktion wird das Unterrichtskonzept mittels Akzeptanzbefragungen evaluiert und zyklisch weiterentwickelt.

Problematik

Zahlreiche Studien zeigen, dass es der traditionelle Formen-basierte Physikunterricht nicht schafft, Schüler*innen ein angemessenes und aufbaufähiges Verständnis von Energie und Energieerhaltung zu vermitteln (vgl. Driver et al., 1985; Neumann et al., 2013; Nordine et al., 2019). Die zahlreichen Energieformen dienen dabei eher einer Umbenennung als einer sinnstiftenden Bereicherung (Quinn, 2014). Deshalb schlagen mehrere Forscher*innen vor, Formen der potenziellen Energie (z. B. Höhenenergie, chemische, innere oder Kernenergie) mit Feldern zu verknüpfen (s. Rückl, 1991; Swackhamer, 2005). Eine einheitliche und nachweislich lernwirksame Konzeption existiert allerdings noch nicht.

Der Energie-Feld-Ansatz

Der Energie-Feld-Ansatz (EFA) implementiert Vorteile bereits existierender Vorschläge in einem Unterrichtskonzept für die Sekundarstufe II und führt die traditionellen Energieformen auf Bewegungsenergie und Feldenergie zurück. Das bedeutet, dass für die Betrachtung von Phänomenen und ihrer Prozesse aus der Energieperspektive nur nach Bewegungen und Feldern „gesucht“ werden muss. Um dann plausibel über Prozesse sprechen zu können, müssen lediglich verschiedene Arten von Feldern thematisiert und mit der Energie verknüpft werden.¹ Dazu werden das elektrische, magnetische, elektromagnetische, Quark- und Gravitationsfeld über ihre Quellen eingeführt. So sind Ladungen die Quellen von elektrischen Feldern, Magnete (bzw. bewegte Ladungen) von Magnetfeldern, Quarks von Quarkfeldern und Massen von Gravitationsfeldern. Das Higgsfeld wird ohne Quelle eingeführt. Die Einführung einer limitierten Zahl verschiedener

¹ Die Einführung verschiedener Arten von Feldern ist insofern vorteilhaft gegenüber Energieformen, da hier durch den expliziten Charakter von Feldern und deren Wechselwirkung die Gefahr von „Blackboxes“ begrenzt ist. Die limitiert Zahl von Feldern (hier sechs) bildet vielmehr die Art der Interaktion von Feldern und Bewegungen ab sowie die Rolle der Energieübertragung bei Prozessen.

Arten von Feldern (sechs) ist insofern vorteilhaft gegenüber Energieformen, da hier durch den expliziten Charakter von Feldern und deren Wechselwirkung die Gefahr von „Blackboxes“ begrenzt ist.

Wesentlich für den EFA ist dabei, dass die Interaktion verschiedener Quellen über ihre Felder zur Überlagerung zu einem sogenannten *Gesamtfeld* führt. Diesem wird dann die Energie der Wechselwirkung zugeschrieben. Das bedeutet, dass Energieübertragung in bzw. aus einem Feld mit dessen Veränderung verbunden ist. Entfernen sich beispielsweise zwei abstoßende Magnetwägen voneinander (durch die Abstoßung beschleunigt), so wird Energie aus dem magnetischen Gesamtfeld der Wägen auf die Bewegung übertragen; das Feld gibt Energie ab. Durch diese Konzeptualisierung spielt das Gesamtfeld als Entität eine aktive Rolle. Indikatoren für die Energieübertragung sind dann die Änderung von Tempo oder Abstand der Quellen. Dieses Prinzip ist sowohl auf makroskopischer als auch auf mikroskopischer sowie nuklearer und subnuklearer Ebene anwendbar. Verknüpft man die Zu- bzw. Abnahme der Energie von Feldern mit deren *Tendenz zur Minimierung der Energie*, so wird klar, warum sich gebundene Zustände z. B. von Atomen bilden. So gibt ein attraktives elektrisches Gesamtfeld von Atomen aufgrund seiner Tendenz (Wechselwirkung) Energie ab, bis es einen Zustand minimaler Energie erreicht; ein gebundener Zustand. Darüber hinaus kann auch auf subnuklearer Ebene beschrieben werden, wie die Bindungsenergie von Atomkernen durch die Veränderung des Quarkfeldes in Zerfallsprozessen frei werden kann. Mit der Energie-Masse-Äquivalenz kann dieses Modell dann mit der Masse der Kerne und dem Massendefekt verknüpft werden. Führt man anschließend das Higgsfeld ein, so kann sogar der Ursprung der Masse von Elementarteilchen erläutert und mit einem Feld verknüpft werden.² So wird Schüler*innen die Erklärungsmacht von Feldern in Kombination mit dem Konzept der Energie deutlich.³ Weitere Beschreibungen dieser didaktischen Rekonstruktion und der Merkmale des EFA können in Becker & Hopf (2021) nachgelesen werden.

Studiendesign und Methode

Der EFA versteht sich als Projekt der Designforschung mit Design (Entwicklung) und Re-Design (Weiterentwicklung) nach dem Modell der didaktischen Rekonstruktion nach Kattmann et al. (1997). Jede Design-Version wird durch Akzeptanzbefragungen nach Kuckartz (2014) untersucht und inhaltsanalytisch ausgewertet. Dabei werden Schüler*innen der 10. bis 12. Jgst. in zwei bis zweieinhalb stündigen Interviews befragt. So erhält man Informationen über die Schwierigkeiten und Benefits für Lernende und kann den EFA auf dieser Basis weiterentwickeln. Pro Design-Version werden 6 bis 8 Schüler*innen befragt. Jedes Interview gliedert sich dabei in acht Konzeptideen, deren Erklärung von den Schüler*innen bewertet, paraphrasiert und in Aufgaben angewendet werden sollen.

² Das Higgsfeld wird als einziges omnipräsentes Feld im Universum nicht als Gesamtfeld aufgefasst.

³ Beispiele für Kontexte der Anwendungsaufgaben sind beispielsweise die elliptische Satellitenbewegung um die Erde (Gravitationsfeld), das Spannen einer Schleuder, die Explosion eines Feuerwerks (atomares elektrisches Feld), der Alpha-Zerfall (Quarkfeld) oder die Annihilation von Elektron und Positron (Higgsfeld).

Ergebnisse

Die Evaluation des EFA über insgesamt drei Versionen von Akzeptanzbefragungen führte zu vielversprechenden Erkenntnissen. Am Ende des dritten Zyklus (Evaluation der dritten Version) ergibt sich ein zufriedenstellendes Bild, das die Umsetzbarkeit für den Unterricht befürwortet. Nahezu alle Schüler*innen übernehmen die wesentlichen Konzeptideen und können diese in Beispielaufgaben anwenden, um Prozesse aus der Energieperspektive zu beschreiben. Zudem bezeichne sie das Konzept als „nützlich“ und „hilfreich“ für ihr Verständnis. So verstehe man Zusammenhänge, die vorher nicht klar gewesen seien. Auch im direkten Vergleich mit dem traditionellen Ansatz wird von mehreren Schüler*innen betont, dass der Zusammenhang mit Feldern dem Ganzen einen Sinn gebe und somit „eine Gemeinsamkeit mit den Energieformen geschaffen“ würde, die den Ansatz „besser verständlich“ mache. Im Folgenden wird kurz darauf eingegangen, welche Schwierigkeiten es gab, wie sie gelöst werden konnten und welche Vorteile des EFA sich gezeigt haben. Eine Herausforderung für Schüler*innen war die „Suche nach Feldern und Bewegungen“. Besonders bei Prozessen, in denen die Zusammensetzung des Gesamtfeldes nicht offensichtlich war, wie beispielsweise bei einem fallenden Ball, wurde teilweise auf traditionelle Vorstellungen oder das Kraftkonzept zurückgegriffen. Hier haben Schüler*innen gelegentlich Schwierigkeiten, das Feld des Balles, der Erde und deren Gesamtfeld zu identifizieren, um die Energieübertragung zu beschreiben. Diese Hürde kann überwunden werden, wenn Schüler*innen darauf aufmerksam gemacht werden, dass ein Gesamtfeld stets aus der Überlagerung resultiert (z. B. „Bedenke, dass Energie immer in einem Gesamtfeld mit mehreren Quellen steckt.“). Erkennen Schüler*innen dann den Mehrwert des Feldes als aktiver Akteur in Prozessen, so greifen sie auch auf dieses Konzept zurück:

„Je nachdem was es will gibt es Energie ab. [...] Sobald sich der Satellit entfernt, schrumpft das Feld und zieht den Satellit[sic!] wieder zur Erde.“

(Auszug aus dem Interview von Schülerin S2 der zweiten Version; Kontext Satellit auf elliptischer Bahn um die Erde)

Problematisch zeigt sich gelegentlich die Zuordnung von thermischer Energie und Bewegungsenergie. Hier muss den Schüler*innen deutlich gemacht werden, dass es sich um sich bewegende Teilchen auf mikroskopischer Ebene handelt. Dies gelingt mit einer geeigneten Veranschaulichung. Dass elektromagnetische Strahlung Feldenergie (und nicht wie oft vermutet Bewegungsenergie) trägt, wird plausibel, wenn man die Strahlung explizit gegen sich bewegende Teilchen mit Masse abgrenzt.

Besondere Vorsicht gilt der Verknüpfung der Richtung der Energieübertragung (in ein oder aus einem Feld) mit der Tendenz des Feldes (Richtung der Wechselwirkung). Hier muss mit untermauernden Beispielen verdeutlicht werden, dass ein Feld immer dann Energie abgibt, wenn es sich entsprechend seiner Tendenz (in Richtung der Wechselwirkung) verändern kann. Umgekehrt nimmt es Energie auf (z. B. beim Spannen einer Feder).

Die Schüler*innen akzeptieren und verwenden die Idee des Gesamtfeldes und dessen Rolle in Prozessen. Dabei greifen sie auch auf die Energie als Konzept zurück und verknüpfen es in der Regel problemlos mit dem Feldkonzept. Der Mehrwert des EFA für die umfassende Beschreibung für Phänomene auf verschiedenen Ebenen und in diversen Kontexten wird als besonders positiv eingeschätzt. So werden auch die Zusammenhänge mit den modernen

Feldern (Quark- und Higgsfeld) als interessant empfunden und meist angemessen mit den Konzeptideen verknüpft.

Zusammenfassung

Der Energie-Feld-Ansatz bietet auf Grundlage existierender Vorschläge ein neues Unterrichtskonzept zur Energie der Sekundarstufe II, das Energie mit Feldern verknüpft und sich für die qualitative Beschreibung verschiedenster Prozesse eignet. Von den Lernenden erhält der EFA insgesamt besonders positives Feedback und stellt auch in der Evaluation einen sinnvollen und wirksamen Ansatz für die Verknüpfung von Energie und Feldern dar.

Literatur

- Becker, M., & Hopf, M. (2021). Der Energie-Feld-Ansatz: Design-Forschung zur Entwicklung und Evaluation eines Unterrichtskonzeptes für den Energieunterricht der Oberstufe. *PhyDid B-Didaktik der Physik-Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung, 1*.
- Driver, R., & Warrington, L. (1985): Students' use of the principle of energy conservation in problem situations. In: *Physics Education*, 20, S. 171–176.
- Jung, W. (1992): Probing acceptance, a technique for investigating learning difficulties. In: *Research in physics learning: Theoretical issues and empirical studies*. Kiel: IPN, S. 278-295.
- Kattmann, U., Duit, R., Gropengießer, H., Komorek, M. (1997): Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion - Ein Rahmen für natur-wissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 3 (3), S. 3–18
- Kuckartz, U. (2014): *Qualitative text analysis. A guide to methods, practice & using software*. Los Angeles: SAGE
- Neumann, K., Viering, T., Boone, W. J., & Fischer, H. E. (2013): Towards a learning progression of energy. In: *Journal of Research in Science Teaching*, 50(2), S. 162–188
- Nordine, J. C., Fortus, D., Krajcik, J. S., Neu-mann, K., & Lehavi, Y. (2019): Modelling energy transfers between systems to support energy knowledge in use. In: *Studies in Science Education*, 54(2), S. 177–206
- Quinn, H. (2014). A physicist's musings on teaching about energy. In: R.F. Chen, A. Eisenkraft, D. Fortus, J. Krajcik, K. Neumann, J. Nordine, & A. Scheff (Hrsg.): *Teaching and learning of energy in K-12 education*, New York, NY: Springer, S. 15–36
- Rückl, E. (1991): *Feldenergie: ein neues didaktisches Konzept*. BI-Wiss.-Verlag.
- Swackhamer, G. (2005): Cognitive resources for understanding energy. Url: <http://modeling.asu.edu/modeling/CognitiveResources-Energy.pdf>, Stand: 10/2021

David Meyer¹
Verena Pietzner²

¹Universität Oldenburg
²Universität Vechta

Selbstwirksamkeit Chemiestudierender im Unterrichten der Chemischen Fachsprache

Die chemische Fachsprache – das Chemisch – umfasst das Sprachregister des Fachs Chemie. Chemielehrkräfte müssen über das nötige Wissen verfügen, die chemische Fachsprache sprachsensibel zu unterrichten. Da sich diese Kompetenzen Chemiestudierender schwer messen lassen, wurde ein Messinstrument in Form eines Fragebogens entwickelt, das die Selbstwirksamkeitserwartungen Chemiestudierender im Unterrichten der chemischen Fachsprache erhebt. Die Ergebnisse der Entwicklung und Pilotierung des Fragebogens werden im Folgenden vorgestellt.

Theoretischer Hintergrund

Die chemische Fachsprache umfasst funktional-linguistische Merkmale der Wort-, Satz- und Textebene und bedarf verschiedenster Repräsentationen, die sich unter anderem aus den drei Ebenen nach Johnstone ergeben (Taber 2015).

Chemielehrkräfte benötigen pädagogisches Wissen, um die chemische Fachsprache sprachsensibel unterrichten zu können. Dieses Wissen definiert Markic unter dem Begriff *pedagogical scientific language knowledge (PSLK)* als „*teachers' Pedagogical Language Knowledge (PLK) with the focus on scientific language of chemistry [...] [and as] knowledge of scientific language related to teaching and learning chemistry, focusing on different scientific topics and contexts*“ (Markic 2018, S. 181).

Das Konzept der Selbstwirksamkeit geht zurück auf Bandura und wird definiert als „*people's beliefs about their capabilities to exercise control over their own level of functioning*“ (Bandura 1993, S. 118). Hohe Selbstwirksamkeitserwartungen von angehenden und praktizierenden Lehrkräften haben einen positiven Einfluss auf die schulischen Lernumgebungen (Andersen et al. 2004). Daher ist zu erwarten, dass hohe Selbstwirksamkeitserwartungen Chemiestudierender im sprachsensiblen Unterrichten der chemischen Fachsprache einen positiven Einfluss auf das Lernen der Schülerinnen und Schüler hat. Bisher gibt es allerdings kein geeignetes Instrument, das diese Erwartungen reliabel und valide misst. Aus diesem Grund wurde im Rahmen einer Studie ein solches Instrument entwickelt und pilotiert.

Grundlage für die Entwicklung des *Chemish Teaching Efficacy Belief Instrument (CheTEBI)* ist der STEBI-B (Science Teaching Efficacy Belief Instrument-Version B für pre-service science teachers), welcher sowohl die *Personal Efficacy* als auch die *Outcome Expectancy* erhebt (Enochs und Riggs 1990). Erstere umfasst die individuellen Fähigkeiten Handlungen auszuführen, welche die angestrebten Ziele erreichen. Im Rahmen des CheTEBI sind das die erwarteten Unterrichtsfähigkeiten der Chemiestudierenden, die chemische Fachsprache sprachsensibel zu vermitteln – die *Personal Chemish Teaching Efficacy (PCTE)*. Letztere beschreibt die individuellen Urteile antizipierter Ergebnisse, die ihre Handlungen bewirken, d. h. für den CheTEBI die erwarteten Urteile Chemiestudierender, die ihre sprachensible Vermittlung der chemischen Fachsprache bei den Lernenden bewirken – die *Chemish*

Teaching Outcome Expectancy (CTOE). Vermutlich sind letztere bei den Chemiestudierenden schwächer ausgeprägt, da die angehenden Lehrkräfte wenig Kenntnisse und Erfahrungen im sprachsensiblen Unterrichten während ihres Studiums sammeln konnten.

Forschungsfragen

Da es sich in unserer Studie um die Entwicklung und Pilotierung des CheTEBI handelt, ergibt sich die Forschungsfrage, ob der CheTEBI ein valides und reliables Messinstrument zur Erhebung der Selbstwirksamkeitserwartungen Chemiestudierender im sprachsensiblen Lehren der chemischen Fachsprache ist.

Methode und Stichprobe

Zuerst wurde der STEBI-B ins Deutsche übersetzt und auf die Theorien zum sprachsensiblen Fachunterricht nach Leisen (2022) und der chemischen Fachsprache nach Markic und Childs (2016) übertragen. Dazu wurden die Items des STEBI-B so umformuliert, dass sie die Wörter „sprachsensibel“ und „(chemische) Fachsprache/fachsprachlich“ an den passenden Stellen enthalten. Beispielsweise wurde aus dem Item “When a student does better than usual in science, it is often because the teacher exerted a little extra effort.” (Enochs und Riggs 1990, S. 703) das Item „Wenn Lernende bessere fachsprachliche Leistungen erzielen, liegt das an der zusätzlichen Förderung durch die Lehrkraft.“

Der Fragebogen wurde pilotiert mit 118 Lehramtsstudierenden (88 weiblich, 30 männlich) der PH Ludwigsburg (N = 100) und Universität Oldenburg (N = 18). 73 Befragte studieren Grundschullehramt an der PH Ludwigsburg. 45 Befragte studierenden Sekundarschullehramt.

Validität

Die Inhaltsvalidität wurde bereits bei der Entwicklung der Items aus dem Konstrukt der Selbstwirksamkeitserwartungen nach Bandura (1993) sowie den beiden Dimensionen dieser nach Enochs und Riggs (1990) berücksichtigt. Die inhaltliche Überprüfung der Items erfolgte dann durch Abgleich mit dem zuvor eindeutig definierten Konstrukt sowie dem einheitlichen Begriffsnetz (z. B. sprachsensibel, chemische Fachsprache etc.). Außerdem wurden Experten der chemiedidaktischen Forschung (N = 3) zur inhaltlichen Einschätzung der Items zu Rate gezogen. Unter den Experten gab es großen Konsens, dass die Items das jeweilige Konstrukt valide abbilden.

Eine Prüfung der Übereinstimmungsvalidität der Konstrukte kann nur teilweise erfolgen. Es besteht eine positive Korrelation zwischen den selbsteingeschätzten Fähigkeiten der Studierenden im Unterrichten der chemischen Fachsprache und der PCTE-Dimension ($r = 0,544^{***}$), aber keine Korrelation der PCTE-Dimension mit den selbsteingeschätzten Fähigkeiten der Studierenden im Unterrichten von chemischen Fachinhalten, sodass wir feststellen, dass die PCTE-Dimension auf das Unterrichten der chemischen Fachsprache und nicht auf das Unterrichten chemischer Fachinhalte abzielt.

Zur Überprüfung der diskriminanten Validität des CheTEBI kann in nachfolgenden Studien auf möglicherweise bestehende Korrelationen zwischen den STEBI-B Dimensionen und den CheTEBI-Dimensionen geprüft werden. Es ist zu erwarten, dass eine Korrelation zwischen den jeweiligen Dimensionen beider Instrumente existiert, diese allerdings nicht zu hoch sind, da der CheTEBI gezielt die fachsprachlichen Unterrichtskompetenzen der Chemiestudierenden in den Blick nimmt und nicht allgemeine naturwissenschaftliche

Unterrichtskompetenzen.

Eine Validierung des Instruments über konstruktinmanente Annahmen erfolgt, indem die Struktur des CheTEBI durch eine konfirmatorische Faktorenanalyse (CFA) analysiert wird. Da der CheTEBI auf Basis des STEBI-B entwickelt wurde, wird angenommen, dass sich zwei Faktoren (PCTE und CTOE) ergeben. Die CFA unter Nutzung der Varimax Rotation extrahiert zwei Dimensionen, die 38,7 % der kumulierten Varianz erklären. Item 1 und 5 der PCTE-Dimension laden zusätzlich auf der CTOE-Dimension. Bleicher (2004) fand in seiner Nachprüfungsstudie des STEBI-B, dass diese beiden Items auf beide Faktoren laden. Bleicher macht dafür die Wörter „promote“ und „effectively“ verantwortlich, die darauf hindeuten, dass die Items zusätzlich die *Outcome Expectancy* adressieren. Item 12 der PCTE-Dimension („Wenn ich Chemie unterrichte, bin ich offen für Fragen der Lernenden.“) besitzt die niedrigste Item-Skala-Korrelation von 0,234 sowie die geringste Faktorladung auf der PCTE-Dimension von 0,275. Damit liegt das Item unter der minimal akzeptablen Grenze zur Inklusion ins Instrument (Robinson et al. 1991). Da das Item außerdem nicht explizit das Unterrichten der chemischen Fachsprache adressiert, sollte es für zukünftige Untersuchungen nicht weiter erhoben werden.

Wie angenommen, zeigt sich, dass die persönlichen Selbstwirksamkeitserwartungen Chemiestudierender im sprachsensiblen Unterrichten der chemischen Fachsprache besser ausgeprägt sind ($M = 3,99$; $SD = 0,652$) als die Ergebniserwartungen ($M = 3,85$; $SD = 0,559$).

Reliabilität

Die Reliabilität der beiden Dimensionen wurde durch Cronbachs Alpha geprüft. Die PCTE-Dimension umfasst insgesamt 13 Items und besitzt ein Cronbachs Alpha von 0,853. Die CTOE-Dimension umfasst insgesamt 10 Items mit einem Alpha Wert von 0,652. Damit liegt der Wert zu niedrig für eine reliable Skala (Cronbach 1951). Durch Eliminieren der Items 5 und 7 erreicht man eine höhere Reliabilität von 0,746. Es kann angenommen werden, dass die inverse Kodierung dieser Items für den niedrigen Alpha Wert verantwortlich ist.

Diskussion

Der CheTEBI erweist sich als reliables und valides Instrument zur Erhebung der Selbstwirksamkeitserwartungen Chemiestudierender im sprachsensiblen Unterrichten der chemischen Fachsprache. Die beschriebenen Änderungen, die sich aus den Untersuchungen zur Reliabilität und Validität der einzelnen Dimensionen ergeben, werden in zukünftigen Erhebungen mit dem CheTEBI berücksichtigt. Außerdem können zusätzlich probabilistische Testmodelle, wie IRT-Modelle, genutzt werden, um weitere Einblicke in die Validität des CheTEBI zu erhalten. Denkbar sind Longitudinalstudien zur Entwicklung der Selbstwirksamkeitserwartungen Chemiestudierender im sprachsensiblen Unterrichten der chemischen Fachsprache.

Literatur

- Andersen, Annemarie Møller; Dragsted, Søren; Evans, Robert H.; Sørensen, Helene (2004): The Relationship Between Changes in Teachers' Self-efficacy Beliefs and the Science Teaching Environment of Danish First-Year Elementary Teachers. In: *Journal of Science Teacher Education* 15 (1), S. 25–38. DOI: 10.1023/B:JSTE.0000031461.68912.3d.
- Bandura, Albert (1993): Perceived Self-Efficacy in Cognitive Development and Functioning. In: *Educational Psychologist* 28 (2), S. 117–148.
- Bleicher, Robert E. (2004): Revisiting the STEBI-B: Measuring Self-Efficacy in Preservice Elementary Teachers. In: *School Science and Mathematics* 104 (8), S. 383–391. DOI: 10.1111/j.1949-8594.2004.tb18004.x.
- Cronbach, Lee J. (1951): Coefficient alpha and the internal structure of tests. In: *Psychometrika* 16, S. 297–334.
- Enochs, Larry G.; Riggs, Iris M. (1990): Further Development of an Elementary Science Teaching Efficacy Belief Instrument: A Preservice Elementary Scale. In: *School Science and Mathematics* 90 (8), S. 694–706. DOI: 10.1111/j.1949-8594.1990.tb12048.x.
- Leisen, Josef (2022): Sprachbildung und sprachsensibler Fachunterricht in den Naturwissenschaften. Stuttgart: W. Kohlhammer.
- Markic, Silvija (2018): Chemistry Teachers' Pedagogical Scientific Language Knowledge. In: Odilla Finlayson, Eilish McLoughlin, Sibel Erduran, Peter Childs und Imitchell (Hg.): Research, practice and collaboration in science education. Proceedings of the ESERA 2017 Conference. Dublin: Dublin City University, S. 178–185.
- Markic, Silvija; Childs, Peter E. (2016): Language and the teaching and learning of chemistry. In: *Chem. Educ. Res. Pract.* 17 (3), S. 434–438. DOI: 10.1039/C6RP90006B.
- Robinson, J.; Shaver, P.; Wrightman, L. (1991): Measures of personality and social psychological attitudes. 1. Aufl. New York: Academic Press.
- Taber, Keith S. (2015): Exploring the language(s) of chemistry education. In: *Chem. Educ. Res. Pract.* 16 (2), S. 193–197. DOI: 10.1039/C5RP90003D.

Alternative Wege in das Lehramt

Befunde zum Quereinstieg während des Studiums

Ausgangslage

Alternative Wege in den Lehrer*innenberuf werden in nahezu allen Bundesländern für unterschiedliche Fächer und Schulformen angeboten. Die Einrichtung der nicht-grundständigen Wege (vergleiche Brinkmann & Müller (2020) oder Ghassemi, Pöx & Nordmeier (2022) für eine Übersicht der Varianten) steht primär im Kontext des Mangels an grundständig neuqualifizierten Lehrer*innen. Für die MINT-Fächer besteht auch in Zukunft ein besonderer Mangel (Klemm, 2021).

Dabei werden die aktuellen Maßnahmen zur Sicherstellung der vollständigen Unterrichtsversorgung – insbesondere die Rekrutierung von *Quer- und Seiteneinsteiger*innen* – kritisiert: Es wird gemahnt, dass die den Programmen der Länder zugrundeliegenden *Sondermaßnahmen* (KMK, 2013), abweichend vom ursprünglichen Kontext der Einführung, nicht mehr als kurzfristige Notfallintervention verstanden werden könnten (GFD, 2018). „Die Einstellung von Quer- und Seiteneinsteigenden hat sich [stattdessen] immer mehr zur gängigen Praxis entwickelt – die [...] in vielen Fällen noch nicht qualitätsgesichert ist“ (Brinkmann & Müller, 2020, S. 13). Dementsprechend wird inzwischen die Einführung von (Mindest-)Standards beziehungsweise Leitlinien für die Qualifizierung von nicht-grundständig ausgebildeten Lehrer*innen angeregt (Terhart, 2020; GFD, 2018). An ebensolchen Standards arbeitet die KMK offenbar aktuell (Prien in Winter, Prien & Wolf, 2021).

Forschungslage zur Kompetenz von Quer- und Seiteneinsteiger*innen

Ein entscheidender Aufbau professioneller Kompetenzen in den ersten beiden Phasen der Lehrer*innenbildung (Studium und Vorbereitungsdienst) konnte wiederholt gezeigt werden (vergleiche beispielsweise Kunina-Habenicht (2020) für eine Zusammenfassung). Ob auch über alternative Wege qualifizierte Lehrer*innen über eine für eine qualitätsvolle Ausübung der Profession angemessene Ausprägung professioneller Kompetenzen verfügen, ist unzureichend geklärt (Rothland, 2016; Lucksnat, Richter, Klusmann, Kunter & Richter, 2020; Lucksnat, Fehrmann, Pech, Richter & Zorn, 2021).

Erste empirische Befunde zu den Kompetenzen von Quer- und Seiteneinsteiger*innen liegen für das Fach Mathematik und das Fach Physik vor:

Quer- und Seiteneinsteiger*innen dieser Fächer können sich gegenüber grundständig qualifiziertem Lehrer*innen in ihrem bildungswissenschaftlichen Wissen und ihren Lehr-Lern-Überzeugungen unterscheiden (Kleickmann & Anders, 2011; Oettinghaus, Lamprecht & Korneck, 2014; Kunina-Habenicht, 2013). Zudem konnten Unterschiede in der Selbstregulation und dem Wissen über Unterrichtsmethoden zwischen Quereinsteiger*innen und Referendar*innen ermittelt werden (Lucksnat et al., 2020). In den weiteren zentralen Wissensbereichen, dem Fachwissen und dem fachdidaktischen Wissen, scheinen sich

Quereinsteiger*innen und reguläre Lehramtsabsolvent*innen nicht zu unterscheiden (Oettinghaus et al., 2014; Lucksnat et al., 2020). Auch ein Einfluss des Professionalisierungsweges auf den Kompetenzerwerb der Schüler*innen konnte nicht festgestellt werden (Richter, Becker, Hoffmann, Busse & Stanat, 2019).

Neben der geringen Zahl empirischer Studien ist zu beachten, dass die alternativen Wege in den Lehrer*innenberuf überaus heterogen hinsichtlich Voraussetzungen, Inhalten, zeitlichem Umfang und Status der Absolvent*innen sind (Ghassemi et al., 2022) und die Teilnehmer*innen an den Programmen unterschiedliche Qualifikationen mitbringen (vergleiche beispielsweise Oettinghaus et al., 2014).

Diese ersten Studien deuten darauf hin, dass eine pauschale Bewertung der alternativen Professionalisierungswege nicht sinnvoll ist. Vielmehr bedarf es weiterer Untersuchungen; insbesondere der *Quereinstieg während des Studiums* ist bislang kaum beforscht.

Aktuelle Ergebnisse aus der Begleitforschung zum Q-Master an der FU Berlin

Bezüglich des zeitlichen und inhaltlichen Umfangs sowie der Anbindung an lehrkräftebildende universitäre Strukturen unterscheidet sich der *Quereinstieg während des Studiums* klar von den sonstigen Alternativen. Entsprechende Studiengänge werden unter anderem an Berliner Universitäten angeboten – so auch an der Freien Universität Berlin. Der hier seit 2016 als Modellversuch angebotene ‚Masterstudiengang für das Lehramt an Integrierten Sekundarschulen und an Gymnasien mit dem Profil Quereinstieg‘ (kurz Q-Master) wird fortwährend evaluativ begleitet, wobei ein exemplarischer Schwerpunkt auf dem Fach Physik liegt (vergleiche Ghassemi, Milster & Nordmeier (2020) zur Vorstellung der Forschungsfragen, des Studiendesigns und der verwendeten Messinstrumente).

Die Begleitforschung zum Q-Master deutet bislang auf eine günstige *Berufswahlmotivation* und eine gelingende Professionalisierung der Studierenden hin, welche mit jener des regulären Lehramts vergleichbar ist (Ghassemi & Nordmeier, 2021). Diese Befunde werden durch Erkenntnisse bezüglich des Quereinstiegsstudiengangs für das Grundschullehramt an der Humboldt-Universität zu Berlin bestätigt (Lucksnat, Fehrmann, Müncher, Pech & Richter, 2022).

Für einen aktuellen Einblick in die Begleitforschung zeigt Abb. 1 die Veränderung des *fachdidaktischen Wissens* (FDW) und der *Lehr-Lern-Überzeugungen* (konstruktivistisch und transmissiv) der Q-Masterstudierenden ($n = 14$) im Prä-Post-Vergleich. Eine inferenzstatistische Prüfung¹ offenbart einen *mittleren* Anstieg des FDW ($d = .70$; $p < .05$) sowie eine *kleine* Veränderung der Überzeugungen zum rezeptartigen Lernen ($d = .33$ bei herabgesetztem Signifikanzniveau $p < .1$) zwischen Anfang des zweiten und Ende des vierten Fachsemesters. Abb. 2 zeigt im Vergleich dazu die Veränderung der genannten Kompetenzbereiche bei den Studierenden des regulären Lehramtsmasters im Fach Physik an der FU Berlin ($n = 30$): Hier besteht ein *kleiner* Zuwachs im FDW ($d = .44$ bei herabgesetztem Signifikanzniveau $p < .1$) sowie *kleine* Veränderungen der Überzeugungen ($d_{konstr} = .34$; $d_{trans} = .39$; $p < .05$).

¹ Es wurden jeweils einseitige, gepaarte t-Tests durchgeführt.

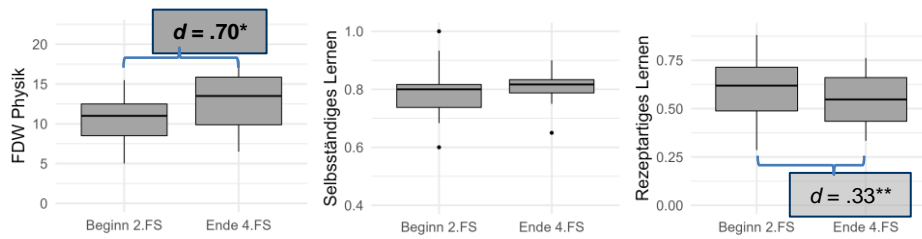


Abb. 1: Fachdidaktisches Wissen und Lehr-Lern-Überzeugungen der Q-Masterstudierenden im Prä-Post-Vergleich ($n = 14$). * $p < .05$; ** $p < .1$

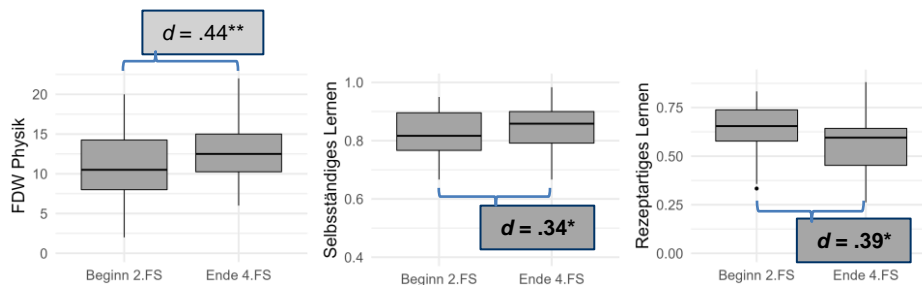


Abb. 2: Fachdidaktisches Wissen und Lehr-Lern-Überzeugungen der Studierenden des regulären Lehramtsmaster im Fach Physik im Prä-Post-Vergleich ($n = 30$). * $p < .05$; ** $p < .1$

Quereinstiegstudiengänge als Normalität

Zwar bestehen Defizite bei der staatlichen Lehrer*innenbedarfsplanung (Tillmann, 2020) und den Schüler*innenzahlvorausberechnungen der KMK, eine exakte, mittel- und langfristige Prognose kann aber niemals exakt sein, denn Schüler*innenzahlen sind nur begrenzt vorhersagbar (Gehrmann, 2019; Fickermann, 2020). Hieraus schließt Tillmann (2020, S. 446): „Man muss also damit rechnen, dass auch in Zukunft Phasen des verschärften Lehrermangels auftreten [...]“ Aus dieser Perspektive sollte der Lehrer*innenmangel nicht länger als Krisenphänomen abgetan, sondern muss als „kontinuierliche Begleiterscheinung einer normalen Schulentwicklung“ (Tillmann, 2020, S. 449) betrachtet werden. Infolgedessen steht das Festhalten am grundständigen Lehramtsstudium als ‚Königsweg‘ in Frage (Brinkmann & Müller, 2020). Soweit die Qualität der nicht-grundständigen Professionalisierungswege gewährleistet ist, sollten die über diese Wege in den Lehrer*innenberuf gelangten Personen vermehrt als „Chance“ und „wichtige Beimischung“ aufgefasst werden (Winter in Winter et al., 2021).

Die aktuelle Forschungslage deutet auf eine Qualitätssicherung insbesondere für Absolvent*innen von Quereinstiegstudiengänge hin. Die Autor*innen dieses Beitrags empfehlen daher, den Quereinstieg während des Studiums als alternativen Weg ins Lehramt für weitere Fächer und an weiteren lehrer*innenbildenden Universitäten anzubieten.

Förderung

Das diesem Artikel zugrundeliegende Vorhaben wird im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01JA1802 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autor*innen.

Literatur

- Brinkmann, B. & Müller, U. (2020). *Flexible Wege ins Lehramt?! – Qualifizierung für einen Beruf im Wandel*. Sonderpublikation aus dem Projekt »Monitor Lehrerbildung«. CHE Centrum für Hochschulentwicklung gGmbH.
- Fickermann, D. (2020). „Prognosen sind schwierig, besonders wenn sie die Zukunft betreffen“. Ausgewählte Ergebnisse einer Ex-Post-Evaluation der Schülerzahlvorausberechnungen der KMK. *Die deutsche Schule*, 112, 10–41.
- Gehrmann, A. (2019). Seiteneinstieg in den Lehrerberuf – Alternativer Weg oder Sackgasse? *Bildung und Erziehung*, 72(2), 215–229.
- GFD (2018). Ergänzende Wege der Professionalisierung von Lehrkräften. Positionspapier der GFD zur Problematik des Quer- und Seiteneinstiegs. <http://www.fachdidaktik.org/wp-content/uploads/2015/09/PP-20-Positionspapier-der-GFD-2018-Erg%C3%A4nzende-Wege-der-Professionalisierung-von-Lehrkr%C3%A4ften.pdf> (11.10.2019).
- Ghassemi, N., Milster, J.-J. & Nordmeier, V. (2020). Professionelle Kompetenzen von Q-Masterstudierenden im Fach Physik. In Habig, S. (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen. Jahrestagung in Wien 2019* (S. 617–620).
- Ghassemi, N. & Nordmeier, V. (2021). Ein Masterstudiengang mit dem Profil Quereinstieg als alternativer Professionalisierungsweg für das Lehramt an Gymnasien und Integrierten Sekundarschulen. In Grebe-Ellis, J. & Grötzebauch, H. (Hrsg.), *Didaktik der Physik, Beiträge zur virtuellen DPG-Frühjahrstagung 2021. PhyDid B* (S. 165–170).
- Ghassemi, N., Pöx, S. & Nordmeier, V. (2022). Alternative Professionalisierungswege für das Lehramt Physik – Eine Bestandsaufnahme. In Habig, S. & van Vorst, H. (Hrsg.), *Unsicherheit als Element von naturwissenschaftsbezogenen Bildungsprozessen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik virtuelle Jahrestagung 2021* (S. 496–499).
- Kleickmann, T. & Anders, Y. (2011). Lernen an der Universität. In Kunter, M., Baumert, J., Blum, W., Klusmann, U., Krauss, S. & Neubrand, M. (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (S. 305–315). Münster: Waxmann.
- Klemm, K. (2021). *Lehrkräftemangel in den MINT-Fächern: Kein Ende in Sicht. MINT-Lehrerbedarf und -angebot bis 2030/31 am Beispiel Nordrhein-Westfalens*. die Ergebnisse für NRW im Überblick.
- KMK (2013). *Gestaltung von Sondermaßnahmen zur Gewinnung von Lehrkräften zur Unterrichtsversorgung. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 05.12.2013*.
- Kunina-Habenicht, O. (2013). Die Bedeutung der Lerngelegenheiten im Lehramtsstudium und deren individuelle Nutzung für den Aufbau des bildungswissenschaftlichen Wissens. The significance of learning opportunities in teacher training courses and their individual use for the development of educational-scientific knowledge. In *Zeitschrift für Pädagogik* (Band 1) (S. 1–23): Beltz Juventa.
- Kunina-Habenicht, O. (2020). Wissen ist Macht: Ein Plädoyer für ein wissenschaftliches Lehramtsstudium. In Scheid, C. & Wenzl, T. (Hrsg.), *Wieviel Wissenschaft braucht die Lehrerbildung? Zum Stellenwert von Wissenschaftlichkeit im Lehramtsstudium* (S. 109–126): Springer VS.
- Lucksnat, C., Fehrmann, I., Müncher, A., Pech, D. & Richter, D. (2022). *Abschlussbericht zur Evaluation des Q-Masters an der Humboldt-Universität zu Berlin*. Universität Potsdam.
- Lucksnat, C., Fehrmann, I., Pech, D., Richter, D. & Zorn, D. (2021). *Zwischenbericht zur Evaluation des Q-Masters an der Humboldt-Universität zu Berlin*.
- Lucksnat, C., Richter, E., Klusmann, U., Kunter, M. & Richter, D. (2020). Unterschiedliche Wege ins Lehramt – unterschiedliche Kompetenzen? *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 1–16.
- Oettinghaus, L., Lamprecht, J. & Korneck, F. (2014). Analyse der professionellen Kompetenz von Referendaren. In Bernhold, S. (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht. Beiträge zur GDGP Jahrestagung München 2013* (S. 135–137). Kiel.
- Richter, D., Becker, B., Hoffmann, L., Busse, J. & Stanat, P. (2019). Aspekte der Aus- und Fortbildung von Lehrkräften im Fach Mathematik und in den naturwissenschaftlichen Fächern. In Stanat, P., Schipolowski, S., Mahler, N., Weirich, S. & Henschel, S. (Hrsg.), *IQB-Bildungstrend 2018. Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen am Ende der Sekundarstufe I im zweiten Ländervergleich* (S. 385–410). Münster: Waxmann.
- Rothland, M. (Hrsg.) (2016). *Beruf Lehrer/Lehrerin. Ein Studienbuch*, Münster, New York: Waxmann.
- Terhart, E. (2020). Gedanken über Lehrermangel. In Jungkamp, B. & Pfafferott, M. (Hrsg.), *Sprung ins kalte Wasser. Stärkung von Seiten- und Quereinsteiger_innen an Schulen* (S. 10–17). Berlin: Friedrich-Ebert-Stiftung.
- Tillmann, K.-J. (2020). Von der Lehrerberarfsprognose zum Seiteneinstieg – bildungspolitische Anmerkungen zur gegenwärtigen Versorgungskrise. *DDS – Die Deutsche Schule*, 2020(4), 439–453.
- Winter, E., Prien, K. & Wolf, E. (2021). Lehrkräftebildung in Deutschland. Podcast 2. <https://jahresbericht.telekom-stiftung.de/bildungs-podcasts-ekkehard-winter> (15.6.2022).

Markus Sebastian Feser¹
 Inka Haak²
 Thorid Rabe²

¹Universität Hamburg
²MLU Halle-Wittenberg

Sense of Belonging in der Studieneingangsphase Physik (VeSP-Be Studie)

Das Ausmaß, in dem Naturwissenschaftsstudierende soziale Eingebundenheit in ihrem Studium empfinden, manifestiert sich in zwei verschiedenen Zugehörigkeitsgefühlen: dem Zugehörigkeitsgefühl der Studierenden zu ihrer eigenen Hochschule (**University Belonging**; kurz: **UB**) und ihrem Zugehörigkeitsgefühl zur naturwissenschaftlichen Fachdomäne (**Sense of Belonging to Science**; kurz: **SBS**) (für eine detaillierte Darstellung siehe Feser, 2020, 2021; Feser et al., 2022). Studien, die sowohl das UB als auch den SBS von Studierenden untersucht haben, kommen übereinstimmend zu dem Ergebnis, dass beide Konstrukte nicht nur theoretisch, sondern auch empirisch voneinander unterscheidbar sind (Findley-Van Nostrand & Polenz, 2017; Feser, 2020; Feser et al., 2022). Darüber hinaus finden sich korrelative Zusammenhänge mit einer Vielzahl studiumserfolgsrelevanter Konstrukte. Während das UB von Studierenden unter anderem mit ihrer Studiumszufriedenheit und ihrem Engagement im Studium positiv zusammenhängt (Fischer, 2007, Gillen-O’Neel, 2021), korreliert der SBS von Studierenden insbesondere mit deren Interesse an Naturwissenschaften, sowie deren naturwissenschaftsbezogenem Kompetenzerleben (Lytle & Shin, 2020; Rattan et al., 2018). Insgesamt weist die bisherige Befundlage darauf hin, dass beide Zugehörigkeitsgefühle relevante Faktoren für die Persistenz, das Engagement und die akademischen Leistungen von Naturwissenschaftsstudierenden darstellen (Strayhorn, 2019; Nunn, 2021). Vereinfacht ausgedrückt: „students who feel as if they belong [...] excel in higher education. Those who feel as if they do not belong [...] tend to perform poorly, transfer, drop out, or withdraw altogether“ (Strayhorn, 2016, S. 50).

UB und SBS sind erst in jüngster Zeit verstärkt in den Fokus naturwissenschaftsdidaktischer Hochschulforschung gerückt. Bisherige Untersuchungen zu beiden Konstrukten wurden allerdings fast ausschließlich im angloamerikanischen Raum durchgeführt. Die Übertragbarkeit bisheriger Befunde auf das deutschsprachige Hochschulsystem ist damit noch nicht geklärt. Darüber hinaus beziehen sich bisherige Untersuchungen meist nicht auf einzelne naturwissenschaftliche Disziplinen wie beispielsweise die Physik, sondern auf Naturwissenschaften insgesamt. Zudem unterscheiden sie bislang selten zwischen Studierenden unterschiedlicher Studiengänge. Daher lassen sich auf Grundlage bisheriger Untersuchungen nur bedingt Aussagen zum UB bzw. SBS von Studierenden treffen, die eine bestimmte naturwissenschaftliche Disziplin in einem spezifischen Studiengang studieren.

Diesen Desideraten widmen wir uns in der **VeSP-Be-Studie** (**V**ergleich von **S**tudieneingangsphasen in **P**hysik hinsichtlich des **S**ense of **B**elonging von Studierenden). Bei dieser Studie handelt es sich um eine querschnittliche Studierendenbefragung zur Eingangsphase des Physikstudiums, deren Haupterhebung 2022 erfolgte. Im Folgenden skizzieren wir das Design und die Durchführung der VeSP-Be-Studie und berichten erste Ergebnisse unserer Datenanalyse.

Design und methodisches Vorgehen

Im Rahmen einer Pilotstudie (siehe Feser et al., 2022), haben wir zunächst aus der Literatur für unser Vorhaben geeigneten Rating-Skalen-Instrumenten ausgewählt und diese – sofern notwendig – minimalinvasiv auf das Physikstudium angepasst. Im Zuge dessen wurde die Skala „Gefühl der Zugehörigkeit“ von Baumert et al. (2009) adaptiert, um das UB von Studierenden zu erfassen, sowie eine auf das Fach Physik spezifizierte Version der Skala von Feser (2020) zum SBS erstellt. Neben weiteren Instrumenten haben wir zudem auf eine Skala zur Studiumsabbruch- und -wechsel-Intention zurückgegriffen (Westermann et al., 1996; Klingsieck & Marker, 2019), sowie auf zwei Skalen, die erfassen, wie leicht es Studierenden fällt, soziale bzw. fachinhaltliche Anforderungen in ihrem Physikstudium zu meistern (Bosse et al., 2019). Anschließend wurden diese Instrumente im Wintersemester 2020/2021 mit insgesamt 69 Physikstudierenden des ersten Semesters an den Universitäten Hamburg und Halle-Wittenberg pilotiert und zu einem 126-Items umfassenden Online-Fragebogen finalisiert (Bearbeitungsdauer ca. 20 Minuten).

Von April bis Juni 2022 wurde dieser Fragebogen Physikstudierenden des zweiten Semesters in ganz Deutschland als freiwillige und anonyme Onlinebefragung vorgelegt. Die Einladung der Studierenden erfolgte mit Hilfe von Werbematerial, das den vor Ort ansässigen Physikdidaktiken bzw. den Dozierenden der entsprechenden Lehrveranstaltungen zur Verfügung gestellt wurde. Als Teilnahmeanreiz wurden 30 Büchergutscheine im Wert von 20 € verlost.

Die eingesetzten Rating-Skalen-Instrumente erwiesen sich hinsichtlich ihrer Qualität als tragfähig – sie weisen gute bis hervorragende interne Konsistenzen, sowie moderate bis hohe Item-Trennschärfen auf. Vorgesehen ist die Analyse der erhobenen Daten bis 2023 abzuschließen. Bereits vorgenommen wurde eine explorative Datenanalyse – namentlich Korrelations- und Lageparameteranalysen, um so erste Befunde zur Beantwortung der beiden folgenden Forschungsfragen zu gewinnen:

- Inwieweit korrelieren SBS und UB bei Physikstudierenden in der Studieneingangsphase statistisch signifikant miteinander sowie mit weiteren studiumserfolgsrelevanten Konstrukten (z. B. Studiumsabbruch- und -wechsel-Intention)?
- Inwieweit zeigen sich statistisch signifikante Unterschiede bzgl. des SBS und des UB bei Physikstudierenden in der Studieneingangsphase, abhängig davon, welchen Studiengang sie studieren, welchem Geschlecht sie sich zugehörig fühlen, ob sie einen Migrationshintergrund aufweisen, sowie ob sie First-Generation-Students sind?

Erste Ergebnisse

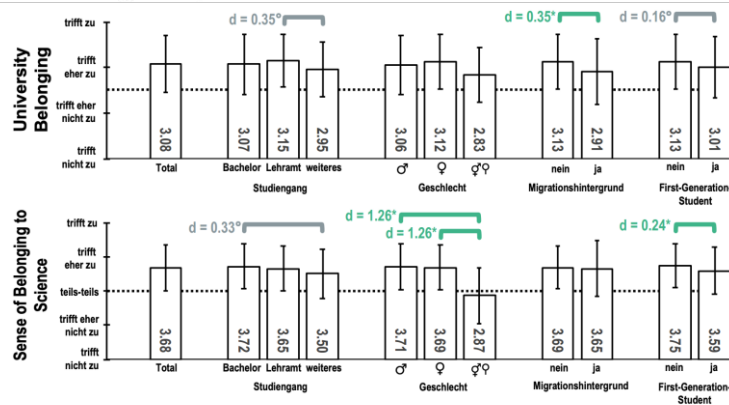
Stichprobe

Insgesamt haben $N = 263$ Studierende des 2. Semesters von 20 verschiedenen Hochschulen unseren Fragebogen vollständig ausgefüllt (Rückläufe pro Hochschule: $M = 10.5$; $SD = 5.9$). Die Teilnehmenden waren zum Erhebungszeitpunkt im Durchschnitt 20.0 Jahre alt ($SD = 2.4$) und fühlen sich mehrheitlich dem männlichen Geschlecht zugehörig (60.5 %). Sie weisen mehrheitlich keinen Migrationshintergrund auf (77.2 %) und sind mehrheitlich keine First-Generation-Students (57.0 %), d.h. mindestens einer ihrer Elternteile hat erfolgreich ein Hochschulstudium absolviert. Zudem verteilen sich die Studierenden in unterschiedlicher Häufigkeit auf verschiedene Physikstudiengänge (Bachelor-Physik = 66.5 %; Lehramt-Physik = 24.0 %; weitere = 9.5 %).

Tab. 1: Erste Ergebnisse der VeSP-Be-Studie aus den Korrelationsanalysen.

| Skala | r_{Pearson} | | r_{Partial} | |
|--------------------------|----------------------|--------|----------------------|--------------|
| | SBS | UB | SBS | UB |
| SBS ($\alpha = 0.85$) | 1.00 | 0.69 | 1.00 | kontrolliert |
| UB ($\alpha = 0.87$) | 0.69** | 1.00 | kontrolliert | 1.00 |
| SAWI ($\alpha = 0.91$) | 0.52** | 0.46** | 0.32** | 0.16** |
| MsA ($\alpha = 0.86$) | 0.56** | 0.77** | 0.06 | 0.64** |
| MfA ($\alpha = 0.76$) | 0.38** | 0.27** | 0.29** | < 0.01 |

Abkürzungen. r_{Pearson} : Pearsons Korrelationskoeffizient; r_{Partial} : Partialkorrelation; SBS: Sense of Belonging to Science; UB: University Belonging; SAWI: Studiumsabbruch- und -wechselintention; MsA: Meistern sozialer Anforderungen im Physikstudium; MfA: Meistern fachinhaltlicher Anforderungen im Physikstudium; α : Cronbachs Alpha; **: $p \leq 0.01$.



*: $p \leq 0.10$; **: $p \leq 0.05$; einseitiger t-Test bzw. Mann-Whitney-U-Test; d: Cohens d; Faustregel: $d \geq 0.20$: schwacher Effekt; $d \geq 0.50$: moderater Effekt; $d \geq 0.80$: starker Effekt.

Abb. 1: Erste Ergebnisse der VeSP-Be-Studie aus den Lageparameteranalysen (die Balkendiagramme zeigen jeweils das arithmetische Mittel, sowie die zugehörige Standardabweichung).

Korrelative Zusammenhänge

Die Ergebnisse der Korrelationsanalysen sind in Tabelle 1 zusammengefasst. Wie aus der linken Hälfte von Tabelle 1 hervorgeht, korrelieren sowohl UB als auch SBS signifikant mit allen weiteren hier angegebenen Konstrukten. Insbesondere korrelieren UB und SBS auf starkem Niveau miteinander. Um daher eventuelle Scheinkorrelationen aufdecken zu können, haben wir entsprechende Partialkorrelationen bestimmt (rechte Hälfte von Tabelle 1). Diese zeigen, dass beide Zugehörigkeitsgefühle unterschiedlich stark mit der Studiumsabbruch- und -wechselintention der Teilnehmenden korrelieren. Darüber hinaus korreliert das Meistern sozialer und fachinhaltlicher Anforderungen (anders als bei einer Betrachtung bivariate Korrelationen) jeweils nur mit dem UB bzw. dem SBS signifikant.

Gruppenunterschiede

Abbildung 1 gibt die Befunde aus der ersten Datenanalyse zu Forschungsfrage 2 wieder. In Bezug auf das UB gibt es lediglich zwischen Teilnehmenden mit bzw. ohne Migrationshintergrund einen signifikanten Mittelwertunterschied. Hinsichtlich des SBS zeigte sich zum einen ein signifikanter Mittelwertunterschied zwischen First-Generation-Students und Nicht-First-Generation-Students. Zum anderen zeigten sich zwischen Teilnehmenden, die sich keinem/einem weiteren Geschlecht zugehörig fühlen und Teilnehmenden, die sich dem männlichen bzw. dem weiblichen Geschlecht zugehörig fühlen, jeweils signifikante und zudem stark aus-

geprägte SBS-Mittelwertunterschiede. Zwischen Teilnehmenden, die unterschiedliche Studiengänge absolvieren, gibt es insgesamt nur vereinzelte, knapp nicht signifikante Mittelwertunterschiede bzgl. beider Zugehörigkeitsgefühle.

Zusammenfassung und Ausblick

Bereits die erste Analyse der in der VeSP-Be-Studie erhobenen Daten liefert deutliche Hinweise dafür, dass sowohl SBS als auch UB (in unterschiedlicher Weise) einen bedeutenden Einflussfaktor für den Studienerfolg von Physikstudierenden in der Studieneingangsphase darstellen können (für weitere erste Befunde aus der VeSP-Be-Studie siehe Haak et al., in diesem Band). Weitere, differenziertere Befunde wird (voraussichtlich) die noch ausstehende tiefgreifendere Datenanalyse, z. B. via Varianz- oder Regressionsanalysen, liefern.

Anmerkung

Wir danken der Max-Traeger-Stiftung für die Förderung der VeSP-Be-Studie. Den Kolleg*innen, die uns bei der Erhebung vor Ort unterstützt haben, sei ebenfalls herzlich gedankt.

Literatur

- Baumert, J., Blum, W., Brunner, M., Dubberke, T., Jordan, A., Klusmann, U., Krauss, S., Kunter, M., Löwen, K., Neubrand, M., & Tsai, Y.-M. (2009). *Professionswissen von Lehrkräften, kognitiv aktivierender Mathematikunterricht und die Entwicklung von mathematischer Kompetenz (COACTIV): Dokumentation der Erhebungsinstrumente*. Max-Planck-Institut für Bildungsforschung.
- Bosse, E., Mergner, J., Wallis, M., Jänsch, V. K., & Kunow, L. (2019). *Gelingendes Studieren in der Studieneingangsphase*. Universität Hamburg, Universitätsdruckerei.
- Feser, M. S. (2020). Sense of Belonging to Science – Entwicklung eines Erhebungsinstrumentes für Lehramtsstudierende. *Progress in Science Education (PriSE)*, 3(2), 10–21.
- Feser, M. S. (2021). Students' and student teachers' sense of belonging to science: What do we know so far? *Journal of Baltic Science Education*, 20(3), 340–343.
- Feser, M. S., Haak, I., & Rabe, T. (2022). Zugehörigkeitsgefühl Physikstudierender in der Studieneingangsphase. In S. Habig & H. van Vorst (Hrsg.), *Unsicherheit als Element von naturwissenschaftsbezogenen Bildungsprozessen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, virtuelle Jahrestagung 2021* (S. 140–143). Universität Duisburg-Essen.
- Findley-Van Nostrand, D., & Pollenz, R. S. (2017). Evaluating Psychosocial Mechanisms Underlying STEM Persistence in Undergraduates: Evidence of Impact from a Six-Day Pre-College Engagement STEM Academy Program. *CBE—Life Sciences Education*, 16(2), article 36.
- Fischer, M. J. (2007). Settling into campus life: Differences by race/ethnicity in college involvement and outcomes. *The Journal of Higher Education*, 78(2), 125–156.
- Gillen-O'Neel, C. (2021). Sense of belonging and student engagement: A daily study of first- and continuing-generation college students. *Research in Higher Education*, 62, 45–71.
- Haak, I., Feser, M. S., & Rabe, T. (in diesem Band). Lerngruppenaktivität Physikstudierender in der Studieneingangsphase. In H. van Vorst (Hrsg.), *Lernen, Lehren und Forschen in einer digital geprägten Welt. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Aachen 2022*. Universität Duisburg-Essen.
- Klingsieck, K. B. & Marker, R. (2019). Zweifel am Studium. Konzeptuelle Überlegungen und eine erste empirische Annäherung. *die hochschullehre*, 5, 825–838.
- Lytle, A., & Shin, J. E. (2020). Incremental beliefs, STEM efficacy and STEM interest among first-year undergraduate students. *Journal of Science Education and Technology*, 29, 272–281.
- Nunn, L. M. (2021). *College belonging: How first-year and first-generation students navigate campus life*. Rutgers University Press.
- Rattan, A., Savani, K., Komarraju, M., Morrison, M. M., Boggs, C., & Ambady, N. (2018). Meta-lay theories of scientific potential drive underrepresented students' sense of belonging to science, technology, engineering, and mathematics (STEM). *Journal of Personality and Social Psychology*, 115(1), 54–75.
- Strayhorn, T. L. (2016). *Student development theory in higher education: A social psychological approach*. Routledge.
- Strayhorn, T. L. (2019). *College students' sense of belonging: A key to educational success for all students*. Routledge.
- Westermann, R., Heise, E., Spies, K., & Trautwein, U. (1996). Identifikation und Erfassung von Komponenten der Studienzufriedenheit. *Psychologie in Erziehung und Unterricht* 43 (1), 1–22.

Sascha Wittchen¹
 Claus Bolte¹
 Nils Machts²
 Jens Möller²

¹Freie Universität Berlin
²Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Analyse chemiedidaktisch relevanter Faktoren der Leistungsdiagnostik

Einleitung

Wie sich im Rahmen der COACTIV-Studie zeigte, hängen die diagnostischen Kompetenzen Lehrender in praktisch bedeutsamer Weise positiv mit den Leistungen ihrer Schüler*innen zusammen (Brunner, Anders, Hachfeld & Krauss, 2011, S. 229-230). Dementsprechend ist es nicht verwunderlich, dass die KMK die Förderung diagnostischer Kompetenzen angehender Lehrer*innen in den Standards für Lehrerbildung verankerte (KMK, 2019, S. 11-12). Unklar ist jedoch, wie es um die diagnostischen Kompetenzen (angehender) Lehrer*innen bestellt ist und inwiefern sich der Stand der Kompetenzentwicklung zu verschiedenen Zeitpunkten der Ausbildung unterscheidet. Um diesen Fragen nachzugehen, haben wir den Simulierten Klassenraum Chemie, ein digitales Tool zur Erfassung dreier Dimensionen diagnostischer Kompetenzen (angehender) Chemie-Lehrer*innen, entwickelt.

Theorie

Das Ausmaß diagnostischer Kompetenzen von Lehrer*innen wird häufig anhand der Übereinstimmung ihrer Leistungsbeurteilungen mit den durch einen Test erfassten Leistungen der zu beurteilenden Schüler*innen erfasst (Südkamp, Kaiser & Möller, 2012, S. 756; Südkamp & Praetorius, 2017, S. 34). Dabei werden laut Schrader (1989, S. 86-89) drei Komponenten der Urteilsgenauigkeit unterschieden: die *Rangkomponente*, die *Niveauelemente* und die *Differenzierungskomponente*. Die *Rangkomponente* beschreibt, inwiefern die Beurteilungen der Schüler*innen-Leistungen die leistungsbezogene Rangfolge der Schüler*innen abbilden. Da Schüler*innen, die in einer bestimmten Klasse besonders leistungsstark oder -schwach sind, in einer anderen Klasse nicht mehr als leistungsstark bzw. -schwach gelten würden, ist es ebenfalls von großem Interesse, inwiefern die Leistungsbeurteilungen das mittlere Leistungsniveau einer Klasse abbilden. Die Abbildung des mittleren Leistungsniveaus einer Klasse wird anhand der *Niveauelemente* quantifiziert. Darüber hinaus ist es, insbesondere mit Blick auf die Auswahl geeigneter Maßnahmen und Materialien zur Binnendifferenzierung, bedeutsam, inwiefern die einzelnen Leistungsbeurteilungen eines Lehrers/einer Lehrerin die Leistungsheterogenität der Klasse abbildet. Die Genauigkeit der Abbildung der Leistungsheterogenität wird mit Hilfe der *Differenzierungskomponente* beschrieben.

Neben den Komponenten der Urteilsgenauigkeit beschreibt Schrader (1989, S. 57) drei Arten von Beurteilungen, die sich im Hinblick auf den Beurteilungsgegenstand unterscheiden. Dabei handelt es sich um die Beurteilungen von Aufgabenschwierigkeiten, Beurteilungen der Leistungen einzelner Schüler*innen in Bezug auf einzelne Aufgaben, sowie Beurteilungen der Gesamtleistungen einzelner Schüler*innen.

Auf Basis unserer theoriegeleiteten Überlegungen zielt unsere Arbeit auf die Beantwortung folgender Forschungsfragen ab:

- *Wie akkurat beurteilen Lehramtsstudierende mit Fach Chemie die Leistungen von Schüler*innen unter Berücksichtigung jeweils unterschiedlicher Aufgabenschwierigkeiten und der Qualität der Antworten der Schülerinnen und Schüler?*
- *Inwiefern verändert sich die Genauigkeit der jeweils unterschiedlichen Leistungsbeurteilungen, wenn dieselben Schülerinnen und Schüler (dieselbe Klasse) ein zweites Mal unterrichtet und beurteilt werden?*
- *Inwiefern unterscheiden sich die Genauigkeiten der jeweils unterschiedlichen Leistungsbeurteilungen in verschiedenen Abschnitten der ersten Ausbildungsphase?*

Methode

Zwecks der Beantwortung unserer Forschungsfragen haben wir den *Simulierten KlassenRaum* (SKR; Fielder et al. 2002; Südkamp, 2010) adaptiert und den *Simulierten KlassenRaum Chemie* (SKR-Chemie; Wittchen, Bolte Machts & Möller, 2022) entwickelt. Der *SKR-Chemie* erlaubt die Simulation von Unterrichtsgesprächen zwischen Chemie-Lehrer*innen und 12 Schüler*innen (sechs Jungen und sechs Mädchen) der Doppeljahrgangsstufe 7/8. Die Versuchsteilnehmer*innen interagieren mit den simulierten Schüler*innen, indem Sie ihnen Fragen und Aufgaben stellen. Dazu können sie aus einem Pool von Impulsen auswählen, die drei unterschiedliche Schwierigkeitsniveaus abbilden. Auf einen gegebenen Impuls hin melden sich einige der simulierten Schüler*innen in Abhängigkeit ihrer festgelegten Motivationsparameter. Aufgerufene Schüler*innen antworten in Abhängigkeit ihrer vorab festgelegten Leistungsparameter und des Schwierigkeitsniveaus der Aufgabe mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit (siehe Wittchen, Bolte, Machts & Möller, 2022) entweder *fachlich richtig*, *in Teilen fachlich richtig/unvollständig* oder *fachlich falsch*. Die Versuchsteilnehmer*innen werden auf die Antwort des Schülers/der Schülerin hin gebeten, diese entlang der drei oben genannten Kategorien zu beurteilen. Nach Beendigung des zwanzigminütigen Unterrichtsgesprächs werden die Versuchsteilnehmer*innen aufgefordert, die Leistungen der einzelnen Schüler*innen zu beurteilen. Dabei sollen sie sowohl die Gesamtleistung ungeachtet der Aufgabenschwierigkeiten als auch die Leistungen der Schüler*innen bezüglich der drei Schwierigkeitsniveaus beurteilen. Die Leistungsbeurteilungen werden anschließend entsprechend der Beurteilungskomponenten nach Schrader (1989, S. 86-89) hinsichtlich ihrer Genauigkeiten analysiert. Als Referenz dienen hierbei die vorab eingestellten Leistungsparameter der simulierten Schüler*innen.

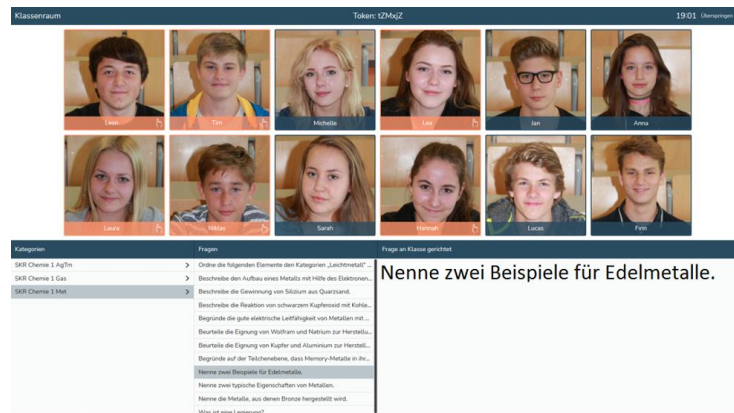


Abbildung 1: User-Interface des SKR-Chemie. Die orangene Hinterlegung der Schülernamen zeigt eine Meldung an.

Ergebnisse

Insgesamt haben 59 Lehramtsstudierende des Faches Chemie an unserer Untersuchung teilgenommen. Davon befanden sich 35 Studierende in der Bachelor- und 24 Studierende in der Master-Phase. Die Ergebnisse unserer Studie sind der Tabelle 1 zu entnehmen.

Tabelle 1: Beurteilungskomponenten differenziert nach zu berücksichtigenden Schwierigkeitsniveaus und Durchläufen. Die jeweils erste Zeile enthält die Werte der Bachelor-Studierenden, während die jeweils zweite Zeile die Werte der Master-Studierenden enthält.

| | Optimum | Schwierigkeitsniveau | | | | | | | |
|-----------------------------|---------|----------------------|------|--------|-------|---------|------|-----------|------|
| | | alle | | leicht | | moderat | | schwierig | |
| Durchlauf | - | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| Rangkomponente | 1 | 0.22 | 0.44 | 0.18 | 0.33 | 0.22 | 0.28 | 0.20 | 0.33 |
| | | 0.27 | 0.34 | 0.16 | 0.30 | 0.19 | 0.28 | 0.22 | 0.23 |
| Niveauelemente | 0 | 0.20 | 0.18 | 0.04 | 0.02 | 0.16 | 0.14 | 0.31 | 0.26 |
| | | 0.12 | 0.14 | -0.06 | -0.06 | 0.08 | 0.05 | 0.20 | 0.20 |
| Differenzierungs-komponente | 1 | 0.84 | 0.98 | 0.73 | 1.06 | 0.97 | 1.28 | 1.04 | 1.24 |
| | | 0.83 | 0.97 | 0.80 | 1.02 | 0.90 | 1.03 | 1.05 | 1.09 |

Die Werte der *Rangkomponente* zeigen, dass es den Studierenden nach dem ersten Durchlauf kaum gelang, die leistungsbezogene Rangfolge der Schüler*innen in ihren Beurteilungen abzubilden. Nach dem zweiten Durchlauf ist eine substanzielle Steigerung der Urteils-genauigkeiten zu verzeichnen. Die Ergebnisse deuten ferner darauf hin, dass es unseren Bachelor-Studierenden etwas besser gelang, die Leistungsrangfolge der Schüler*innen abzubilden. Die Ergebnisse bezüglich der *Niveauelemente* lassen erkennen, dass unsere Probanden die mittlere Gesamtleistungen der Klasse deutlich überschätzen. Die nach Schwierigkeitsniveaus differenzierten Ergebnisse zeigen für beide Teilstichproben einen zunehmenden Trend zur Überschätzung des mittleren Leistungsniveaus mit zunehmender Schwierigkeit der zu berücksichtigenden Aufgaben (vgl. Wittchen, Bolte, Machts & Möller, 2022). Dieser Effekt scheint bei Master-Studierenden jedoch geringer ausgeprägt zu sein. Die Werte der *Differenzierungskomponente* zeigen, dass es den Versuchsteilnehmer*innen recht gut gelang, die Leistungsheterogenität der Klasse in ihren Urteilen widerzuspiegeln. Auch in

diesem Aspekt der Urteilsgenauigkeit zeigt sich, dass Master-Studierende akkuratere Beurteilungen vornehmen. Insgesamt deuten die Ergebnisse (erwartungskonform) auf stärker ausgeprägte diagnostische Kompetenzen auf Seiten der Master-Studierenden hin.

Fazit & Ausblick

Wie unsere Ergebnisse zeigen, ermöglicht der *SKR-Chemie* die differenzierte Analyse der diagnostischen Kompetenzen (angehender) Chemie-Lehrer*innen zu verschiedenen Zeitpunkten der ersten Ausbildungsphase. In zukünftigen Studien werden wir die diagnostischen Kompetenzen von Lehramtsstudierenden und Lehramtsanwärter*innen des Faches Chemie vergleichend untersuchen. Darüber hinaus arbeiten wir bereits an der Konzeption eines *SKR* für den integrierten naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht der Doppeljahrgangsstufe 5/6 (*SKR-Nawi*). Schlussendlich gilt es, die Eignung des Tools zur systematischen und individuellen Förderung diagnostischer Kompetenzen während der ersten und zweiten Ausbildungsphase (quasi-)experimentell zu überprüfen.

Literatur

- Brunner, M., Anders, Y., Hachfeld, A. & Krauss, S. (2011). Diagnostische Fähigkeiten von Mathematiklehrkräften. In: M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV*. Münster: Waxmann.
- Fiedler, Walther, E., Freytag, P., & Plessner, H. (2002). Judgment Biases in a Simulated Classroom—A Cognitive-Environmental Approach. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 88(1), 527–561. <https://doi.org/10.1006/obhd.2001.2981>
- KMK – Sekretariat der ständigen Kultusministerkonferenz der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (2019). Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften. Abgerufen unter: https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2002/2004_12_16-Standards-Lehrerbildung-Bildungswissenschaften.pdf.
- Schrader, F.-W. (1989). Diagnostische Kompetenzen von Lehrern und ihre Bedeutung für die Gestaltung und Effektivität des Unterrichts. Frankfurt am Main: Peter Lang (S. 57).
- Südkamp, A. (2010). Diagnostische Kompetenz: Zur Genauigkeit der Beurteilung von Schülerleistungen durch Lehrkräfte. Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Philosophischen Fakultät der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.
- Südkamp, A., Kaiser, J. & Möller, J. (2012). Accuracy of teachers' judgements of students' academic achievement: A meta-analysis. *Journal of Educational Psychology*, 104, (S. 743-762).
- Südkamp, A. & Praetorius, A.-K. (2017). Diagnostische Kompetenz von Lehrkräften. Münster: Waxmann. (S. 21-22).
- Wittchen, S., Bolte, C., Machts, N. & Möller, J. (2022). Erfassung diagnostischer Kompetenzen Lehramtsstudierender des Faches Chemie. In: S. Habing (Hrsg.), *Unsicherheiten als Element von naturwissenschaftsbezogenen Bildungsprozessen*. Universität Duisburg-Essen.

Förderung reflektierter Entscheidungen – Studienergebnisse

In unserem Beitrag stellen wir Ergebnisse einer 2x2-Interventionsstudie vor, in deren Fokus die Förderung der Fähigkeit zur Reflexion eigener Entscheidungen als Facette von Bewertungskompetenz stand. Die theoretische Grundlage bildet zum einen die psychologische Erkenntnis, dass die meisten Entscheidungen basierend auf Gefühlen oder Routinen anstatt rationalen Abwägungsprozessen getroffen werden (z. B. Kahneman 2012). Daher ist es vermutlich nicht ausreichend, Schüler:innen allein durch die Vermittlung wissenschaftlicher Kenntnisse oder komplexer Entscheidungsstrategien zu rationalen Entscheidungen zu befähigen. Wir plädieren für die Integration von Reflexion in den Physikunterricht, da sie ein Mittel sein kann, um bewusst eine durchdachte, rationale Entscheidungsstrategie zu wählen und zu verstehen, wie Gefühle Meinungen formen. Zum anderen scheint die Fähigkeit, rationale, reflektierte Entscheidungen zu treffen, insofern kontextabhängig zu sein, als dass die Perspektive eines SSI den Prozess der Entscheidungsfindung beeinflusst (Fang 2019, Sadler 2004).

Design, Sample und Auswertung

Die Forschungsfrage lautete, ob sich die Fähigkeit zur Reflexion eigener Entscheidungen als Facette von Bewertungskompetenz in einem Physikunterricht in Abhängigkeit von (1) dem Einführen und Üben einer Methode der Reflexion im Unterricht oder (2) der Perspektive des behandelten Entscheidungsproblems (SSI) oder (3) einer Interaktion beider Merkmale fördern lässt (Abb. 1).

| | | Unabhängige Variable 1 | |
|------------------------|---------------------|------------------------|------------------------|
| | | Methode der Reflexion | |
| Unabhängige Variable 2 | Perspektive des SSI | ... unterrichtet | ... nicht unterrichtet |
| | Ich-Perspektive | Reflexion + Ich | Fachwissen + Ich |
| | Wir-Perspektive | Reflexion + Wir | Fachwissen + Wir |

Abb. 1: Das 2x2-Design und die Bezeichnung der Interventionsgruppen

In den Gruppen, in denen eine Reflexionsmethode unterrichtet wurde, entwickelte die Klasse fünf Reflexionsebenen mit Hilfe eines fiktiven Reflexionsgesprächs zwischen zwei Personen, das in Text- und Audioform vorlag. Nach der Einführung der Reflexionsmethode übten die Schüler:innen diese mit einem Partner. Die Gruppen, in denen keine Reflexionsmethode gelehrt wurde, lernten stattdessen Wissen zum Thema der Stunde, elektromagnetische (insbesondere Handy-) Strahlung, und experimentierten.

Zur Handystrahlung wurden zwei SSIs formuliert, wobei je eins von jedem:r Schüler:in individuell während des Unterrichts entschieden wurde. In Abhängigkeit von der unabhängigen Variable 2 war ein SSI aus einer Ich- und der andere aus einer Wir-Perspektive geschrieben. Beide SSIs standen den Schüler:innen als Cartoon zur Verfügung. Die Ich-Perspektive betraf die Frage, welches Handy man kaufen sollte und die Wir-Perspektive fragte

nach den gesetzlichen Vorgaben zu Abständen zwischen Mobilfunksendemasten und Wohnhäusern.

Der Interventionsunterricht dauerte 180 Minuten und wurde von drei Testzeitpunkten flankiert, wobei der Prä- und Post-Test am selben Tag wie der Interventionsunterricht und der Follow-Up-Test drei Monate nach der Intervention durchgeführt wurde. Die Stichprobe bestand aus insgesamt 164 Schüler:innen (Abb. 2) in acht natürlichen und damit ungleich besetzten Lerngruppen. Jeder Interventionsgruppe wurden zufällig zwei natürliche Lerngruppen zugewiesen.

Der Prä-, Post- und Follow-Up-Test bestanden u. A. jeweils aus einer Aufgabe zur Reflexion der eigenen Entscheidungen (Reflexionsaufgabe). Die Reflexionsaufgabe bestand aus zwei SSIs (einem aus der Ich- und einem aus der Wir-Perspektive) im gleichen physikalischen Kontext - der Energiebilanz von lokalem vs. Online-Einkauf. Der Prompt und seine Eignung zur Erhebung der Fähigkeit zur Selbstreflexion eigener Entscheidungen wurde in Vorstudien (Ratzek & Höttecke 2021) getestet. Nach einer kurzen Beschreibung des (physikalischen) Kontextes wurden die Ich- und die Wir-Perspektive skizziert sowie die Schüler:innen aufgefordert, ihre Entscheidung detailliert zu beschreiben, zu reflektieren und kritisch zu betrachten.

Die Reflexionsaufgabe wurde mit Hilfe der Qualitativen Inhaltsanalyse (Schreier 2012) und eines deduktiv-induktiven Kategoriensystems ausgewertet, das im Rahmen von Vorstudien entwickelt und getestet worden war (Ratzek et al. 2020; Ratzek & Höttecke 2021). Die qualitative Kodierung wurde anschließend bepunktet und so ein Reflexions-Score vergeben, um Unterschiede zwischen den Interventionsgruppen quantitativ bestimmen zu können.

Ergebnisse

Bezüglich der Prä-Test-Ergebnisse und damit der Ausgangssituation der vier Interventionsgruppen ergab eine 2-faktorielle ANOVA einen signifikanten Haupteffekt der Methode der Reflexion ($F=13.23$, $p<0.001$, $\omega^2=0.07$), der Perspektive ($F=6.47$, $p<0.05$, $\omega^2=0.03$) sowie einen Interaktionseffekt ($F=8.88$, $p<0.01$, $\omega^2=0.05$). Post-hoc Tukey-Kramer-Tests zeigen, dass die Gruppe Fachwissen+Wir signifikant schlechtere Reflexions-Scores erzielte als die anderen drei Gruppen (Reflexion+Ich: $p<0.001$, $d=0.84$; Reflexion+Wir: $p<0.001$, $d=1.07$; Fachwissen+Ich: $p<0.01$, $d=1.82$).

Die Analyse der Reflexionsaufgabe wurde an die Erhebungsbedingungen, insbesondere die kurze Zeitspanne zwischen Prä- und Post-Test angepasst, da es unwahrscheinlich war, dass die Schüler:innen Aspekte, die sie im Prä-Test erwähnten in einem Zeitraum von etwa 3 Stunden bis zum Post-Test vergessen. Aus diesem Grund wurde die Punktzahl im Prä-Test als Ausgangswert genommen und die Unterschiede zwischen den Interventionsgruppen hinsichtlich der Anzahl der im Post-Test hinzugekommenen Aspekte ermittelt. Um eine Vergleichbarkeit zwischen den Zeitpunkten des Posttests und des Follow-Up-Tests herzustellen, wurde für beide Testzeitpunkte so verfahren.

Aufgrund heterogener Varianzen ergab eine modifizierte Variante des Brown-Forsythe-Tests einen signifikanten Haupteffekt der Methode der Reflexion ($F=58.64$, $p<0.001$, $\omega^2=0.32$)

| | Gesamt |
|------------------------|---------------|
| <u>N</u> Klassen | 8 |
| <u>N</u> Sus Prä-Test | 164 |
| <u>N</u> Sus Post-Test | 161 |

Abbildung 2: Samplegröße pro Testzeitpunkt

sowie einen signifikanten Interaktionseffekt ($F=7.55$, $p<0.01$, $\omega^2=0.05$). Die Ergebnisse der post-hoc Games-Howell-Tests sind in Abb. 3 aufgeführt.

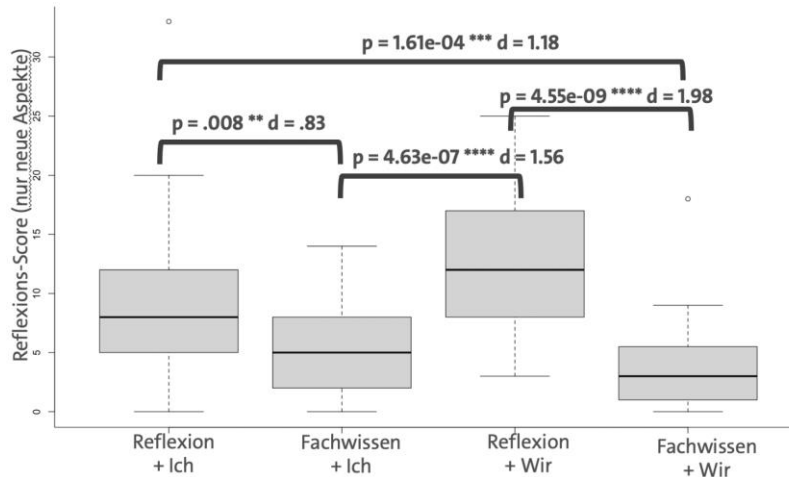


Abbildung 3: Die Reflexions-Scores der vier Interventionsgruppen dargestellt in Boxplots sowie die signifikanten Unterschiede.

Für die Follow-Up-Testergebnisse ergab eine 2-faktorielle ANOVA nur einen signifikanten Haupteffekt der Methode der Reflexion ($F=4.47$, $p<0.001$, $\omega^2=0.02$). Tukey-Kramer-post-hoc-Tests zeigten, dass die Gruppen, in denen die Methode der Reflexion unterrichtet wurde, signifikant bessere Ergebnisse in der Fähigkeit zur Reflexion eigener Entscheidungen zeigten, als die Gruppen, die sich stattdessen Fachwissen erarbeiteten ($p<0.05$, $d=0.37$).

Diskussion

In der vorgestellten Studie wurde untersucht, ob die Fähigkeit zur Reflexion eigener Entscheidungen durch eine Intervention, und in Abhängigkeit von (1) der Einführung und Übung einer Reflexionsmethode, (2) der Perspektive des Entscheidungsproblems oder (3) einer Interaktion beider Merkmale, gefördert werden kann. Ein Intergruppenvergleich zeigte, dass die Fähigkeit zur Reflexion als Facette von Bewertungskompetenz messbar durch die Einführung und Übung einer Methode der Reflexion gefördert werden kann. Dass der Effekt im Post-Test stark und im Follow-Up-Test nur schwach ist, weist darauf hin, dass für einen nachhaltigen Effekt regelmäßiges Üben erforderlich ist. Insgesamt weisen die Ergebnisse jedoch darauf hin, dass Reflexion etwas ist, das man im Physikunterricht lernen und lehren kann.

Die Befunde sind zum einen durch die kleine, nicht-randomisierte Stichprobe und zum anderen durch die Testsituation begrenzt. Limitierende Faktoren sind dabei das kurze zeitliche Intervall zwischen Prä- und Post-Test sowie die Verwendung der gleichen Aufgaben in allen drei Tests.

Literatur

- Fang, S.-C., Hsu, Y.-S. & Lin, S.-S. (2019). Conceptualizing Socioscientific Decision Making from a Review of Research in Science Education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 17, 427-448.
- Kahneman, D. (2012). *Thinking fast and slow*. Penguin Books.
- Ratzek, J., Schlei, S. & Höttecke, D. (2020). Förderung von Bewertungskompetenz durch Reflexion. In S. Habig (Ed.), *Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Wien 2019.
- Ratzek, J. & Höttecke, D. (2021). Reflexion von Bewertungsprozessen. Ergebnisse einer Vorstudie. In: S. Habig (Ed.) *Naturwissenschaftlicher Unterricht und Lehrerbildung im Umbruch?* 517-520. GDGP, Online-Jahrestagung 2020.
- Sadler, T. D. (2004). Informal Reasoning Regarding Socioscientific Issues: A Critical Review of Research. *Journal of Research in Science Teaching*, 41 (5), 513-536.
- Schreier, M. (2012). *Qualitative Content Analysis in Practice*. SAGE.

Steffen Brockmüller¹
Mathias Ropohl²

¹Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
²Universität Duisburg-Essen

Ist Vorwissen ein Prädiktor für Schwierigkeiten beim Auswerten von Versuchsdaten?

Theoretischer Hintergrund und Fragestellung

Das Auswerten von Versuchsdaten ist eine für Schüler:innen anspruchsvolle naturwissenschaftliche Denkweise, die sich insbesondere dadurch auszeichnet, dass verschiedene Wissensbereiche angewendet und miteinander sowie mit den Versuchsergebnissen in Beziehung gesetzt werden müssen. So spielt für (1) das Daten Aufbereiten und (2) Interpretieren, (3) das Schlussfolgern, (4) die kritische Reflexion des Versuchs sowie das (5) Finden möglicher Generalisierungen neben dem fachlich-konzeptuellen Wissen auch das Wissen über Prozesse des Datenauswertens (prozedurales Wissen) und das Wissen über Konzepte und Begründungen naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung (epistemisches Wissen) eine Rolle. Während die Beziehungen dieser Wissensbereiche untereinander bereits naturwissenschaftsdidaktische Aufmerksamkeit erhalten haben (Nehring & Schwichow, 2020), ist ihr Einfluss auf die Performanz von Lernenden beim Anwenden von Denk- und Arbeitsweisen in Experimentiersituationen bislang wenig erforscht. Die hier beschriebene Studie zielt darauf ab, durch die Untersuchung manifester Schwierigkeiten beim Auswerten von Versuchsdaten und deren Zusammenhang mit den Wissensbereichen Evidenz in diesem Bereich zu schaffen. Im Fokus stehen dabei Oberstufenlernende, da für diese Population bislang auch qualitativ wenig über Schwierigkeiten beim Experimentieren bekannt ist (z.B. Toplis, 2006). Schwierigkeiten, die in einer Reihe von Studien zu jüngeren Lernenden identifiziert worden sind, können zudem nicht ohne Weiteres auf Oberstufenlernende übertragen werden (s. Arnold, Kremer & Mayer, 2014). Die höhere Komplexität von Experimenten und geforderte Selbstständigkeit in der Oberstufe lässt darüber hinaus einen Einfluss des Vorwissens der Schüler:innen erwarten (Schiepe-Tiska, Rönnebeck & Neumann, 2019).

Es ist folglich zu klären, (*FF1*) welche Schwierigkeiten bei der Datenauswertung bei Lernenden der Oberstufe beim Auswerten aus chemischen Versuchen gewonnener Daten bestehen und (*FF2*) wie das Auftreten dieser Schwierigkeiten mit dem fachlich-konzeptuellen, dem prozeduralen und dem epistemischen Wissen der Schüler:innen zusammenhängt.

Methode

Zur Beantwortung der beiden Forschungsfragen wurden in zehn Grund- und Leistungskursen der Q1 und Q2 von Gesamtschulen und Gymnasien zum einen während einer Unterrichtsstunde Daten zu den einzelnen Vorwissensbereichen erhoben ($N = 154$). Hierzu wurden drei aus bestehenden Instrumenten adaptierte Skalen zum fachlich-konzeptuellen (Hülsmann, 2015), zum prozeduralen (Vorholzer et al. 2016) und zum epistemischen Wissen (Arnold, 2015) eingesetzt und mithilfe der Software Winsteps raschskaliert. Die Skalen zeigen eine zufriedenstellende Personenreliabilität ($.69 \leq PR \leq .75$). Darüber hinaus zeigen sich mittlere Korrelationen ($.28 \leq \rho \leq .63$) zwischen den einzelnen Skalen, sodass von

ausreichender Diskrimination ausgegangen werden kann. Zusätzlich wurden die kognitiven Fähigkeiten (nonverbale Skala, Heller & Perleth, 2000) erhoben ($\alpha = .79$).

Zum anderen führten die Schüler:innen während zweier weiterer Unterrichtsstunden vorstrukturierte Titrationsexperimente in Zweiergruppen durch (Versuch 1: Vergleich der Säurestärke zweier Säuren, Versuch 2: Untersuchung einer Pufferlösung). Grundlegende Informationen, Fragestellung, Hypothesen und Durchführung des Versuchs wurden den Schüler:innen vorgegeben. Als Resultat der durch digitale Sensoren unterstützten Versuchsdurchführung lagen den Schüler:innen Messdaten zweier Titrationsmessreihen vor. Die Auswertung dieser Daten erfolgte auf Basis offener Aufgabenstellungen, die an den fünf Teilbereichen des Datenauswertens (s.o.) orientiert formuliert wurden. Eine Teilstichprobe wurde dabei videographiert ($n = 72$ in 36 Zweiergruppen). Die resultierenden Videodaten wurden entsprechend einer zusammenfassenden qualitativen Inhaltsanalyse (Mayring, 2015), ergänzt durch die schriftlichen Lernendenantworten, induktiv auf unmittelbar beobachtbare Schülerschwierigkeiten hin untersucht, indem basierend auf einem aus Kechel (2016) adaptierten Kodiermanual sukzessive Schwierigkeiten identifiziert und kategorisiert wurden. Dazu wurde zunächst für beide Versuche durch zwei unabhängige Kodierer je ein Kategoriensystem erstellt. Anschließend wurden die Kategoriensysteme kritisch verglichen, wo nötig angepasst und vereinheitlicht, sodass ein Kategoriensystem, das für beide Versuche einsetzbar ist, entstand. Das Kategoriensystem wurde in der Folge auf das verbleibende Datenmaterial angewandt. Dabei wurden wo nötig weiterhin neue Kategorien formuliert und prozessbegleitend innerhalb des Kodiererteams synchronisiert.

Ergebnisse

Als Resultat der Videoanalyse liegt ein Kategoriensystem mit insgesamt 38 Kategorien vor, die sich über die fünf Teilbereiche des Auswertens erstrecken. Diese Schwierigkeitskategorien sind in Tabelle 1 einzusehen. Es zeigt sich, dass das Kodiermanual im Bereich *Daten aufbereiten* besonders produktiv ist. Hier ergaben sich insgesamt 17 Schwierigkeitskategorien. Die restlichen 21 Kategorien verteilen sich auf die weiteren Bereiche. Eine Schwierigkeit wurde durchschnittlich bei $M_{S1} = 14.32$ (Versuch 1) bzw. $M_{S2} = 17.57$ Proband:innen (Versuch 2) diagnostiziert. Hohe Standardabweichungen dieser Mittelwerte zeigen, dass es sowohl Personen mit wenigen als auch mit vielen diagnostizierten Schwierigkeiten gibt ($SD_{S1} = 11.15$ bzw. $SD_{S2} = 16.40$). Gleichzeitig wurden einer Person durchschnittlich $M_{P1} = 9.15$ Schwierigkeiten bzw. $M_{P2} = 11.22$ Schwierigkeiten zugewiesen. Die Standardabweichungen ($SD_{P1} = 4.10$ bzw. $SD_{P2} = 4,95$) verweisen auf Varianz innerhalb der Stichprobe.

Um die Schwierigkeiten auf Ihren Zusammenhang mit dem Vorwissen hin zu untersuchen, wurde für jede Schwierigkeit, bei der die Anzahl der Events dies zuließ, ein binär-logistisches Regressionsmodell berechnet, welches neben den drei Wissensbereichen zusätzlich die kognitiven Fähigkeiten enthielt. Aufgrund des explorativen Charakters dieser Analysen erfolgte die finale Auswahl der Variablen durch algorithmischen Rückwärtsausschluss (Likelihood-Quotienten-Test). Es resultieren auf diese Weise Regressionsmodelle, in denen ein bzw. zwei Prädiktoren verbleiben. Weit überwiegend ergeben sich erwartungsgemäß negative Prädiktoren – Die Auftretenswahrscheinlichkeit der Schwierigkeiten sinkt folglich mit steigendem Vorwissen. Die in den finalen Regressionsmodellen jeweils signifikanten Prädiktoren sind in Tabelle 1 verzeichnet. Es zeigt sich, dass im ersten Versuch häufig das

prozedurale und insbesondere das epistemische Wissen eine Rolle spielt, während im zweiten Versuch das fachlich-konzeptuelle Wissen an Relevanz hinzugewinnt.

Tab.1 Schwierigkeitskategorien mit jeweils signifikanten Prädiktoren

| | # | Kurzbezeichnung der Kategorie | Prädiktoren | |
|-------------------|----|--|-----------------------|-----------------------------|
| | | | Versuch I | Versuch II |
| Daten aufbereiten | 1 | Start-pH-Wert nicht eingetragen | EpW | FW, KFT |
| | 2 | Auswahl der Messwerte u./o. Intervalle auf den Achsen zu grob | <i>n.s.</i> | <i>n.s.</i> |
| | 3 | Falsche Variable(n) auf Achse(n) aufgetragen | FW | PrW |
| | 4 | Ungeeignete(s) Kriterium/Regel zur Auswahl von Messwerten | <i>n.s.</i> | <i>n.s.</i> |
| | 5 | Unsicherheit bzgl. Kriterium/Regel zur Auswahl v. Messwerten | EpW | <i>n.s.</i> |
| | 6 | Unsicherheit, welche Variable(n) auf Achse(n) aufzutragen sind | <i>n.s.</i> | <i>n.s.</i> |
| | 7 | Unsicherheit bzgl. der Darstellung der Graphen | PrW | <i>n.s.</i> |
| | 8 | Keine Darstellung der Graphen in <i>einem</i> Koordinatensystem | EpW | PrW⁺, EpW |
| | 9 | Achsen v. <i>zwei</i> Koordinatensystemen zusätzlich uneinheitlich | EpW | <i>N.B.</i> |
| | 10 | Ungültiges Raten/ Extrapolation des Graphenverlaufs | <i>n.s.</i> | <i>n.s.</i> |
| | 11 | Mehr als zwei Variablen im Koordinatensystem | <i>n.s.</i> | <i>n.s.</i> |
| | 12 | Unsystematische Auswahl von Messwerten | EpW | EpW |
| | 13 | Fehlerhafte Beschriftung der Achsen (Variablen/Einheiten) | EpW | EpW |
| | 14 | Zuweisung der UV/AV zu den Achsen n. konventionskonform | PrW | FW, KFT |
| | 15 | Intervalle einer Achse sind nicht regelmäßig | <i>N.B.</i> | <i>N.B.</i> |
| | 16 | Schwerer Fehler beim Eintragen von Messwerten | EpW | <i>n.s.</i> |
| | 17 | Falschen Diagrammtyp gewählt | <i>N.B.</i> | <i>N.B.</i> |
| Interpretieren | 1 | Nicht zielführende Beschreibung des Graphen | EpW | PrW |
| | 2 | Unvollständige/Oberflächliche Interpretation v. Graphenverlauf | PrW | FW |
| | 3 | Falsche/diffuse Verwendung fachlicher Konzepte | <i>n.s.</i> | <i>n.s.</i> |
| | 4 | Fachlich falsche Interpretation | <i>n.s.</i> | PrW |
| | 5 | Beschreibung des Graphen enthält Deutung d. Graphenverlaufs | <i>n.s.</i> | <i>n.s.</i> |
| | 6 | Unsicherheit beim Anwenden eigenen Vorwissens | EpW | EpW |
| Schlussfolgern | 1 | Schlussfolgerung nicht argumentativ hergeleitet | FW | <i>n.s.</i> |
| | 2 | Keine/ungeeignete Ergebnisse z. Begründ. d. Schlussfolgerung | <i>n.s.</i> | FW |
| | 3 | Unklarheit über Versuchsziel | <i>N.B.</i> | <i>N.B.</i> |
| | 4 | Schlussfolgerung widerspricht den Versuchsergebnissen | EpW | <i>n.s.</i> |
| | 5 | Kein/Oberflächlicher/Teilweiser Rückbezug zur Hypothese | <i>n.s.</i> | <i>n.s.</i> |
| | 6 | Kein Bezug z. d. gelösten Stoffen b. Begründen d. Schlussfolg. | <i>n.s.</i> | FW |
| Beurteilen | 1 | Unsicherheit beim Umgang mit Schwankungen | FW⁺ | <i>N.B.</i> |
| | 2 | Keine Reflexion der Messungen/Messwerte | PrW | FW, KFT |
| | 3 | Reflexion bezieht sich nicht auf die Versuchsanlage | <i>n.s.</i> | FW |
| | 4 | Keine (geeigneten) Vorschläge zur Verbesserung des Versuchs | <i>n.s.</i> | <i>n.s.</i> |
| | 5 | Heranziehen ungeeigneter Kriterien zur Beurteilung | <i>n.s.</i> | KFT |
| | 6 | Erkannter Fehler wird nicht berücksichtigt | <i>N.B.</i> | <i>N.B.</i> |
| Gen. | 1 | Diffuse/keine hypoth. Gesetzmäßigkeit o. Fragestellung formul. | <i>n.s.</i> | PrW |
| | 2 | Folgefrage nicht zur Verallgemeinerung geeignet | <i>n.s.</i> | <i>n.s.</i> |
| | 3 | Kein/ein diffuses Folgeexperiment vorgeschlagen | <i>n.s.</i> | PrW |

Anmerkungen. Gen. = Generalisieren. N.B = nicht berechnet. n.s = nicht signifikant. FW= fachlich-konzeptuelles Wissen. PrW= Prozedurales Wissen. EpW = Epistemisches Wissen. (*) = Der Zusammenhang ist positiv.

Diskussion

Mit den qualitativ herausgearbeiteten Schwierigkeiten liegen hilfreiche Grundlagen in den Bereichen Diagnostik und Förderung von Fähigkeiten von Schüler:innen beim Auswerten von Daten vor. Die Regressionsanalysen zeigen auf, dass für eine ganze Reihe von Schwierigkeiten ein Zusammenhang zwischen der Auftretenswahrscheinlichkeit und dem Vorwissen besteht. Die Ergebnisse unterstreichen insbesondere, dass für die Performanz der Lernenden beim Auswerten nicht ein Wissensbereich ausschlaggebend ist (vgl. Kind, 2013), sondern alle hier betrachteten Wissensbereich einen Einfluss ausüben.

Literatur

- Arnold, J., Kremer, K., & Mayer, J. (2014). Understanding students' experiments – What kind of support do they need in inquiry tasks? *International Journal of Science Education*, 36(15–16), 2719–2749.
- Arnold, J. (2015). *Die Wirksamkeit von Lernunterstützungen beim Forschenden Lernen. Eine Interventionsstudie zur Förderung des Wissenschaftlichen Denkens in der gymnasialen Oberstufe* (Biologie lernen und lehren, Bd. 10). Berlin: Logos.
- Heller, K. A. & Perleth, C. (2000). *Kognitiver Fähigkeitstest für 4. bis 12. Klassen, Revision. KFT 4-12+R*. Göttingen: Beltz Test.
- Hülsmann, Carolin (2015). *Kurswahlmotive im Fach Chemie. Eine Studie zum Wahlverhalten und Erfolg von Schülerinnen und Schülern in der gymnasialen Oberstufe* (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 195). Berlin: Logos.
- Kechel, J.H. (2016). *Schülerschwierigkeiten beim eigenständigen Experimentieren. Eine qualitative Studie am Beispiel einer Experimentieraufgabe zum Hooke'schen Gesetz* (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 214). Berlin: Logos.
- Kind P.M. (2013). Establishing Assessment Scales Using a Novel Disciplinary Rationale for Scientific Reasoning. *Journal of Research in Science Teaching*, 50(5), 530–560.
- Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken* (12., überarb. Aufl.). Weinheim: Beltz.
- Nehring, A., Schwichow, M. (2020). Was ist Wissen, was ist Können? Deutungen des Kompetenzbegriffs und deren psychometrische Konsequenzen im Kontext von Fachwissen und Variablenkontrollstrategie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 26, 73–87.
- Schiepe-Tiska, A., Rönnebeck, S., & Neumann, K. (2019). Naturwissenschaftliche Kompetenz in PISA 2018: Aktueller Stand, Veränderungen und Implikationen für die naturwissenschaftliche Bildung in Deutschland. In Reiss, K. Weis, M., Klieme, E. & Köller, O. (eds.), *PISA 2018: Grundbildung im internationalen Vergleich* (pp. 211-240). Münster: Waxmann.
- Toplis, R. (2007). Evaluating Science Investigations at Ages 14–16: Dealing with anomalous results. *International Journal of Science Education*, 29(2), 127-150.
- Vorholzer, A., Aufschnaiter, C. v. & Kirschner, S. (2016). Entwicklung und Pilotierung eines Tests zur Erfassung des Verständnisses experimenteller Denk- und Arbeitsweisen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 22(1), 25-41.

Katja Weirauch¹
 Christiane Reuter¹

¹Universität Würzburg

Wann ist eine Experimentierstation „inklusiv“? Erste Ergebnisse der Chai-Videographie-Studie

Für unsere Arbeit im Lehr- und Forschungsprojekt *Chemie all-inclusive* (Chai) hat sich bewährt, Unterricht zunächst „für Alle“ zu planen, indem für jeden Erkenntnisschritt der Experimentierstationen vier Zugangsebenen bedacht (Menthe & Hofmann, 2016; Weirauch, Schenk, Ratz & Reuter, 2021) und damit potenziell eine maximale Vielfalt an möglichen Zugängen zu einem Inhalt angeboten werden. Inklusiver Unterricht muss stringent vom Kontext ausgehen und an diesem bleiben. Aus dem Kontext geht eine Frage hervor, die mithilfe naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen beantwortet wird. Die Zugänge, die über Material angeboten werden, nutzen einfache Sprache und ikonische Darstellungen. Alle Erklärungen, die mit unsichtbaren Kräften oder kleinsten Teilchen agieren, müssen handelnd erfahrbar gemacht werden, zum Beispiel über „Teilchen-Theater“, und der gedankliche Weg von Teilchen- zu Stoffebene und zurück muss methodisch explizit gemacht werden, z. B. durch Zoom-Booklets (Weirauch & Schenk, 2022). Die gesamte Lernumgebung muss so gestaltet sein, dass möglichst viele Situationen antizipiert und damit der Lehrkraft ein adaptives Lehren ermöglicht wird. Bei der Vorbereitung für eine konkrete Lerngruppe werden ergänzend die Bedarfe Einzelner gesondert berücksichtigt. Im Rahmen des ChaiForschungsprojekts wurde zunächst der Frage nachgegangen, wie entsprechende Experimentierstationen für Lehr-Lern-Labore (LLL) methodisch gestaltet werden können (Weirauch et al., 2020) und die in dieser Studie genutzten Stationen *Wunderkerze* und *Quark herstellen* (Weirauch, Schenk & Ratz, 2021) entsprechend angelegt. In jedem inklusivem (naturwissenschaftlichen) Unterricht darf es nicht nur um ein ‚Mitmachen‘ gehen (Florian, 2015). Jede:r Lernende muss einen individuellen Zugewinn an naturwissenschaftlicher Fachlichkeit erreichen (Weirauch, Schenk, Ratz, et al., 2021). Im Rahmen der Chai-VideoPilotstudie sollte der Frage nachgegangen werden, wie die Überprüfung dieser Forderungen forschungsmethodisch gelingen kann.

Forschungsmethodische Herausforderungen

- (a) Schulorganisatorische Einschränkungen: Auf eine sozial ausgewogene Partizipation konnte kein Einfluss genommen werden, da mit ganzen Schulklassen gearbeitet wurde und das bayerische Schulsystem kaum eine konsequent inklusive Beschulung vorsieht. Eine sehr heterogene Lernausgangslage liegt im Partnerklassenmodell bei der Kooperation einer Mittelschule und einer Schule mit dem sonderpädagogischen Schwerpunkt *Geistige Entwicklung* vor. In der vorliegenden Untersuchung waren die Schüler:innengruppen stets aus beiden Schularten zusammengesetzt und die Kinder waren durch gemeinsame Vorerfahrungen bereits miteinander vertraut.
- (b) Erhebungsmethodik: Der Zugewinn an Fachlichkeit kann bei stark heterogenen Gruppen nicht über schriftliche Wissens-Tests erhoben werden, da nicht alle Schüler:innen über schriftsprachliche Kompetenzen verfügen. In der Studie wurde daher versucht, über

Videographie und Follow-up-Interviews Einblick in das Handeln, die Kommunikation und damit indirekt in das Lernen der Schüler:innen zu gewinnen.

- (c) Theoretische Fundierung: Das Konstrukt *Inklusion* ist wissenschaftlich bislang nur bedingt geklärt. Damit gibt es keinen validierten Kriterienkatalog, der es messbar macht. Insofern war es zentraler Bestandteil der Studie, mögliche Kriterien so theoriefundiert, wie möglich herauszuarbeiten, und ihre forschungsmethodische Nützlichkeit kritisch zu beleuchten.

Vorannahmen

- Eine inklusive Experimentierstation bietet für jeden Erkenntnisschritt so viele potenzielle Zugänge und ermöglicht so viel Adaptivität, dass jede:r Lernende einen individuellen Lernweg finden kann, der persönliche Barrieren zu umgehen hilft. Sie bietet also eine „fair distribution of opportunities“ (Goffney, 2010, S.7) im Rahmen unterrichtlich gestaltbarer Möglichkeiten.
- Wenn eine Schülerin oder ein Schüler durch didaktisch oder pädagogisch beeinflussbare Barrieren davon abgehalten wird, aktiv teilzunehmen, ist die Station nicht inklusiv angelegt.
- Umgekehrt impliziert dies, dass es – wie in jedem Unterricht – auch an einer optimal inklusiv ausgerichteten Experimentierstation Schüler:innen geben wird, die aus individuellen Gründen nicht lernen können.
- Im Gegensatz zu zielgleich ausgerichtetem Unterricht lässt ein inklusiver Unterricht stringent Zielverschiedenheit zu. In unserer Studie, in der die Lernenden zum ersten Mal zu chemischen Inhalten im Unterricht experimentierten, zählen wir jeden nachweisbaren Schritt als Erfolg, ohne diesen in seiner Quantität oder Qualität zu bewerten.
- Wenn die Lernenden der Gruppe, die sich in Bezug auf ihre allgemeinen schulischen Leistungen am stärksten unterscheiden, jeweils einen Zugewinn an Fachlichkeit zeigen, dann kann die Station als potenziell inklusiv angesehen werden. Die Einschätzung, welche Lernenden innerhalb der Gruppe die Heterogenität der Lernvoraussetzungen am besten abdecken, kann am ehesten die Lehrkraft vornehmen.

Studiendesign

An zwei Stationen des inklusiv gestalteten LLL wurden im März 2020 maximal heterogen zusammengesetzte Schüler:innen-Gruppen (n=14) über die gesamte Dauer der Arbeit an der Station videographiert. Etwa zehn Wochen nach dieser Videographie wurden durch die Lehrkraft gezielt ausgewählte Schüler:innen (leistungsstark / leistungsschwach / mittleres Leistungsniveau; keine Unterscheidung nach Schulart) einzeln interviewt (n=8). Die eine Hälfte der Lernenden wurde zur Station *Quark* befragt, die andere zur Station *Wunderkerze*. Die Interviewerinnen folgten jeweils einem analogen Katalog offener Leitfragen. Beim Interview zur Station *Quark* wurde als Impuls das an der Station genutzte Modell mitgebracht, an der Station *Wunderkerze* die im Experiment verwendeten Materialien. Die Lernenden wurden aufgefordert, zu berichten, woran sie sich erinnern. Der gesamte Verlauf des Interviews wurde videographiert.

Auswertung der Daten

Angelehnt an die beiden Achsen des NinU-Rasters (Stinken-Rösner et al., 2020), das sonderpädagogische und naturwissenschaftsdidaktische Perspektiven zusammenführt, wurden zunächst theoriefundiert zentrale Konstrukte identifiziert und die Daten dann für jede

Perspektive qualitativ inhaltsanalytisch ausgewertet. In einem dritten Schritt wurden die Perspektiven dann aufeinander bezogen.

Für die naturwissenschaftsdidaktische Perspektive wurden zentrale Elemente von Fachlichkeit, namentlich Begriffe und Fachsprache, Modelle und Modellieren und Experimentieren und NOS berücksichtigt (Weirauch et al., 2021). Betrachtet wurden die Aussagen der Schüler:innen aus der Videographie der Follow-up-Interviews. Dabei wurde zwischen ‚positiven‘ Momenten und ‚negativen‘ Momenten von Fachlichkeit unterschieden (Helfrich, 2021). Erstere traten ein, wenn die Lernenden Fachlichkeit zeigten, also Fachbegriffe aktiv oder sekundär nutzten, wiedererkannten oder erklären konnten, wenn sie Modellbestandteile benannten oder sinnvoll nutzen, Analogien nannten oder Prinzipien mit dem Modell erklären konnten, wenn sie experimentelle Tätigkeiten berichteten oder nachstellten oder fachliche Begründungen lieferten. Negative Momente waren solche, in denen die Lernenden fachliche Inhalte weder spontan noch auf Nachfragen hin wiedergeben oder erklären konnten, in denen sie Fehler machten oder auf Suggestivfragen antworteten. Bei allen Lernenden überwogen die positiven Momente der Fachlichkeit die negativen.

Die sonderpädagogische Achse des NinU-Rasters sieht neben der Wertschätzung von Diversität und dem Erkennen von Barrieren das Ermöglichen von Partizipation vor. ‚Partizipation‘ hat sich für unsere Studie als wenig hilfreiches Konstrukt erwiesen, u.a. da auf die sozial-gesellschaftliche Facette dieses Konstrukts in einer vorgegebenen Lernsituation kein Einfluss genommen werden kann (Hans, 2021). Auch eine Mitbestimmung der Lernenden war nur bedingt möglich. Als praktikabler Ansatz hat sich Wockens Definition der „Arbeit am gemeinsamen Gegenstand“ bewährt (Wocken, 1998). Die von ihm identifizierten Lernsituationen lieferten deduktive Oberkategorien, mit denen Momente der Arbeit am gemeinsamen Gegenstand identifiziert und dann mit Beobachtungen aus der Videographie der LLL-Stationen in ihrer Qualität beschrieben werden konnten. Haben die Lernenden beim gemeinsamen Arbeiten gleiche Ziele, die auch nur gemeinsam erreicht werden können, liegt nach Wocken die solidarische Lernsituation vor.

Tab. 1: Momente der Arbeit am gemeinsamen Gegenstand

| | |
|---------------------------------|------------|
| Irrelevant | 107 |
| Kooperative Lernsituation | 0 |
| - kooperativ-solidarisch | 650 |
| - kooperativ-komplementär | 5 |
| Subsidiäre Lernsituation | 0 |
| - subsidiär-prosozial | 8 |
| - subsidiär-unterstützend | 16 |
| Kommunikative Lernsituation | 287 |
| Koexistente Lernsituation | 320 |
| Lehrkraft | 833 |
| Anzahl der Codings Σ | 2226 |

Erwerb von Fachlichkeit durch Arbeit am gemeinsamen naturwissenschaftlichen Gegenstand - Einzelfallanalysen

Um die beiden Perspektiven zu vereinen, wurden für die acht im Follow-up-Interview befragten Schüler:innen positive Momente der Fachlichkeit herausgegriffen und in Fallanalysen auf die dazugehörigen Momente der Arbeit am gemeinsamen Gegenstand an den LLL-Stationen zurückgeführt (Reichelt, 2022).

Erste Ergebnisse

Zunächst ist zu erkennen, dass alle Schüler:innen Fachlichkeit erwerben konnten. Anhand der Einzelfallbetrachtungen konnte aufgedeckt werden, dass der Fachlichkeitserwerb der Lernenden primär durch ein Zusammenspiel kooperativ-solidarischer Lernsituationen und Partizipationsmomente mit der Lehrkraft begünstigt wird, was Befunde aus der Forschung bestätigt (Stern & Huber 1997). Die Partizipation der Lehrkraft ermöglicht es, Informationen über den Wissensstand der Lernenden zu erhalten und sie passgenauer zu unterstützen (Muhonen et al., 2016; Herrmann, et al., 2021), also eine bessere Adaptivität zu erreichen. Um die Rolle der Lehrkraft zu analysieren, soll in der nun folgenden Hauptstudie mit dem Fokus auf Lernende und Lehrende untersucht werden, welche Momente der Arbeit am gemeinsamen Gegenstand zu Fachlichkeit führen und was diese Momente auszeichnet.

Literatur

- Florian, L. (2015). Conceptualising inclusive pedagogy: The inclusive pedagogical approach in Action, Inclusive Pedagogy Across the Curriculum. *International Perspectives on Inclusive Education*, Vol 7, 11-24.
- Goffney, I. D. (2010). *Identifying, Measuring, and Defining Equitable Mathematics Instruction* [Dissertation, University of Michigan].
- Hans, A.-L. (2021). *Gemeinsames Lernen von Kindern mit und ohne geistige Be-hinderung an inklusiv geplanten Chemie-Experimentierstationen* [Zulassungsarbeit zum Ersten Staatsexamen, Universität Würzburg]. Würzburg.
- Helfrich, J. (2021). *Untersuchung von Momenten der Fachlichkeit von Schüler*innen beim Experimentieren innerhalb einer Videographie-Pilotstudie des Chai-Projekts* („Chemieall-inclusive“) [Zulassungsarbeit zum Ersten Staatsexamen, Universität Würzburg]. Würzburg.
- Herrmann, A., Bürgermeister, A., Lange-Schubert, K., & Saalbach, H. (2021). Die Bedeutung von Partizipation und Scaffolding für die Leistung im naturwissenschaftlichen Sachunterricht in Klassen mit hohem und niedrigem Anteil mehrsprachiger Schüler:innen. *Zeitschrift für Grundschulpädagogik ZfG*, 305-323.
- Menthe, J., & Hoffmann, T. (2016). Inklusiver Chemieunterricht. Ausgewählte Konzepte und Praxisbeispiele aus Sonderpädagogik und Fachdidaktik. In J. Menthe, D. Höttecke, T. Zabka, M. Hammann, & M. Rothgangel (Eds.), *Befähigung zu gesellschaftlicher Teilhabe. Beiträge der fachdidaktischen Forschung* (pp. 351–360). Waxmann.
- Muhonen, H., Rasku-Puttonen, H., Pakarinen, E., Poikkeus, A.-M., & Lerkkanen, M.-K. (2016). *Scaffolding through dialogic teaching in early school classrooms. Teaching and Teacher Education*, 55, 143-154.
- Reichelt, P. (2022). *Momente der Partizipation und Momente der Fachlichkeit im Projekt ‚Chemie all-inclusive‘: Eine Analyse des Zusammenhangs von Partizipationsmomenten und Fachlichkeitserwerb anhand von Einzelfallbetrachtungen* [Zulassungsarbeit zum Ersten Staatsexamen, Universität Würzburg]. Würzburg.
- Stern, D., & Huber, G. (1997). *Active Learning for Students and Teachers. Reports from Eight Countries*. Lang.
- Stinken-Rösner, L., Rott, L., Hundertmark, S., Baumann, T., Menthe, J., Hoffmann, T., . . . Abels, S. (2020). Thinking Inclusive Science Education from two Perspectives: Inclusive Pedagogy and Science Education. *RISTAL*.
- Weirauch, K., & Schenk, C. (2022). Chemie all-inclusive. Ein Methodenkompendium für die Planung inklusiv angelegter naturwissenschaftlicher Experimentier-Stationen. In E. M. Watts & C. Hoffmann (Eds.), *Digitale NAWI-gation von Inklusion. Tagungsband zur multiprofessionellen Tagung am 11 und 12. Juni 2021*. Springer Verlag.
- Weirauch, K., Schenk, C., & Ratz, C. (2021). *Experimentieren im inklusiven Chemieunterricht. Anleitungen und differenzierte Materialien zum Erkunden von Alltagsphänomenen*. Persen Verlag.
- Weirauch, K., Schenk, C., Ratz, C., & Reuter, C. (2020). *Chemie all-inclusive: Ein Kompendium von Methodenwerkzeugen für die Entwicklung inklusiv angelegter naturwissenschaftlicher Experimentier-Stationen* (Vol. Band 2). <https://doi.org/https://doi.org/10.25972/OPUS-20766>
- Weirauch, K., Schenk, C., Ratz, C., & Reuter, C. (2021). Experimente gestalten für inklusiven Chemieunterricht. Erkenntnisse aus dem interdisziplinären Lehr- und Forschungsprojekt 'Chemie all-inclusive' (Chai). *Sonderpädagogische Förderung heute*, 4, 101-116.
- Wocken, H. (1998). Gemeinsame Lernsituationen. Eine Skizze zur Theorie des gemeinsamen Unterrichts. In A. Hildeschiedt & I. Schnell (Eds.), *Integrationspädagogik. Auf dem Weg zu einer Schule für alle* (pp. 37–52). Juventa.

Laura Sührig¹
 Katja Hartig²
 Albert Teichrew¹
 Mark Ullrich²
 Jan Winkelmann³
 Holger Horz²
 Roger Erb¹

¹Institut für Didaktik der Physik, Goethe
 Universität Frankfurt
²Pädagogische Psychologie, Goethe
 Universität Frankfurt
³Pädagogische Hochschule Schwäbisch
 Gmünd

Auswirkung von Wahlfreiheit beim Experimentieren im inklusiven Physikunterricht

Fachunterricht nicht mehr an einer fiktiven Homogenität der Schülerschaft auszurichten, sondern so zu gestalten, dass er allen Schüler*innen gerecht wird, ist eine anspruchsvolle Aufgabe. Im Physikunterricht ist das Experimentieren ein wesentlicher Zugang, um Wissen oder Arbeitsweisen zu vermitteln und muss daher auch im inklusiven Unterricht eine zentrale Rolle spielen. Damit Schüler*innen beim Experimentieren individuelle Lernwege vollziehen und ihren Lernprozess beeinflussen können, haben wir im Projekt „FINEX“ ein Unterrichtskonzept für inklusive Schüler*innenexperimente entwickelt, welches eine Wahl aus experimentellen Zugängen vorschlägt. Dieses Konzept wurde in Form einer Unterrichtseinheit an hessischen und thüringischen Schulen verschiedener Schulzweige evaluiert. Dabei wird in der zugehörigen Studie die Auswirkung der Wahlfreiheit auf unterschiedliche Schüler*innenvariablen gemessen.

Hintergrund und Konzept

Schüler*innenexperimente sind ein essenzielles Element naturwissenschaftlicher Bildung und für viele Lehrkräfte ein zentraler Aspekt von Physikunterricht (Committee on High School Science Laboratories: Role and Vision, 2004). Es ist somit nicht verwunderlich, dass ein Großteil der Unterrichtszeit mit Experimentieren verbracht wird (Tesch & Duit, 2004). Schüler*innenexperimente sind jedoch mit vielfältigen Barrieren verbunden, die für jede*n Schüler*in individuell sind. Um diese Barrieren abzubauen, müssen Schüler*innenexperimente dahingehend adaptiert werden, dass sie den Ansprüchen heterogener Lernender gerecht werden. Ein Ansatz dafür stellt das Universal Design for Learning (UDL) dar. Ein Aspekt von UDL ist das Angebot von Wahlmöglichkeiten bei der Perception. In Bezug auf die Gestaltung von Schüler*innenexperimenten enthält diese UDL-Richtlinie zwei Aspekte: zum einen die Bereitstellung verschiedener Experimentierformen und zum anderen die Wahlmöglichkeit aus diesen. In der Experimentierphase werden deshalb verschiedene Zugänge in Form von fünf Experimentierformen zu einem gemeinsamen Kontext angeboten. Die Schüler*innen dürfen selbst entscheiden, welche Experimente sie machen wollen. Im Folgenden werden die fünf Formen kurz umrissen:

Beim *Offenen Freihandexperiment* arbeiten Schüler*innen unter einer eigenen Fragestellung mit bekannten Materialien. *Modellbildung* beinhaltet die Arbeit an einem interaktiven, experimentierfähigen Modell, um bei diesem Variablen zu verändern und die Auswirkung zu beobachten (Teichrew & Erb, 2022). Das *Digitalisierte Experiment* ist ein interaktives Experimentiervideo (Glatz et al., 2021). Beim *Kreativen Gestalten* basteln und bauen die Lernenden zu Anwendungen des Kontextes. Beim *Angeleiteten Schüler*innenexperiment*

wird nach einer strukturierten Schritt-für-Schritt-Anleitung experimentiert. Das Konzept haben wir in Form einer Unterrichtseinheit ausgestaltet, die in unserer Studie als Intervention eingesetzt wird.

Studiendesign und Stichprobe

In unserer Studie stellen wir uns zwei Forschungsfragen:

- Wie wirkt sich die in unserem Konzept angebotene Wahlmöglichkeit auf die intrinsische Motivation und wahrgenommene Wahlfreiheit der Schüler*innen aus?
- Welchen Einfluss hat die Wahlmöglichkeit auf die Entwicklung von Fachwissen, der Einschätzung der Lehr-/Lernbedingungen, des physikbezogenen Selbstkonzepts und der Selbstwirksamkeitserwartung beim Experimentieren?

Um die Forschungsfragen beantworten zu können, vergleichen wir zwei Interventionen miteinander. Diese Interventionen sind Unterrichtseinheiten zum Kontext „Unsichtbarkeit“, der sich mit dem Phänomen beschäftigt, dass sogenannte Aquakugeln in Wasser unsichtbar erscheinen.

Beide Einheiten beginnen mit einer Instruktionsphase und enden mit einer Sicherung im Plenum. Sie unterscheiden sich nur in der Experimentierphase: die eine Gruppe wählt zwei aus den fünf angebotenen Experimentierformen aus und bearbeitet diese (Interventionsgruppe; INT), die andere Gruppe bekommt zuerst das Freihandexperiment und im Anschluss das angeleitete Experiment ohne eine Wahlmöglichkeit (Vergleichsgruppe; VGL).

Vor und nach der Einheit wurden die Schüler*innen mit einem Fragebogen befragt. Der Prätest enthielt einen Fachwissenstest zur Lichtbrechung (adaptiert von Weber et al., 2017), die Einschätzung der Lehr- und Lernbedingungen aus dem SINUS-Transfer-Programm, das physikbezogene Selbstkonzept aus der IPN-Interessenstudie Physik (Hoffmann et al., 1998) und die Selbstwirksamkeitserwartung beim Experimentieren (Körner & Ihringer, 2016). Der Posttest enthielt zusätzlich dazu die Kurzskala intrinsische Motivation (Wilde et al., 2009) und die wahrgenommene Wahlfreiheit aus dem Intrinsic Motivation Inventory IMI (Deci & Ryan, 2003).

In der Studie betrachten wir 373 gematchte Datensätze, bei denen sowohl Prä- und Posttest vorlagen. Die vertretenen Schulformen waren Gymnasium, Realschule und Integrierte Gesamtschule. Die Teilnehmenden stammten vorrangig aus der 7. und 8. Jahrgangsstufe.

Ergebnisse

Die Mittelwertsunterschiede vor und nach der Unterrichtseinheit wurden mithilfe von gepaarten t-Tests berechnet (s. Abb. 1). Beim Fachwissen zeigen beide Gruppen eine signifikante Verbesserung (INT: $p = .001$, Cohens $d = .376$; VGL: $p = .002$, Cohens $d = .253$). Bei der Einschätzung der Lehr- und Lernbedingungen sind keine signifikanten Unterschiede zwischen Prä- und Posttest bei beiden Gruppen festzustellen. Beim physikbezogenen Selbstkonzept zeigt nur die Vergleichsgruppe eine signifikante Verbesserung ($p = .001$, Cohens $d = .413$). Die Selbstwirksamkeit beim Experimentieren verbessert sich bei beiden Gruppen signifikant (INT: $p = .001$, Cohens $d = .370$, VGL: $p = .001$, Cohens $d = .400$). Beide Gruppen scheinen somit ähnliche Entwicklungen aufzuweisen außer beim physikbezogenen Selbstkonzept.

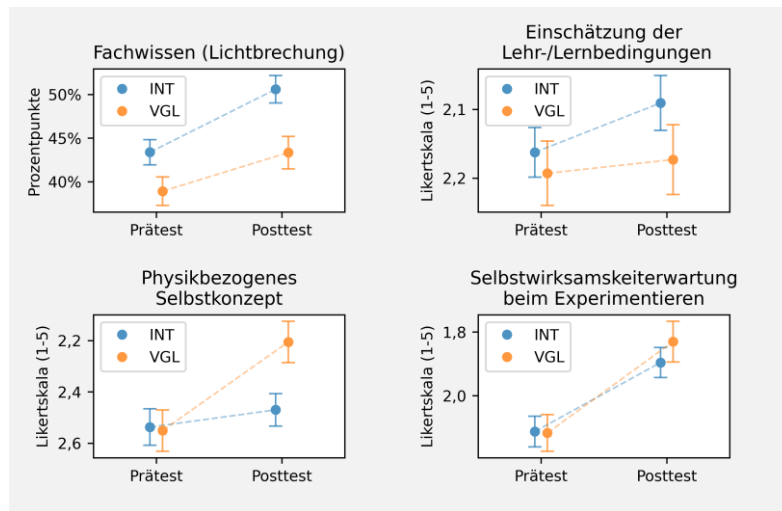


Abb. 1: Mittelwerte vor und nach der Unterrichtseinheit (INT: Interventionsgruppe, VGL: Vergleichsgruppe)

Um zu untersuchen, ob es Gruppenunterschiede bei der Entwicklung von Prä- zu Posttest gibt, wurde eine ANCOVA (Kovariable: Gruppenzugehörigkeit) gerechnet (s. Tab. 1). Die Gruppen unterscheiden sich bei der Entwicklung des Selbstkonzeptes mit kleinem Effekt.

Tab.1: ANCOVA (*Test der Zwischensubjekteffekte)

| Variable | Sig.* | Partielles η^2 |
|--|-------|---------------------|
| Fachwissen | .164 | .005 |
| Einschätzung der Lehr- und Lernbedingungen | .623 | .001 |
| Physikbezogenes Selbstkonzept | .001 | .032 |
| Selbstwirksamkeit beim Experimentieren | .291 | .003 |

Bezüglich der intrinsischen Motivation und wahrgenommenen Wahlfreiheit, sehen wir einen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen (ungepaarter t-Test) bei beiden Variablen. Die Interventionsgruppe schneidet signifikant besser ab als die Vergleichsgruppe bei Motivation ($p = .007$, Cohens $d = .287$) und wahrgenommener Wahlfreiheit ($p = .001$, Cohens $d = .533$).

Fazit

Die Gruppen, die eine Wahl beim Experimentieren hatten, nehmen diese Wahlfreiheit wahr und weisen eine höhere Motivation auf als die Gruppen ohne Wahl. Wahlfreiheit hat in unserer Studie keinen Effekt auf den Fachwissenserwerb, die Einschätzung der Lehr-Lernbedingungen und die Selbstwirksamkeitserwartung beim Experimentieren gezeigt. Die Gruppen ohne Wahlfreiheit haben nach der Unterrichtseinheit ein signifikant besseres physikbezogenes Selbstkonzept als die Gruppen, die wählen durften. Eine Erklärung dafür kann in der Art der Experimente liegen. In der Interventionsgruppe war das *Kreative Gestalten* ein beliebtes Experiment, welches aufgrund seines eher spielerischen Ansatzes das Selbstkonzept der Schüler*innen weniger verbessern dürfte.

Literatur

- Committee on High School Science Laboratories: Role and Vision. (2004). The role of practical work in the teaching and learning of science. In *America's Lab Report*. National Academy of Sciences.
- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2003). *Intrinsic Motivation Inventory*. <https://selfdeterminationtheory.org/intrinsic-motivation-inventory/>
- Glatz, L. C., Erb, R., & Teichrew, A. (2021). Studierende erstellen interaktive Experimentiervideos. In M. Kubsch, S. Sorge, J. Arnold, & N. Graulich (Hrsg.), *Lehrkräftebildung neu gedacht: Ein Praxishandbuch für die Lehre in den Naturwissenschaften und deren Didaktiken* (S. 223–227). Waxmann Verlag GmbH. <https://www.waxmann.com/index.php?eID=download&buchnr=4349#page=223>
- Hoffmann, L., Häussler, P., & Lehrke, M. (1998). *Die IPN-Interessenstudie Physik*. IPN.
- Körner, H.-D., & Ihringer, S. (2016). Selbstwirksamkeit beim Experimentieren – Mädchen und Jungen in den Naturwissenschaften. In C. Wiepcke & M. Kampshoff (Hrsg.), *Vielfalt geschlechtergerechten Unterrichts: Ideen und konkrete Umsetzungsbeispiele für die Sekundarstufen* (1. Aufl., S. 106–140). epubli.
- Teichrew, A., & Erb, R. (2022). Dynamisch modelliert. *Physik Journal*, 21(2), 25–28.
- Tesch, M., & Duit, R. (2004). Experimentieren im Physikunterricht—Ergebnisse einer Videostudie. *ZfDN*, 10, 51–69.
- Weber, J., Winkelmann, J., Erb, R., Wenzel, F., Ullrich, M., & Holger, H. (2017). Ein Fachwissenstest zur geometrischen Optik. In C. Maurer (Hrsg.), *Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis* (S. 107). Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Zürich 2016.
- Wilde, M., Bätz, K., Kovaleva, A., & Urhahne, D. (2009). Überprüfung einer Kurzskala intrinsischer Motivation (KIM). *ZfDN*, 15.

Sarah Kieferle¹
Silvija Markic²

¹Pädagogische Hochschule Ludwigsburg
²Ludwig-Maximilians-Universität München

Aktive Teilhabe und forschendes Lernen im sprachsensiblen DiSSI-Labor

Längst ist bekannt, dass sich Schüler*innen einer Lerngruppe in verschiedenen Dimensionen der Diversität voneinander unterscheiden. Eine dieser Dimensionen sind die sprachlichen Fähigkeiten der Schüler*innen. Studien wie TIMSS 2007 und PISA 2009 zeigen die Relevanz der Sprache für den naturwissenschaftlichen Unterricht (Lynch, 2001) und die Benachteiligung von Schüler*innen mit Migrationshintergrund im deutschen Bildungssystem, die insbesondere durch das Lernen in der Zweitsprache betroffen sind (Bos et al., 2008; OECD, 2009). Zusätzlich unterscheidet sich die Sprache, die beim Lehren und Lernen von Chemie verwendet wird, stark von der Alltagssprache, mit der die Schüler*innen vertraut sind (Markic & Childs, 2016). In diesem Zusammenhang können nicht-formale Bildungseinrichtungen wie Schüler*innenlabore eine gute Ergänzung für das formale Angebot an Schulen sein, um Schüler*innen beim Lernen von Chemie zu unterstützen und sprachliche Kompetenzen zu entwickeln. Es besteht daher ein Bedarf an praktischen Beispielen, die effektiv für das Lehren und Lernen von Chemie in diversen Lerngruppen sind. Das ERASMUS Plus Projekt "Diversity in Science towards Social Inclusion - non-formal education in science for students' diversity - DiSSI" beschäftigt sich mit innovativen Konzepten zur Förderung inklusiver naturwissenschaftlicher Bildung für nicht-formale Lernorte. Partner*innen aus Deutschland, Slowenien, Irland, dem Vereinigten Königreich und Nordmazedonien arbeiten gemeinsam an der Entwicklung und Umsetzung inklusiver Lernumgebungen für nicht-formale Lernorte, die wirksam bei diversen Gruppen sind. Das Projekt fokussiert sich auf vier Dimensionen der Diversität: die sprachlichen Fähigkeiten, den sozioökonomischen Status, den kulturellen und ethnischen Hintergrund und die Begabung der Schüler*innen. Im ersten Schritt zu inklusiven Lernumgebungen fokussieren sich die Projektpartner*innen auf eine der genannten Dimensionen der Diversität. Im Folgenden werden die Ergebnisse dieser ersten Projektphase der Pädagogischen Hochschule Ludwigsburg vorgestellt.

Lernumgebungen für ein sprachsensibles Schüler*innenlabor der Sekundarstufe I

Die Lernumgebungen im DiSSI-Labor verfolgen das Ziel forschendes Lernen und eine aktive Teilhabe aller Schüler*innen unabhängig von ihren sprachlichen Fähigkeiten zu ermöglichen. Die Entwicklung sprachsensibler Lernumgebungen basiert auf den vier gleichbleibenden Ansätzen. Alle Lernumgebungen sind deshalb (i) kooperativ, (ii) Tablet-basiert, (iii) Lernhilfen gestützt und (v) sprachsensibel sowie sprachfördernd gestaltet. Die gewählten Ansätze ermöglichen so eine Differenzierung des Inhalts und eine sprachliche Unterstützung der Schüler*innen während des Experimentierens.

Forschungsmethoden

Die Entwicklung der sprachsensiblen Lernumgebungen für das DiSSI-Labor orientiert sich an der Partizipativen Aktionsforschung nach Eilks und Ralle (2002). Durch den zyklischen Prozess bestehend aus (i) Entwicklung, (ii) Implementation, (iii) Evaluation und (v)

Anpassung, können innovative Konzepte für sprachensible Schüler*innenlabore generiert werden. Im Rahmen eines Seminars an der Pädagogischen Hochschule in Ludwigsburg sammeln Lehramtsstudierende qualitative Daten während sie Schüler*innen beim Experimentieren begleiten. Zu diesem Zweck wurde ein teil-strukturierter Beobachtungsboden eingesetzt, der sich zum einen auf die eingesetzten Methoden, Werkzeuge und Aktivitäten und zum anderen auf die Lernumgebung allgemein fokussiert. Als Grundlage für die Verbesserung der Lernumgebung in jedem Zyklus des Entwicklungsprozesses wurden die Beobachtungen und Aussagen kategorisiert, um negative und positive Aspekte zu identifizieren. Die Analyse der Daten orientiert sich an der qualitativen Inhaltsanalyse nach Kuckartz (2018). Die Entwicklung der Kategorien wurde während des gesamten Entwicklungsprozesses induktiv vorgenommen. Finale Kategorien wurden nach Datensättigung genutzt. Abschließend konnten drei Hauptkategorien definiert werden, die sich anhand der Daten detaillierter beschreiben lassen. Insgesamt konnten acht Subkategorien definiert werden. Abbildung 1 zeigt diese Hauptkategorien mit ihren Subkategorien. Weitere Details des Kategoriensystems werden an dieser Stelle nicht präsentiert.

| Hauptkategorien | | |
|--------------------------------------|---|--|
| (1) Verständnis des Lernmaterials | (2) Arbeiten mit den Unterstützungsangeboten | (3) Interaktion innerhalb eines Teams |
| Subkategorien | | |
| (1.1) Inhalt des Lernmaterials | (2.1) Nutzung der einzelnen Unterstützungsangebote | (3.1) forschendes Lernen |
| (1.2) Anwendung des Lernmaterials | (2.2) Präsentation der einzelnen Unterstützungsangebote | (3.2) aktive Teilhabe der Schüler:innen beim Experimentieren |
| | | (3.3) kooperative Gruppenarbeit |
| | | (3.4) Motivation der Schüler:innen |

Abb. 1: *Kategorien und Subkategorien*

Im Rahmen dieser Studie wurden Daten von 8 Chemieklassen verschiedener Klassenstufen und Schularten aus Baden-Württemberg mit insgesamt 163 Schüler*innen gesammelt. Die Daten wurden von uns in zwei Phasen unterteilt. Die Stichprobe der ersten Phase entspricht einer 6. Klasse einer Gemeinschaftsschule mit insgesamt 18 Schüler*innen im Alter zwischen 11 und 14 Jahren. Die Stichprobe der zweiten Phase umfasst weiteren 7 Klassen der Klassenstufen 6, 8 und 10 verschiedener Realschulen im Alter zwischen 11 und 17 Jahren. Der Anteil an Schüler*innen, die Deutsch als Zweit- oder Fremdsprache sprechen, beträgt in beiden Phasen über 50 %.

Ergebnisse

Die Lernumgebungen des ersten Entwicklungszyklusses waren alle Tablet-basiert und kontextorientiert. Alle Laborgeräte waren bebildert und beschriftet. Informationen zum Kontext und zum Arbeitsauftrag erhielten die Schüler*innen durch kurze Videos. Jede Lernumgebung umfasste insgesamt fünf verschiedene Experimente. Zu jedem Experiment stand eine Experimentierbox bereit, die mit einem Symbol gekennzeichnet war und passende

gestufte Lernhilfen enthielt. Jedem Gruppenmitglied wurde eine Gruppenaufgabe zugeordnet und ein Glossar sowie Erklärvideos wurden im digitalen Lernmaterial integriert.

In der ersten Phase (N= 18 Schüler*innen) betreffen die meisten Beobachtungen die Kategorien (1) *Verständnis des Lehrmaterials* und (2) *Arbeiten mit den Unterstützungsangeboten*. Besonders die Organisation innerhalb der Schüler*innengruppen sowie der Umgang mit dem Lernmaterial als auch der Zusammenhang mit dem Unterstützungsangebot und deren Nutzung war häufig unklar. Auf der Grundlage dieser Erkenntnisse wurden die einzelnen Stufen der gestuften Lernhilfen gruppiert und mit Symbolen gekennzeichnet und gut sichtbar im Labor platziert. Es wurden vorstrukturierte Arbeitsplätze eingerichtet sowie die Lernumgebungen durch eine einheitliche und gemeinsame Einführung in den Kontext, die Lernumgebung und das Unterstützungsangebot ergänzt.

Die zweite Phase gliedert sich in zwei Zyklen. Im ersten Zyklus (N = 79 Schüler*innen) zeigten die Beobachtungen eine positive Veränderung der Kategorie (2) *Arbeiten mit den Unterstützungsangeboten*. Besonders die Nutzung der gestuften Lernhilfen war selbständiger und verschiedene Schüler*innengruppen experimentierten halbstrukturiert oder offen. Auch konnten erste Beobachtungen in der Kategorie (3) *Interaktion innerhalb eines Teams* gemacht werden. Schüler*innen arbeiten häufiger aktiv zusammen, jedoch oftmals nicht kooperativ. Auffällig zeigt sich auch, dass sich die Schüler*innen oft für die Nutzung eines der Unterstützungsangebote entscheiden, aber nicht darüber diskutieren. Der Schwerpunkt wurde daraufhin mehr auf Kommunikation gelegt. Unterstützungsangebote wurden als Diskussionsstarter präsentiert und Gruppenaufgaben wurden durch Arbeitsanweisungen ersetzt, die auf der kooperativen Methode "Think-Pair-Share" basieren.

Im zweiten Zyklus (N = 66 Schüler*innen) zeigen die Beobachtungen eine deutlich positive Entwicklung der dritten Kategorie. Besonders in Zweierteams arbeiten Schüler*innen kooperativ zusammen, sie diskutieren über die Experimente und Unterstützungsangebote und suchen nach Lösungen in einer forschenden Art und Weise. Beobachtungen zeigen jedoch immer wieder, dass die Schüler*innen nicht wissen, dass es Unterstützung gibt. Sie bitten häufig die Lehramtsstudierenden um Hilfe. Deshalb wurden im Labor Plakate mit den möglichen Unterstützungsangeboten angebracht und die Lehramtsstudierenden angewiesen, mehr als Betreuer und weniger als zusätzliches Unterstützungsangebot zu agieren. Abschließend setzten wir die Lernumgebungen weitere 11 Male in unterschiedlichen Chemieklassen verschiedener Schulen der Sekundarstufe I ein, ohne weitere Änderungen vorzunehmen. Das forschende Lernen und die aktive Teilhabe aller Schüler*innen, unabhängig von ihren sprachlichen Kompetenzen, konnten etabliert und beobachtet werden.

Diskussion

Zusammenfassend zeigen unsere Ergebnisse, dass sich die Kategorien, die wir definiert haben, gegenseitig beeinflussen. Diese Beeinflussung kann hierarchisch gesehen werden oder auch ein Schritt als Voraussetzung für den nächsten. Abbildung 2 zeigt diese Hierarchie.



Abb. 2: Hierarchie der Voraussetzungen für ein sprachsensibles Schüler*innenlabor

Wie sich in unserer Entwicklung gezeigt hat, war es zunächst wichtig, strukturierte Lernumgebungen mit intuitivem Lernmaterial als Grundlage zu schaffen. In einem zweiten Schritt war es notwendig eine einfache und direkte Unterstützung durch verschiedene Unterstützungsangebote anzubieten. Dann arbeiten Schüler*innen zunehmend kooperativ zusammen, sie experimentieren häufiger selbständig und sind ein aktiver Teil des Lernprozesses. Abschließend lässt sich feststellen, dass die Berücksichtigung der Interdependenz der Kategorien und die genutzten Ansätze zu Praxisbeispielen für sprachensible und sprachfördernde Schüler*innenabore führen, die eine aktive Beteiligung und forschendes Lernen ermöglichen.

Disclaimer

Die Unterstützung der Europäischen Kommission für die Erstellung dieser Veröffentlichung stellt keine Billigung des Inhalts dar, welcher nur die Ansichten der Verfasser wiedergibt, und die Kommission kann nicht für eine etwaige Verwendung der darin enthaltenen Informationen haftbar gemacht werden.



Kofinanziert durch das
Programm Erasmus+
der Europäischen Union

Literatur

- Bos, W., Bonsen, M., Kummer, N., Lintorf, K., & Frey, K. (2008). TIMSS 2007. Dokumentation der Erhebungsinstrumente zur „Trends in International Mathematics and Science Study“. Waxmann. https://www.pedocs.de/frontdoor.php?source_opus=15665
- Eilks, I., & Ralle, B. (2002). Partizipative Fachdidaktische Aktionsforschung Ein Modell für eine begründete und praxisnahe curriculare Entwicklungsforschung in der Chemiedidaktik. 1, 13–18.
- Kuckartz, U. (2018). Qualitative Inhaltsanalyse: Methoden, Praxis, Computerunterstützung (4. Auflage). Beltz Juventa.
- Lynch, S. (2001). „Science for All“ is not equal to „One Size Fits All“: Linguistic and Cultural Diversity and Science Education Reform. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(5), 622–627. <https://doi.org/10.1002/tea.1021>
- Markic, S., & Childs, P. (2016). Language and the teaching and learning of chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 17(3), 434–438. <https://doi.org/10.1039/C6RP90006B>
- OECD (Hrsg.). (2009). PISA 2006 Technical report. OECD.

Stefanie Lenzer¹
Andreas Nehring¹

¹Leibniz Universität Hannover

Partizipation an Laborpraktika für *alle*: Fallstudie einer blinden Studentin

Im Chemiestudium stellen Laborpraktika den wesentlichen Bestandteil der experimentellen Ausbildung dar. Vor dem Hintergrund einer zunehmenden Diversitätssensibilität auch in der Hochschulbildung ist eine fachlich fundierte und aktive Partizipation an Laborpraktika für alle Studierenden ein zentrales Ziel. Vor diesem Hintergrund gibt dieser Beitrag Einsichten in konkrete Bemühungen an der Leibniz Universität Hannover, einer blinden Studentin die Partizipation an einem Laborpraktikum zu ermöglichen.

Stand der Forschung und Entwicklung

Entsprechende chemiedidaktische Forschungen und Entwicklungen beschreiben spezielle technische Geräte und Materialien, wie z. B. ein akustisches und haptisches Thermometer (Vitoriano et al., 2016), ein sprechendes Kalorimeter (Gomes et al., 2020), digitale Versuchsanleitungen (Miecznikowski, Guberman-Pfeffer, Butrick et al., 2015) sowie auf Schwellpapier übertragene Versuchsanleitungen und Skripte (Miecznikowski et al., 2015; Supalo & Kennedy, 2014). Weiterhin gibt es Anleitungen für einzelne Versuche, die extra für blinde und sehbeeinträchtigte angepasst wurden (z. B. Flair & Setzer, 1990) und Berichte darüber, wie die Bereitstellung einer persönlichen Assistenz beim Experimentieren unterstützen kann (Pence, 2003; Supalo, 2005). Zusätzlich gibt es Beiträge zum Einsatz und zur Evaluation zuvor genannter Geräte, Materialien und Methoden, die zeigen, wie blinde Studierende in die Lage versetzt werden können, verschiedene Aufgaben im Labor auszuführen (z. B. Neely, 2007; Supalo, 2010; Miecznikowski et al., 2015).

Desiderate

Neben den derartigen Beiträgen fehlt bisher jedoch ein handhabbarer Ansatz, der Dozierende bei der Planung, Durchführung und Evaluation von Laborpraktika unterstützt, die beeinträchtigten Studierenden gemeinsam mit allen anderen Studierenden eine aktive Partizipation ermöglichen. Zudem fehlen Best-Practice-Beispiele für solche Szenarien. Daher wird in diesem Beitrag sowohl ein entsprechender Ansatz als auch ein daraus resultierendes Best-Practice-Beispiel dargestellt.

Planung, Durchführung und Evaluation eines inklusiven Laborpraktikums

Einen vielversprechenden Ansatz liefert das sog. „NinU-Schema“ (Stinken-Rösner et al., 2020). Das NinU-Schema verbindet erstmals systematisch die Perspektive inklusiver Pädagogik, die auf die Diversität der Lernenden sowie deren individuelle Lernvoraussetzungen, -barrieren und Partizipationsmöglichkeiten fokussiert (Booth & Ainscow, 2016; Price, Johnson, & Barnett, 2012), mit der Perspektive der Naturwissenschaftsdidaktiken nach Hodson (2014). Detaillierte theoretische Ausführungen zum NinU-Schema sind in den Beiträgen von Stinken-Rösner *et al.* (2020) und Ferreira González *et al.* (2021) nachzulesen. Durch die Adaption des NinU-Schemas konnte an der Leibniz Universität Hannover ein

bestehendes „chemisches Grundpraktikum“ in sechs Schritten umgestaltet werden: (1) Inhalte & Ziele bestimmen, (2) Diversität in Bezug auf Inhalt & Ziele anerkennen, (3) Barrieren in Bezug auf Inhalt & Ziele erkennen, (4) Partizipation in Bezug auf Inhalt & Ziele ermöglichen, (5) Umgestaltung der Räumlichkeiten & Materialien, (6) Evaluation der Umgestaltung.

Die Planung und Durchführung

Zunächst wurden Inhalte und Ziele für das Laborpraktikum festgelegt (1), die für alle zugänglich und erreichbar sein sollten: alle Studierenden sollten basierend auf dem in der Vorlesung erworbenen theoretischen Wissen zu 13 Themenschwerpunkten (z. B. Säure-Base-Gleichgewichte und Redoxreaktionen) wesentliche praktische Laborfertigkeiten und -kenntnisse erlernen. Die Diversität der Studierenden wurde durch deren individuelle Ressourcen und Voraussetzungen berücksichtigt (2). Dies waren für die blinde Studentin z. B. ihr ausgeprägtes Gehör und ihr Tastsinn oder motorische und technische Fähigkeiten im Zusammenhang mit Hilfsmitteln. Im nächsten Schritt (3) wurden für die blinde Studentin hauptsächlich visuelle, aber auch organisatorische Barrieren sowie Barrieren durch die Beachtung der Arbeitssicherheit bei der Durchführung und Beobachtung von Versuchen erkannt. Um geeignete Maßnahmen zu ermitteln, die die erkannten Barrieren abbauen und Partizipation ermöglichen (4), wurden die individuellen Ressourcen der Studentin sowie aus der Literatur adaptierte Maßnahmen herangezogen. Dies beinhaltete z. B. den Ersatz von gefährlichen Geräten oder Chemikalien durch weniger Gefährliche, die Umstrukturierung der Arbeitsphasen von Einzel- zu Gruppenarbeit oder die Berücksichtigung aller Sinne beim Beobachten der Versuche. Unter Berücksichtigung der Aspekte aus (1-4) wurden alle 76 Versuche angepasst, sofern es nötig war (5). Die höchste Priorität hatte zu jeder Zeit die Sicherheit aller Studierenden. Abb. 1 zeigt exemplarisch, wie die Versuche überarbeitet wurden. Nach der Umgestaltung des Skriptes und der Umgebung im Labor wurde das Laborpraktikum durchgeführt und evaluiert.

7 REDOXREAKTIONEN
7.1 AUFLÖSUNG VON METALLEN IN SAUREN LÖSUNGEN

GERÄTE
 Reagenzgläser, **Gasbrenner**

Anpassung: Verwenden Sie einen **Elektrobrenner** an Stelle eines Gasbrenners.

Barriere durch Arbeitssicherheit

Maßnahme: Elektrobrenner statt Gasbrenner (materielle Ressource)

Abb. 1.: Exemplarischer Ausschnitt zur Umgestaltung der Materialien (5) mit Markierungen und Hinweisen zu Barrieren und Maßnahmen

Evaluation: Fallstudie mit einer blinden Studentin

In diesem Beitrag wird für die Evaluation auf eine von mehreren Forschungsfragen fokussiert: „Durch welche Maßnahmen kann eine blinde Studentin verschiedene Barrieren überwinden und aktiv an einem Laborpraktikum partizipieren?“

Die Probandin war eine 21-jährige blinde Biochemiestudentin im ersten Studienjahr, die basierend auf ihrer schulischen Ausbildung bereits mit einigen der technischen Hilfsmittel vertraut war, die im umgestalteten Praktikum verwendet wurden.

Um die Forschungsfrage zu adressieren, wurde am Ende des Praktikums ein 60-minütiges Interview (Corbin & Strauss, 2015) durchgeführt, in dem die Studentin beschreiben sollte, welche Effekte die einzelnen Maßnahmen der Umgestaltung in Bezug auf ihre Partizipation am Praktikum hatten. Die Daten aus dem Interview wurden dokumentiert, transkribiert sowie deduktiv und induktiv codiert (Kuckartz & Rädiker, 2019). Die Haupt-kategorien 1) *Barrieren* und 2) *Partizipation* waren deduktiv durch das NinU-Schema (Stinken-Rösner, 2020) vorgegeben. Die Sub-kategorien zur Art der Barrieren, die genannt wurden (1.1) *visuelle Barriere*, 1.2) *technische & digitale Barriere*, 1.3) *organisatorische Barriere*, 1.4) *Barriere durch Arbeitssicherheit*, 1.5) *Physische Barriere* und 1.6) *akustische Barriere*), wurden induktiv ermittelt. Für alle Daten, die zuvor mit 1) *Barrieren* und 2) *Partizipation* codiert wurden, wurden zusätzlich Subkategorien ermittelt, die Maßnahmen beschreiben, durch die Partizipation ermöglicht wurde. Es wurden die Kategorien 2.1) *individuelle Ressource*, 2.2) *materielle Ressource* und 2.3) *personelle Ressource* ermittelt.

Ein Ausschnitt aus dem Interview illustriert die Codierung exemplarisch: *„Ich habe mich getraut das Ding selbst dahin zu tun (2 Partizipation), also ich würde den Bunsenbrenner nicht gerne anfassen, um zu schauen wo, ich das Reagenzglas hinhalten muss (1 Barriere; 1.1 visuelle Barriere; 1.4 Barriere durch Arbeitssicherheit). Bei dem Elektrobrenner ist das kein Ding, so heiß wird das nicht, auch nicht außen (2.1 individuelle Ressource; 2.2 materielle Res-source).“* Zahlreiche weitere codierte Aussagen verweisen darauf, dass die aktive Partizipation durch die Umgestaltung des Praktikums gelungen ist. Ebenso zeigen die Daten auch Beispiele auf, in denen es nicht gelungen ist. Dies war z. B. der Fall für *technische & digitale*, sowie *akustische Barrieren*, die bei der Umgestaltung des Praktikums nicht berücksichtigt wurden.

Insgesamt verweisen die qualitativen Daten aber darauf, dass die Umgestaltung des Praktikums der Studentin Partizipation ermöglicht hat. Deutlich wird dies auch durch diese zusammenfassende Aussage der Studentin: *„Ich hatte nicht erwartet, dass ich so viel allein Arbeiten konnte. [...] Ich habe eher erwartet, dass ich darumstehe und dir was Ansage und du das machst. [...] habe damit gerechnet, dass ich nicht alle Versuche machen kann, vor allem zeitlich. Aber das hat ja eigentlich auch gut funktioniert.“*

Zusammenfassung und Ausblick

Es konnte gezeigt werden, dass sich das NinU-Schema als Ansatz zur Unterstützung bei der Planung, Durchführung sowie Evaluation eines Laborpraktikums eignet, das einer Blinden Studentin, gemeinsam mit allen anderen Studierenden, eine aktive Partizipation ermöglicht. Es ist gelungen viele Barrieren bereits bei der Planung zu erkennen und durch entsprechende im Vorfeld ergriffene Maßnahmen zu adressieren. Die Nutzung individueller Ressourcen der Studierenden, die im Ansatz des NinU-Schemas eine zentrale Rolle spielt (Stinken-Rösner, 2020), die Unterstützung durch materielle Ressourcen (vgl. Miecznikowski et al., 2015) sowie die Unterstützung durch personelle Ressourcen (vgl. Stinken-Rösner, 2020; Supalo, 2005) konnten dabei helfen eine aktive Partizipation zu ermöglichen. Ein limitierender Faktor der Umgestaltung und Evaluation ist jedoch, dass diese explizit nur auf eine Studentin und deren Beeinträchtigung (Diversitätsdimension Behinderung) fokussiert waren. Um zu prüfen, ob tatsächlich alle Studierenden aktiv partizipieren können, sollten auch weitere Diversitätsdimensionen von Studierenden, z. B. die Sprache, der soziokulturelle Hintergrund und das Geschlecht, berücksichtigt werden.

Literatur

- Booth, T., & Ainscow, M. (2016). *The index for inclusion: A guide to school development led by inclusive values*. Index for Inclusion Network (IfIN).
- Corbin, J. & Strauss, A. (2015). *Basics of Qualitative Research 4th Edition. Technique and Procedures for Developing Grounded Theory*. Sage Publications, Inc.
- Ferreira González, L., Fühner, L., Sühlig, L., Weck, H., Weirauch, K. & Abels, S. (2021). Ein Unterstützungsrastrer zur Planung und Reflexion inklusiven naturwissenschaftlichen Unterrichts. In S. Hundertmark, X. Sun, S. Abels, A. Nehring, R. Schildknecht, V. Seremet & C. Lindmeier (Hrsg.), *Naturwissenschaftsdidaktik und Inklusion, 4. Beiheft Sonderpädagogische Förderung heute* (pp. 191–215). Beltz Juventa.
- Flair, M. N., & Setzer, W. N. (1990). An olfactory indicator for acid-base titrations: A laboratory technique for the visually impaired. *Journal of Chemical Education*, 67(9), 795.
- Gomes, V. V., Cavaco, S. C., Morgado, C. P., Aires-de-Sousa, J., & Fernandes, J. C. (2020). An Arduino-based talking calorimeter for inclusive lab activities.
- Hodson, D. (2014). Learning Science, Learning about Science, Doing Science: Different goals demand different learning methods. *International Journal of Science Education*, 36:15, 2534-2553
- Miecznikowski, J. R., Guberman-Pfeffer, M. J., Butrick, E. E., Colangelo, J. A., & Donaruma, C. E. (2015). Adapting advanced inorganic chemistry lecture and laboratory instruction for a legally blind student. *Journal of Chemical Education*, 92(8), 1344-1352.
- Neely, M. B. (2007). Using technology and other assistive strategies to aid students with disabilities in performing chemistry lab tasks. *Journal of chemical education*, 84(10), 1697.
- Pence, L. E., Workman, H. J., & Riecke, P. (2003). Effective laboratory experiences for students with disabilities: The role of a student laboratory assistant. *Journal of Chemical Education*, 80(3), 295.
- Price, J. F., Johnson, M., & Barnett, M. (2012). Universal Design for Learning in the Science Classroom. In T. E. Hall, A. Meyer, & D. H. Rose (Eds.), *What Works for Special-Needs Learners. Universal design for learning in the classroom: Practical applications* (pp. 55–70). New York: Guilford Publications, Inc.
- Rädiker, S., & Kuckartz, U. (2019). *Analyse qualitativer Daten mit MAXQDA*. Wiesbaden, Germany:: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Stinken-Rösner, L., Rott, L., Hundertmark, S., Baumann, Th., Menthe, J., Hoffmann, Th., Nehring, A. & Abels, S. (2020). Thinking Inclusive Science Education from two Perspectives: inclusive Pedagogy and Science Education. *RISTAL*, 3, 30–45.
- Supalo, C. (2005). Techniques to enhance instructors' teaching effectiveness with chemistry students who are blind or visually impaired. *Journal of Chemical Education*, 82(10), 1513.
- Supalo, C. A. (2010). *Teaching chemistry and other sciences to blind and low-vision students through hands-on learning experiences in high school science laboratories*. The Pennsylvania State University.
- Supalo, C. A., & Kennedy, S. H. (2014). Using commercially available techniques to make organic chemistry representations tactile and more accessible to students with blindness or low vision. *Journal of Chemical Education*, 91(10), 1745-1747.
- Vitoriano, F. A., Teles, V. L., Rizzatti, I. M., & de Lima, R. C. P. (2016). Promoting inclusive chemistry teaching by developing an accessible thermometer for students with visual disabilities. *Journal of Chemical Education*, 93(12), 2046-2051.

Jasper Cirkel¹
 Simon Z. Lahme¹
 Larissa Hahn¹
 Susanne Schneider¹
 Pascal Klein¹

¹Universität Göttingen

Die Belastungstrajektorie des 1. und 2. Studienseesters Physik

Für einen erfolgreichen Start ins Physikstudium und eine gelingende akademische Identitätsbildung müssen Studierende verschiedenste Anforderungen bewältigen (vgl. Bauer et al., 2019). Symptomatisch für diese Herausforderungen sind die hohen Studienabbruchquoten im Fach Physik (vgl. Albrecht, 2011; Heublein et al., 2017). Eine mangelnde Passung zwischen individuellen Ressourcen und (universitären) Anforderungen, sprich eine anhaltende Überforderungssituation kann sich dabei in individuellen Belastungsempfindungen zeigen, wie Schwedler (2017) bereits für Chemiestudierende zeigen konnte. Mit Blick auf die Zielgruppe der Physikstudierenden stellt sich daher die Forschungsfrage, wie die wahrgenommene Belastung und der Arbeitsaufwand - zeitlich hoch aufgelöst - im Laufe der ersten beiden Semester verlaufen. Erste an der Universität Göttingen erhobene Daten zeigen eine charakteristische „Belastungstrajektorie“.

Untersuchungsdesign und -instrument

Mit Hilfe eines Fragebogens wurden hierzu (1) die in dem Moment subjektiv wahrgenommene Belastung, mit dem Instrument *Perceived Stress Questionnaire* (PSQ) (Levenstein, 1993; deutsche Version Fliege et al., 2001) und (2) der individuell geschätzte studienrelevante Workload in Stunden innerhalb der letzten sieben Tagen erhoben. Der PSQ stammt aus der medizinischen Patient:innenforschung, wurde von Fliege et al. auch an einer Gruppe von Medizinstudierenden validiert und von Klein (2016) bereits im Kontext von Physikstudierenden eingesetzt. Er besteht aus vier Subskalen (Sorge, Anspannung, Anforderungen und Freude) mit je fünf, teils invertierten Items, die auf einer sechsstufigen Likert-Skala (1 = fast nie bis 6 = meistens) geratet werden. So ergibt sich eine Skala der Belastung von 0 (geringste angebbare Belastung) bis 100 (stärkste angebbare Belastung). Zu Beginn des jeweiligen Semesters wurden außerdem demographische Daten erhoben. Die Zuordnung der Fragebögen zu Personen über die einzelnen Messzeitpunkte (MZP) erfolgte mittels eines pseudonymen Codes. Die interne Konsistenz war exzellent bis hoch mit $\alpha = .95$ (Gesamtskala), $.89$ (Sorge), $.86$ (Anspannung), $.89$ (Anforderungen) und $.81$ (Freude). Details zum Instrument und einer ersten Validierung am Standort finden sich bei Lahme et al. (2022, im Druck).

Datenerhebung & Stichprobe

Die Datenerhebung an der Universität Göttingen startete in der Studieneingangsphase des Wintersemester 2021/2022 (WiSe 21/22) im dem Studium vorgelagerten, freiwilligen, zweiwöchigen mathematischen Vorkurs und wurde in einwöchigem Abstand in der Orientierungsphase (O-Phase) und der Einführungsvorlesung „Rechenmethoden der Physik“ fortgesetzt. In den Winterferien (W-Ferien) und teils in der vorlesungsfreien Zeit (VL-frei) nach den Prüfungswochen (PW) erfolgte die Messung in einem Abstand von zwei Wochen

(s. mit Sternchen (*) gekennzeichnete MZP in Abb. 1). Die Datenerhebung wurde im nachfolgenden Sommersemester 2022 (SoSe 22) in analogem Rhythmus bei der gleichen Kohorte bestehend aus Studierenden im ersten Jahr des *Bachelor of Science*- und *Zweifach-Bachelor*-Studiengangs im Rahmen der Grundlagenvorlesung „Experimentalphysik II“ fortgesetzt. Die Datenerhebung erfolgte per Papier- und/oder Online-Fragebogen.

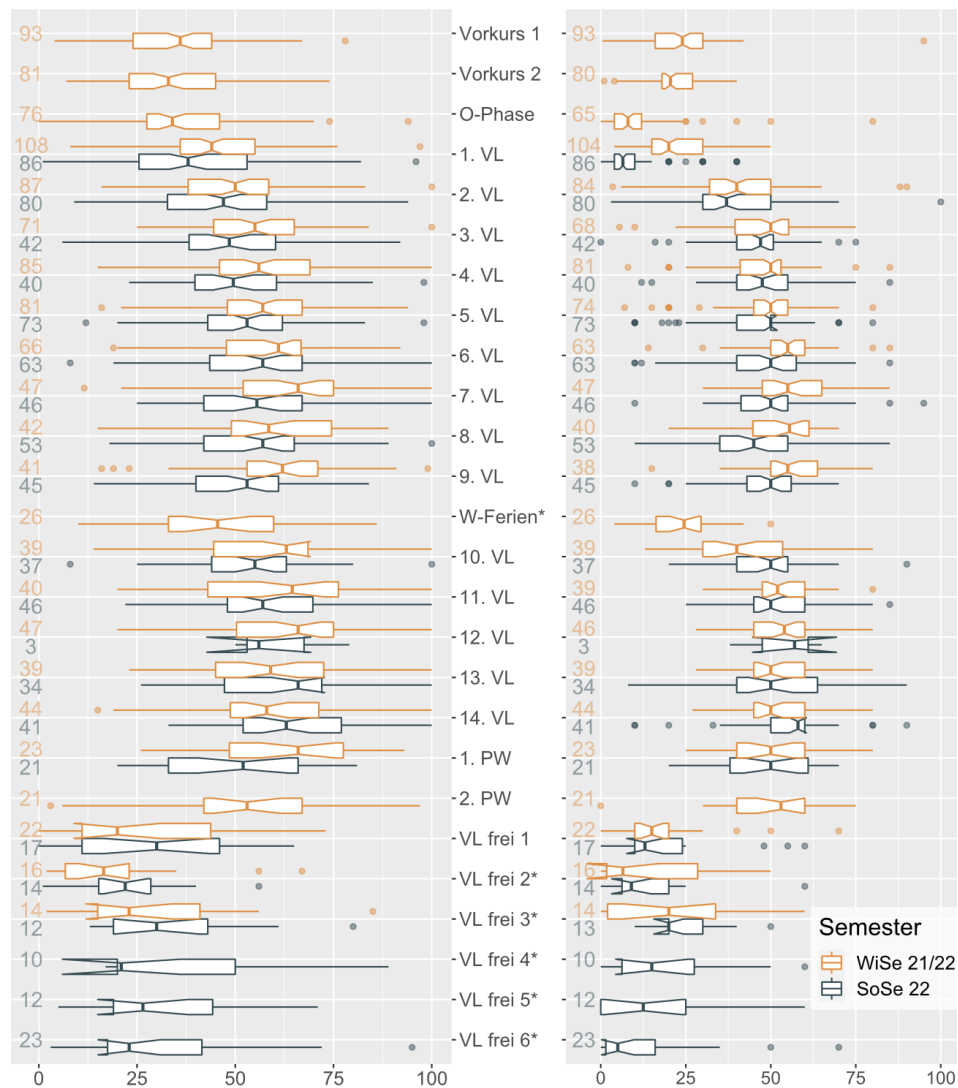


Abb. 1: Boxplots der wahrgenommenen Belastung (links) und des selbstberichteten Workload in Stunden pro Woche (rechts) für alle Messzeitpunkte (MZP) im ersten Studiensemester (WiSe 21/22) und zweiten Studiensemester (SoSe 22). Zahlen bei $x = 0$ sind die Anzahl an Teilnehmenden zum jeweiligen MZP. Geringe Unterschiede zwischen Belastung und Workload rühren daher, dass nicht in allen Fällen auch eine Angabe des Workloads erfolgte. Die Messungen erfolgten i. d. R. im einwöchigen Rhythmus, mit * markierte Messzeitpunkte in einem zweiwöchigen Rhythmus.

Über 44 MZP wurden nach Matching $N = 186$ verschiedene Codes und $n = 2007$ Teilnahmen erfasst. Die Anzahl der Teilnehmenden variierte je MZP, betrug zu Beginn des WiSe 21/22 etwa 100 und fiel bis zum Ende des Semesters auf Werte um 40. Im SoSe 22 zeigt sich ein ähnlicher Trend auf niedrigerem Niveau (s. Abb. 1, Werte bei $x = 0$).

Belastungstrajektorie und Workload

Die Ergebnisse der Belastung und des Workloads sind in Abb. 1 als Boxplots zu jedem MZP dargestellt. Es zeigt sich eine für beide Semester vergleichbare Trajektorie in Bezug auf die Belastung, wobei die Medianwerte bei nahezu gleichbleibender Streuung im Laufe der ersten Semesterwochen ausgehend von etwa 35% ansteigen und sich dann um etwa 60% der angebbaren Belastung stabilisieren. Eine Zäsur ist im WiSe 21/22 der deutlich niedrigere Wert des MZP in den als erholsam wirkenden Winterferien. Nach bzw. mit dem MZP der Prüfungsphase sinkt die wahrgenommene Belastung unter das Ausgangsniveau aus dem Vorkurs ab. Zwischen zeitlich korrespondierenden MZP der beiden Semester gibt es keine signifikanten Unterschiede der Mediane, erkennbar daran, dass sich die abgeschrägten Bereiche der Boxplots, die das 95% Konfidenzintervall des Medians markieren, überlappen. Die Medianwerte des SoSe 22 bis einschließlich MZP 12. VL liegen konsistent etwas niedriger als die des WiSe 21/22. Die Streuung der Werte in der Prüfungsphase und der VL-freien Zeit nimmt zu. Hierfür kann verantwortlich sein, dass weiterhin belastende Elemente wie Prüfungen und Praktika und erholsame Elemente der VL-freien Zeit nicht gleichzeitig bei allen Studierenden auftreten.

Der Verlauf des Workloads ist vergleichbar mit dem der Belastungstrajektorie. Es besteht ein deutlicher Unterschied zwischen VL- und VL-freier-Zeit. Auch hier gibt es kaum Unterschiede der Medianwerte zwischen den beiden Semestern (bei MZP 1. und 8. VL niedriger im SoSe 22, bei MZP 10. VL niedriger im WiSe 21/22). Der zum MZP 1. VL im WiSe21/22 deutlich höhere berichtete Workload könnte darauf zurückzuführen sein, dass die Studierenden bereits im Vorfeld am Vorkurs teilgenommen haben und für sie bereits das Studium "gestartet" war. Der niedrigere Medianwert im WiSe 21/22 zum MZP 10. VL könnte durch die Lage nach den als erholsam angenommenen Winterferien beeinflusst sein. Bei den Werten sollten u. a. soziale Erwünschtheit und Erinnerungseffekte (Metzger & Schulmeister, 2011) berücksichtigt werden. Es ergibt sich eine signifikante, positive Korrelation zwischen dem selbsteingeschätzten Workload und der wahrgenommenen Belastung von $r(1778) = .64$, CI 99% [.61,.68], $p < .001$ über alle MZP, auf Grund der wiederholten Teilnahmen als *repeated measure correlation* (Bakdash & Marusich, 2017) berechnet.

Fazit und Ausblick

In den ersten beiden Semestern des Physikstudiums nehmen Studierende ein ähnliches, charakteristisches Belastungsprofil wahr, das zu Studien- und Semesterbeginn ansteigt, dann auf höherem Niveau bis in die Prüfungsphase stabil ist und in der VL-freien Zeit und Winterferien absinkt. Der Workload ist mit der Belastung stark korreliert. Um absolute Werte der Belastung vergleichen und einordnen zu können, wird die Datenerhebung mit einer neuen Kohorte am Standort im kommenden WiSe 22/23 fortgesetzt. Zusätzlich wird untersucht, inwieweit sich Zusammenhänge zwischen dem Belastungserleben, dem Zugehörigkeitsgefühl zur Universität (Baumert et al., 2008) und der Physik-Community (Feser & Plotz, in Vorber.) sowie der Förderung eines Growth Mindsets (Diederich et al., 2023) zeigen.

Literatur

- Albrecht, A. (2011). Längsschnittstudie zur Identifikation von Risikofaktoren für einen erfolgreichen Studieneinstieg in das Fach Physik. Dissertation, Freie Universität Berlin. <https://refubium.fu-berlin.de/handle/fub188/4415>
- Bakdash, J. Z. & Marusich, L. R. (2017). Repeated Measures Correlation. *Frontiers in Psychology*, 8, Artikel 456. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00456>
- Bauer, A., Lahme, S., Woitkowski, D. & Reinhold, P. (2019). PSΦ: Forschungsprogramm zur Studieneingangsphase im Physikstudium. *PhyDid B - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung - Aachen 2019*, 53–60. <http://www.phydid.de/index.php/phydid-b/article/download/934/1061>
- Baumert, J., Blum, W., Brunner, M., Dubberke, T., Jordan, A., Klusmann, U., Krauss, S., Kunter, M., Löwen, K., Neubrand, M. & Tsai, Y.-M. (2008). *Professionswissen von Lehrkräften, kognitiv aktivierender Mathematikunterricht und die Entwicklung von mathematischer Kompetenz (COACTIV): Dokumentation der Erhebungsinstrumente*. Materialien aus der Bildungsforschung: Bd. 83. Max-Planck-Institut für Bildungsforschung. https://pure.mpg.de/rest/items/item_2100057_8/component/file_2197666/content
- Diederich, M., Spatz, V., Rehberg, J. & Wilhelm, T. (2023). Weiterentwicklung einer synergetischen Mindset Intervention für die MINT-Studieneingangsphase. In v. Vorst, H. (Hrsg.). *Lernen, lehren und forschen in einer digital geprägten Welt, Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Aachen 2022*, Band 43, in diesem Band
- Feser, M. S., & Plotz, T. (in Vorbereitung). *Development of a single-item instrument for assessing pre-service primary school teachers' Sense of Belonging to Science*.
- Fliege, H., Rose, M., Arck, P., Levenstein, S. & Klapp, B. F. (2001). Validierung des "Perceived Stress Questionnaire" (PSQ) an einer deutschen Stichprobe. *Diagnostica*, 47(3), 142–152. <https://doi.org/10.1026//0012-1924.47.3.142>
- Heublein, U., Ebert, J., Hutzsch, C., Isleib, S., König, R., Richter, J. & Woisch, A. (2017). *Zwischen Studierwartungen und Studienwirksamkeit: Ursachendes Studienabbruchs, beruflicher Verbleib der Studienabbrecherinnen und Studienabbrecher und Entwicklung der Studienabbruchquote an deutschen Hochschulen*. Forum Hochschule 1|2017. Hannover. https://www.dzhw.eu/pdf/pub_fh/fh-201701.pdf
- Schwedler, S. (2017). Was überfordert Chemiestudierende zu Studienbeginn? *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 23(1), 165–179. <https://doi.org/10.1007/s40573-017-0064-5>
- Klein, P. (2016) *Konzeption und Untersuchung videobasierter Aufgaben im Rahmen vorlesungsbegleitender Übungen zur Experimentalphysik (Mechanik)*. Dissertation, Technische Universität Kaiserslautern.
- Lahme, S. Z., Cirkel, J. O., Hahn, L., Klein, P., Langendorf, L., Schneider, S. (2022, im Druck). Belastungstrajektorie in der Studieneingangsphase Physik. *PhyDid B - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung 2022*.
- Levenstein, S., Prantera, C., Varvo, V., Scribano, M. L., Berto, E., Luzi, C. & Andreoli, A. (1993). Development of the perceived stress questionnaire: A new tool for psychosomatic research. *Journal of Psychosomatic Research*, 37(1), 19–32. [https://doi.org/10.1016/0022-3999\(93\)90120-5](https://doi.org/10.1016/0022-3999(93)90120-5)
- Metzger, C. & Schulmeister, R. (2011). Die tatsächliche Workload im Bachelorstudium - Eine empirische Untersuchung durch Zeitbudgetanalysen. In S. Nickel (Hrsg.), *Der Bolognaprozess aus Sicht der Hochschulforschung. Analysen und Impulse für die Praxis*. 68-78. Gütersloh: Zentrum für Hochschulentwicklung. http://www.che.de/downloads/CHE_AP_148_Bologna_Prozess_aus_Sicht_der_Hochschulforschung.pdf

Author contributions¹

Jasper O. Cirkel: Data Curation (supporting); Formal Analysis (lead); Validation; Visualization (lead); Writing – Original Draft Preparation (lead); Writing – Review & Editing (equal). **Larissa Hahn**: Data Curation (supporting); Formal Analysis (supporting); Investigation (supporting); Writing – Review & Editing (equal). **Pascal Klein**: Conceptualization; Methodology; Supervision; Writing – Review & Editing (equal). **Simon Z. Lahme**: Data Curation (lead); Formal Analysis (supporting); Investigation (lead); Visualization (supporting); Writing – Original Draft Preparation (supporting); Writing – Review & Editing (equal). **Susanne Schneider**: Writing – Review & Editing (equal).

¹ According to CREDIT (CRediT Contributor Roles Taxonomy), <https://credit.niso.org/>

Jana Rehberg¹
 Thomas Wilhelm¹
 Malte Diederich²
 Verena Spatz²

¹Goethe Universität Frankfurt
²Technische Universität Darmstadt

Längsschnittstudie und Online-Workshop zum physikspezifischen Mindset

Hintergrund

Ein Studienabbruch oder -wechsel kann im Einzelfall durchaus die richtige Entscheidung sein. Jedoch stellt sich angesichts der hohen und weiter steigenden Zahlen von knapp 50 % für den Bereich Physik/Naturwissenschaften (Heublein et al., 2022) die Frage nach der systemischen Komponente. So geben fast 90 % aller Abbrechenden (NaWi & Ing) an, mit dem Studium überfordert gewesen zu sein (Heublein et al., 2017). Hochschulen unternehmen zum Teil einen erheblichen Aufwand, um Studierende mit Brückenkursen u.ä. zu unterstützen. Jedoch zeigt sich, dass gerade die später Abbrechenden weniger Gebrauch von diesen Angeboten machen (ebd.). Zusammen mit den vorliegenden Trends gibt dies einen Hinweis darauf, dass solche Maßnahmen alleine nicht ausreichen, um das Problem vollständig zu adressieren. Daher erscheint es sinnvoll, neben den fachlichen Aspekten von Leistungsproblemen und Überforderung auch die psychologische Dimension miteinzubeziehen.

Die Mindset-Forschung zeigt hier einen vielversprechenden Ansatz auf. Sie konnte zum einen in zahlreichen Studien zeigen, dass die Überzeugung (Laien-Theorien) von Lernenden hinsichtlich der (Un-)Veränderbarkeit von Intelligenz und Begabung einen Einfluss auf bspw. die Inanspruchnahme von Förderkursen, Noten und die Wahl von fortgeschrittenen Mathematikkursen durch Lernende hat (Hong et al., 1999; Yeager & Dweck, 2020). Zum anderen wurde vor 20 Jahren die zugehörige Interventionsforschung etabliert, die aufzeigt, dass diese Überzeugungen in eine lernförderliche Richtung beeinflusst werden können und mittel- bis langfristige Auswirkungen z.B. auf Noten und akademisches Wohlbefinden haben (Dweck & Yeager, 2019). Haben Lernende ein Growth Mindset, glauben sie, dass ihre eigene Intelligenz und andere Kompetenzen immer weiter ausbaufähig sind. Damit steigt bei ihnen die Bereitschaft, auch angesichts von Rückschlägen, Zeit und Energie zu investieren und ihre Strategien ggf. anzupassen (Diener & Dweck, 1978; Schroder et al., 2017). Lernende mit einem Fixed Mindset glauben dagegen, dass ihre Intelligenz und Begabungen genauso unveränderbar vorgegeben sind wie ihre Augenfarbe (Dweck, 1999). Personen mit diesem Mindset neigen dazu, Schwierigkeiten direkt als Fehlschläge zu interpretieren und auf einen Mangel an Talent und Intelligenz zurückzuführen. Damit lohnt es sich auch aus dieser Perspektive nicht, noch viel zu investieren und neue Strategien auszuprobieren oder Unterstützungsprogramme in Anspruch zu nehmen (Hong et al., 1999; Dweck & Yeager, 2019).

Fragebogen

Aufbau und Pilotierung von den zwei Physik-fachspezifischen Skalen „Anstrengungsüberzeugung“ (**AÜ**), „Begabungsüberzeugung“ (**BÜ**) wurden von Rehberg et al. (2020) vorgestellt. Diese sind zusammen mit 4 Items der originalen Skala (Dweck, 1999) zu den „Theorien zur Intelligenz“ (**TzI**) ($\alpha_c=.83$) Grundlage der hier vorgestellten Testungen.

Für die Befragung zum WS 19/20 in der Gruppe der Physik-Studienbeginnenden (B. Sc.; n=178; TU Darmstadt, Uni Frankfurt & Uni Würzburg) korrelierten (Pearson) die beiden Physik-fachspezifischen Skalen moderat mit der Skala **TzI** im Bereich $.33 < r < .37$ bei $p < .001$. Untereinander konnte zum selben Messzeitpunkt eine Korrelation von $r = .69$ bei ebenfalls $p < .001$ ermittelt werden. Diese hohe Korrelation wirft die Frage auf, ob es sich bei den Skalen um eine oder um zwei Subskalen handelt. Daher wurden mit Hilfe der konfirmatorischen Faktorenanalyse zwei Modelle gegeneinander geprüft. Modell 1 ist das beschriebene drei-Faktoren-Modell, bestehend aus den Skalen: **AÜ**, **BÜ** und **TzI**. Als Konkurrenzmodell 2 wurden die beiden ersten Skalen zusammengenommen, so dass ein zwei-Faktoren-Modell aus den beiden Skalen „Physik-fachspezifisches Mindset“ und **TzI** gebildet wurde.

| | χ^2/df | CFI | TLI | SRMR | RMSEA* | *p-Wert |
|-----------------|-------------|------|------|------|--------|---------|
| Modell 1 | 1.685 | .946 | .929 | .065 | .067 | .125 |
| Modell 2 | 2.100 | .907 | .884 | .070 | .085 | .002 |

Es zeigt sich, dass drei der fünf gängigen Gütekriterien im zwei-Faktoren-Modell schlechter ausfallen (Moosbrugger & Kelava, 2020). Die Gütekriterien TLI und RMSEA zeigen sogar Werte auf, die für eine „nicht mehr akzeptable Modellgüte“ des Konkurrenzmodells 2 sprechen (ebd.). Diese Einschätzungen konnten auch für die beiden Messwiederholungen zum Studienstart im WS 20/21 und WS 21/22 in ähnlicher Weise bestätigt werden.

Ergebnisse Längsschnitt

Mit dem drei-Faktoren-Messinstrument wurde neben der beschriebenen Querschnittsmessung auch eine Studierenden-Kohorte im Längsschnitt begleitet. Der 1. Messzeitpunkt lag zu Beginn des 1. Semesters (WS 19/20). Eine 2. Messung wurde im 2. Semester (SoSe 20) durchgeführt und mit einer 3. Befragung im 4. Semester (SoSe 21) abgeschlossen. Die Befragungen erfolgten mit dem digitalisierten Testinstrument, was nicht zuletzt auch eine Testung während der Nicht-Präsenzlehre unter den COVID-19-Bedingungen ermöglichte. Dennoch führte die Pandemie zu einem reduzierten Zugang zu den Studierenden durch z.B. asynchrone Lehre und somit mutmaßlich zu einer kleineren Längsschnitt-Kohorte. Die Ergebnisse können somit nur einen vorläufigen Hinweis geben, da sie unter derartigen Ausnahmeständen erhoben wurden, dass eine allgemeine Repräsentativität in Zweifel gezogen werden muss und eine Wiederholung der Längsschnittuntersuchung erstrebenswert wäre.

Es konnten insgesamt 80 Studierende durch ihren anonymen Code über alle drei Messzeitpunkte identifiziert werden. Für alle drei Skalen zeigte sich eine Entwicklung über die Zeit in lernförderliche Richtung des Growth Mindsets. Statistisch signifikant wurde nur der Unterschied zwischen dem 1. und dem 4. Semester für die Skala **BÜ** von $\Delta = .3$ (Likert-Skala von 1 bis 6) mit $p = .002$. Eine mögliche Erklärung wäre, dass Studierende mit einem „Genie-Mythos“ beginnen, aber diejenigen, die verbleiben, feststellen, dass die notwendigen Fähigkeiten für Erfolg im Physikstudium nicht auf Begabung, sondern kontinuierlichem Einsatz beruhen. Spatz et al. konnten in einer aktuellen Interviewstudie analog zeigen, dass Noviz:innen stärker von einer Unveränderbarkeit der Erfolgsfaktoren für ihr Studium ausgehen als Expert:innen (Spatz, Wilhelm & Pieschl, 2023).

Entwicklung einer synergetischen digitalen Mindset-Intervention

Um das Mindset in die lernförderliche Richtung des Growth-Mindsets zu verschieben, wurde ein Prototyp eines selbstgesteuerten Einzelsitzungs-Online-Kurses („self-administered single-session Intervention“) mit ca. 45 Minuten Dauer aufgebaut. 26 Minuten hiervon entfielen auf das animierte Videomaterial. Durch die Mindset-Forschung der letzten 20 Jahre haben sich auch für Interventionen in diesem Feld eine Reihe an Gütekriterien herausgebildet, die kennzeichnend sind für handwerklich gut aufgebaute („well-crafted“) Interventionen (Yeager et al., 2016). Daran wurde auch der Interventionskurs ausgerichtet, der um den inhaltlichen Dreischritt von wissenschaftlichen Informationen zum Lernen, Schreibübungen („saying-is-believing“) und strukturierten Selbstberichten aufgebaut ist (Walton, 2014). Neben der Mindset-Botschaft wurden zudem im synergetischen Sinne (Yeager et al., 2022) Lernstrategien speziell für abstrakte Inhalte in den Videos integriert, basierend auf lernpsychologisch bewährten Methoden (Dunlosky et al., 2013) und dafür das Akronym AGIL (Abrufstrategie, gemischtes & Intervall-Lernen) kreiert. Nach dem Faktorenmodell von Hecht et al. (2021) sollten zunächst die Faktorstufen 1 und 2 von insgesamt vier Stufen mit folgenden Fragen beantwortet werden: 1) Wird der Kurs von den Studierenden angenommen? 2) Ist eine Verschiebung des Mindsets in lernförderliche Richtung beobachtbar? 3) Gilt diese genauso für Subgruppen? Eine Auswertung der Akzeptanz wurde anhand des Kompletierungsgrades der Videos und des internen Kurzfragebogens operationalisiert. Keines der fünf Videos wies einen erkennbaren Ausstiegszeitpunkt vor dem jeweiligen Ende auf. Die Retentionsrate („Full Completer“) liegt mit 58 % über den Vergleichswerten von 32 % bis 41 % für unbelohnte („non incentivized“) Interventionen (Cohen & Schleider, 2022). Der Kurzfragebogen wurde von 86 % der Teilnehmenden sowohl zu Beginn als auch zum Ende der Intervention ausgefüllt, was sich gut mit dem Vergleichswerten zwischen 82 % und 88 % deckt (Yeager et al., 2022). Auch unter Berücksichtigung der doppelten positiven Selbstselektion fällt auf, dass die Rückmeldungen (Feedbackmöglichkeit am Ende der Intervention) überwiegend positiv waren und nur vier von 89 Aussagen als negativ gewertet werden konnten. Der Zeitpunkt direkt zum Studienbeginn erscheint daher für den Interventionseinsatz als gut geeignet.

Obwohl zu allen drei Zeitpunkten (Pre-&Posttestung mit Fragebogen (s.o.) und Intervention) mehr als jeweils 300 Studierende teilnahmen, ließen sich durch Codematching (achtstelliger anonymer Code) nur 43 Personencodes dreimal finden. Um dennoch den Einfluss der Intervention auf die Mindset-Verschiebung zu untersuchen, wurden die Teilnehmenden des Interventionskurses in zwei Gruppen eingeteilt: Gruppe 1 (n=39) hatte weniger als die Hälfte des Videomaterials, Gruppe 2 (n=242) mindestens die Hälfte oder mehr angeschaut. Die Gruppen unterschieden sich nicht signifikant zum Messzeitpunkt vor der Intervention.

Ein Kurzfragebogen bestand aus zwei „Single-Item-Scale“-Fragen zur **BÜ** und den **TzI**. Für beide Fragen konnte in Gruppe 2 eine signifikante Verschiebung in lernförderliche Richtung ermittelt werden mit $.4 < \Delta < .5$ und $p < .001$. Für die **BÜ** konnte damit eine Netto-Effektstärke von $d = .3$ und für die **TzI** von $d = .4$ berechnet werden. Eine Überprüfung dieser Effekte für die Subgruppen Geschlecht, Migrationshintergrund und Erste-Generations-Status ergab keine signifikanten Unterschiede. Es wurde somit keine dieser Personengruppen durch die Intervention benachteiligt. Die Auswertung ergibt damit, dass sich der Prototyp für die Weiterarbeit mit Studienbeginnenden eignet. Nach Anpassungen durch Malte Diederich (vgl. Diederich et al., 2023) wird die überarbeitete Version im WS 22/23 in verschiedenen MINT-Disziplinen der TU Darmstadt und weiteren Standorten eingesetzt.

Literatur

- Cohen, K. A., & Schleider, J. L. (2022). Adolescent dropout from brief digital mental health interventions within and beyond randomized trials. *Internet Interventions*, 27, 100496. <https://doi.org/10.1016/j.invent.2022.100496>
- Diederich, M., Spatz, V., Rehberg, J., & Wilhelm, T. (2023). Weiterentwicklung einer synergetischen Mindset-Intervention für die MINT-Studieneingangsphase. *Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Aachen 2022*.
- Diener, C. I., & Dweck, C. S. (1978). An analysis of learned helplessness: Continuous changes in performance, strategy, and achievement cognitions following failure. *Journal of Personality and Social Psychology*, 36(5), 451–462. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.36.5.451>
- Dunlosky, J., Rawson, K. A., Marsh, E. J., Nathan, M. J., & Willingham, D. T. (2013). Improving Students' Learning With Effective Learning Techniques: Promising Directions From Cognitive and Educational Psychology. *Psychological Science in the Public Interest*, 14(1), 4–58. <https://doi.org/10.1177/1529100612453266>
- Dweck, C. S. (1999). *Self-theories: Their role in motivation, personality, and development*. Psychology Press.
- Dweck, C. S., & Yeager, D. S. (2019). Mindsets: A View From Two Eras. *Perspectives on Psychological Science*, 14(3), 481–496. <https://doi.org/10.1177/1745691618804166>
- Hecht, C. A., Yeager, D. S., Dweck, C. S., & Murphy, M. C. (2021). Beliefs, affordances, and adolescent development: Lessons from a decade of growth mindset interventions. In *Advances in Child Development and Behavior* (Bd. 61, S. 169–197). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/bs.acdb.2021.04.004>
- Heublein, U., Ebert, J., Hutzsch, C., Isleib, S., König, R., Richter, J., & Woisch, A. (2017). *Zwischen Studienerwartungen und Studienwirklichkeit*. DZHW, Deutsches Zentrum für Hochschul- und Wissenschaftsforschung.
- Heublein, U., Hutzsch, C., & Schmelzer, R. (2022). Die Entwicklung der Studienabbruchquoten in Deutschland. *DZHW Brief*. https://doi.org/10.34878/2022.05.DZHW_BRIEF
- Hong, Y., Chiu, C., Dweck, C. S., Lin, D. M.-S., & Wan, W. (1999). Implicit theories, attributions, and coping: A meaning system approach. *Journal of Personality and Social Psychology*, 77(3), 588–599. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.77.3.588>
- Moosbrugger, H., & Kelava, A. (Hrsg.). (2020). *Testtheorie und Fragebogenkonstruktion* (3., vollständig neu bearbeitete, erweiterte und aktualisierte Auflage). Springer.
- Rehberg, J., Wilhelm, T., Spatz, V., & Goldhorn, L. (2020). Pilotierung eines Mindsetfragebogens mit Physik-(Lehramts-)Studierenden. S. Habig (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Wien 2019*, 397–400.
- Schroder, H. S., Fisher, M. E., Lin, Y., Lo, S. L., Danovitch, J. H., & Moser, J. S. (2017). Neural evidence for enhanced attention to mistakes among school-aged children with a growth mindset. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 24, 42–50. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2017.01.004>
- Spatz, V., Wilhelm, T., & Pieschl, S. (2023). Fachspezifische Denkweisen zum Studienerfolg – eine vergleichende Interviewstudie. *Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Aachen 2022*.
- Walton, G. M. (2014). The New Science of Wise Psychological Interventions. *Current Directions in Psychological Science*, 23(1), 73–82. <https://doi.org/10.1177/0963721413512856>
- Yeager, D. S., Bryan, C. J., Gross, J. J., Murray, J. S., Krettek Cobb, D., H. F. Santos, P., Graveling, H., Johnson, M., & Jamieson, J. P. (2022). A synergistic mindsets intervention protects adolescents from stress. *Nature*. <https://doi.org/10.1038/s41586-022-04907-7>
- Yeager, D. S., & Dweck, C. S. (2020). What can be learned from growth mindset controversies? *American Psychologist*, 75(9), 1269–1284. <https://doi.org/10.1037/amp0000794>
- Yeager, D. S., Romero, C., Paunesku, D., Hulleman, C. S., Schneider, B., Hinojosa, C., Lee, H. Y., O'Brien, J., Flint, K., Roberts, A., Trott, J., Greene, D., Walton, G. M., & Dweck, C. S. (2016). Using design thinking to improve psychological interventions: The case of the growth mindset during the transition to high school. *Journal of Educational Psychology*, 108(3), 374–391. <https://doi.org/10.1037/edu0000098>

Katharina Flieser¹
 Karsten Rincke¹

¹Universität Regensburg

Textwahrnehmung im Fach Physik – Planung und Entwicklung geeigneter Messinstrumente

Der Sprache kommen im Kontext des Lernens und Lehrens diverse Funktionen zu: Sie spielt eine entscheidende Rolle bei den kognitiven Prozessen der Verarbeitung und des Speicherns von Informationen (Solso, 2005, S. 295 f.), sie ist unser zentrales Kommunikationsmittel und schließlich sind fachliches Lernen und Versprachlichung der Inhalte eng gekoppelt, sodass die Sprache (häufig unbemerkt) selbst zum Lerngegenstand wird (Ahrentholz et al., 2007, S. 7). Für den Unterricht aller Fächer ist daher der Umgang insbesondere mit schriftlichem Textmaterial essenziell. Ein Ansatz, Schüler:innen beim verstehenden Lesen zu unterstützen, besteht darin, eine möglichst günstige sprachliche Textgestaltung anzustreben. Eine fachspezifische Untersuchung der Einflussfaktoren auf das Textverstehen ist hierbei sinnvoll, da naturwissenschaftliche Texte spezielle Charakteristika aufweisen. Im vorliegenden Beitrag wird erläutert, wie aus der einschlägigen Literatur und aus den empirischen Erkenntnissen einer Pilotierungsstudie eine Studie zur Textwahrnehmung bei Schüler:innen entwickelt wurde.

Das Zusammenspiel zwischen Text und Lesenden

Während die Befundlage zu den Effekten sprachlicher Variationen auf den Lernerfolg heterogen ist (z.B. Härtig et al., 2019; Heine et al., 2018; Schmellentin et al., 2017; Staraschek, 2006), herrscht Konsens hinsichtlich der Tatsache, dass der Textverstehensprozess interaktiven Charakter hat (z.B. Artelt et al., 2005; Lenhard, 2013; Schnotz, 1994). Ein informativer Text muss so beschaffen sein, dass er für die Zielgruppe verständlich ist. Dies betrifft inhaltliche Aspekte, wie das bereichsspezifische Vorwissen, das vorausgesetzt und auf das aufgebaut werden kann oder die Elaborationselemente (Querverweise, Beispiele, Kontrastierungen, etc.), die der Wissensvermittlung dienen. Auf der anderen Seite muss der Text äußerlich und oberflächlich passend gestaltet sein: Etwa müssen Layout, verwendetes Vokabular und die gewählten Satzstrukturen für die Lesenden zugänglich sein und der Text sollte kohärent wirken. Auf dieser Grundlage ist es nun an den Lesenden, sich aktiv mit dem Text auseinanderzusetzen. Sie müssen dabei sowohl motorisch/physiologisch als auch geistig aktiv sein. Einerseits setzen Lesende Strategien ein, um das Schriftmaterial zu verarbeiten und mit Bedeutung zu versehen. Unter Lesestrategien lassen sich Methoden, die das Denken unterstützen (z.B. erneutes Lesen, Textstellen unterstreichen) und metakognitive Maßnahmen (überwachende Reflexion, Planung des Strategieeinsatzes, bewusste Aufmerksamkeitssteuerung, etc.) subsumieren (Philipp und Schilcher, 2012; S. 45). Andererseits greifen die Lesenden auf basale Lesefertigkeiten zurück, indem sie ausgehend von der Worterkennung und der Bildung von sinntragenden Einheiten (sog. Propositionen) rekursive und logische Zusammenhänge zwischen benachbarten Phrasen und Sätzen herstellen. Die mentale Rekonstruktion der Textinhalte schließlich geht mit logischen Schlussfolgerungen und gedanklichem Transfer zu eigenen Wissensbeständen einher (zusammenfassend nach Lenhard, 2013, S. 14 ff.). Die aus dem Text rekonstruierte

Bedeutung ist somit spezifisch für jede:n Lesende:n, da das interaktive Zusammenspiel beim verstehenden Lesen sowohl durch Texteigenschaften als auch durch Merkmale und Dispositionen der Lesenden beeinflusst wird.

Gesamtkonzept der Studie: Fragestellung und Design

Gemäß dieser konstruktivistischen Sichtweise auf das verstehende Lesen liegt dem Forschungsvorhaben die Auffassung zugrunde, dass die Textgestaltung maßgeblich Einfluss darauf nimmt, wie Lesende den Text wahrnehmen und dadurch geneigt sind, sich engagiert mit dem Text zu beschäftigen. Es wird daher die folgende Frage untersucht: Inwiefern nehmen Schüler:innen Sachtexte zur elektrischen Spannung unterschiedlich wahr, wenn die Texte bei gleichem Inhalt bezüglich der sprachlichen Gestaltung systematisch voneinander abweichen? Die Texte sind für Lernende der achten und neunten Jahrgangsstufe konzipiert. Da beim verstehenden Lesen sprachliche Fertigkeiten, Textwahrnehmung und Behaltensleistung relevant sind, werden die Lesefertigkeiten gemessen, ein Wissenstest im Prä-Post-Design durchgeführt und ein Fragebogen zur Textwahrnehmung ausgefüllt.

Zur unabhängigen Variablen: Sprachliche Variation eines Sachtexts

Die sprachlichen Variationen im Lesetext für die Schüler:innen basieren auf einer literaturbasierten Kategorisierung sprachlicher Gestaltungsmittel. Für die Studie wurde ein Text zum Thema „Die elektrische Spannung“ in Hinblick auf seine *Wortwahl*, seine *Satzstrukturen* und seinen *Gehalt an personalisierenden Elementen* variiert, wobei insbesondere fachtext-typische Charakteristika bedeutsam waren (für eine Auflistung solcher Merkmale siehe z.B. Rincke, 2010, Härtig et al., 2015, Kernen et al., 2012 und Fang, 2006). Durch eine Kombination zweier Ausprägungsgrade hinsichtlich jeder der drei Kategorien entstanden somit 8 (2 x 2 x 2) inhaltsgleiche Textversionen mit einer systematisch veränderten sprachlichen Gestaltung. Konkret wurde das Anspruchsniveau auf Wortebene verringert bzw. gesteigert, indem u.a. die Anzahl der verwendeten Wortwiederholungen, der mehrdeutigen Begriffe und der verwendete Fachwortschatz variiert wurden. Manipulationen auf Satzebene umfassten u.a. die Verwendung bzw. Vermeidung von Nominalisierungen, Verbalklammern, regressiven Wendungen und Partizipialkonstruktionen. Schließlich wurde der Anteil an personalisierenden Textelementen verändert, indem zunächst eine direkte Anrede anstelle unpersönlicher „man“-Formen oder Passivformulierungen gewählt wurde, wo immer dies möglich war. Darüber hinaus bestanden die Veränderungen hinsichtlich der Personalisierung in der Verwendung bzw. Vermeidung von u.a. bildlichen/sprichwörtlichen Wendungen, von Füllwörtern, insbes. werbender Attribute und von Wortspielen. In Bezug auf weitere Textgütekriterien (inhaltliche Korrektheit und Struktur, Übersichtlichkeit, typographische Merkmale, Darstellungsformwechsel, etc.) genügen die Textversionen den Ansprüchen der Forschung zu verständlichen Texten gleichermaßen.

Zur Messung der abhängigen Variable: Ein Fragebogen zur Textwahrnehmung

Die Wahrnehmung der Schüler:innen wird anhand eines eigens für diese Studie entworfenen Bewertungsfragebogens quantitativ erhoben. Die Items fragen Aspekte der Wahrnehmung beim Lesen ab. Ein vorangestelltes Item betrifft den Gesamteindruck zur Verständlichkeit des Texts.

Für die Fragebogenentwicklung wurde die Theorie zur Textverständlichkeit mit besonderem Augenmerk auf Befunde im naturwissenschaftlichen Bereich gesichtet. Durch eine ausgiebige Recherche entstand eine reichhaltige Sammlung an Wirkungen, die in Zusammenhang mit verstehendem Lesen stehen und aus der Interaktion zwischen Text und Lesenden hervorgehen. Aus der Schlagwortsammlung wurden zwölf Kategorien mit Überbegriffen wie *Motivation/Anregung*, *Einprägsamkeit*, *Globale Kohärenz* oder *Lesbarkeit* für Wirkungen auf Lesende gebildet. Jeder Kategorie wurden also konkrete Facetten, die die einschlägige Literatur hinsichtlich der Wirkung eines Texts auf Lesende nennt, zugeordnet. Diese Ausdifferenzierung war schließlich die Grundlage für die Formulierung von Items eines Bewertungsfragebogens. Das Vorgehen ist in Abb. 1 am Beispiel der Wirkungskategorie *Globale Kohärenz* illustriert.

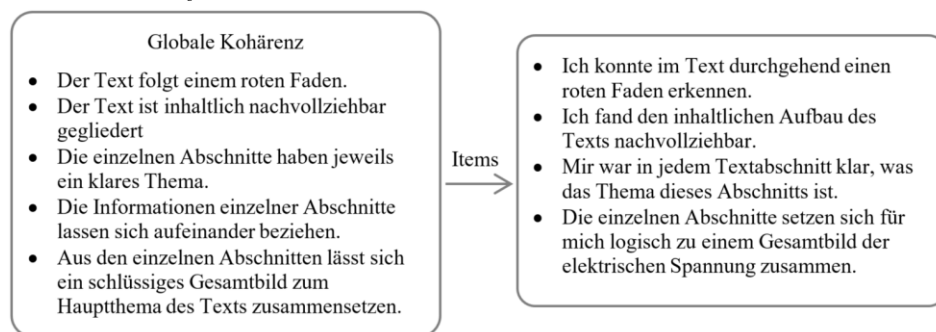


Abb. 1 Ausdifferenzierung der Wahrnehmungskategorie „Globale Kohärenz“ anhand der zugeordneten Facetten der Textwahrnehmung und zugehörige Itemformulierungen.

Zur Itemanalyse wurden die Ergebnisse einer Pilotierung mit 99 Schüler:innen herangezogen. Eine Hauptkomponentenanalyse (PCA) ohne Komponentenrotation diente der Identifikation schwacher Items, die für die Hauptstudie zu eliminieren waren (s. für das Vorgehen z.B. Wolf & Bacher, 2010). Indem die PCA von Grund auf und ohne die Verwendung vorgefertigter Funktionen implementiert wurde (hier in der Programmiersprache Python), wurde sichergestellt, die Berechnungen detailliert nachvollziehen und die Daten – insbesondere hinsichtlich des Umgangs mit *missing values* – optimal ausnutzen zu können. Ein weiteres Kriterium für Streichungen bzw. Umformulierungen im Itempool war eine Paraphrasierungs-Validierung mit vier Schüler:innen. Nicht-treffende Paraphrasierungen deuten auf missverständliche Items hin. Es entstand schließlich ein Fragebogen mit 44 Items, anhand derer Schüler:innen ihre individuelle Bewertung für den gelesenen Sachtext auf einer fünfstufigen Ratingskala abgeben.

Ausblick: Umsetzung für empirische Studien

Im Lauf des Schuljahres 2022/2023 sind Erhebungen an bayerischen Schulen geplant, an denen im Idealfall mindestens 600 Schüler:innen teilnehmen. Die Ergebnisse der Studie sollen Einblicke in die Text-Lesenden-Interaktion beim Verstehen eines physikalischen Sachtexts liefern, indem die Wahrnehmung der Lesenden fokussiert wird. Das systematische und streng dokumentierte Vorgehen bei der Variation des Textmaterials vermag darüber hinaus als Grundlage für Anschlussstudien von hoher Vergleichbarkeit dienen, welche an interessanten Stellen anknüpfen und das bisherige Vorhaben erweitern können.

Literatur

- Ahrenholz, B., Hövelbrinks, B., & Schmellentin, C. (2017). Sprache im fachlichen Lernen – Eine Einleitung. In B. Ahrenholz, B. Hövelbrinks, & C. Schmellentin (Hrsg.), *Fachunterricht und Sprache in schulischen Lehr-/Lernprozessen* (S. 7–11). Narr Francke Attempto.
- Artelt, C., McElvany, N., Christmann, U., Richter, T., Groeben, N., Köster, J., Schneider, W., Stanat, P., Ostermeier, C., Schiefele, U., Valtin, R., & Ring, K. (2005). Expertise – Förderung von Lesekompetenz (Unveränderter Nachdruck, Bd. 17). BMBF, Referat Publ., Internetred.
- Fang, Z. (2006). The Language Demands of Science Reading in Middle School. *International Journal of Science Education*, 28(5), 491–520.
- Härtig, H., Bernholt, S., Prechtel, H., & Retelsdorf, J. (2015). Unterrichtssprache im Fachunterricht – Stand der Forschung und Forschungsperspektiven am Beispiel des Textverständnisses. In *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* (Bd. 21, Nummer 1, S. 55–67).
- Härtig, H., Fraser, N., Bernholt, S., & Retelsdorf, J. (2019). Kann man Sachtexte vereinfachen? – Ergebnisse einer Generalisierungsstudie zum Textverständnis. In *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* (Bd. 25, Nummer 1, S. 273–287).
- Heine, L., Domenech, M., Otto, L., Neumann, A., Krelle, M., Leiss, D., Höttecke, D., Ehmke, T., & Schwippert, K. (2018). Modellierung sprachlicher Anforderungen in Testaufgaben verschiedener Unterrichtsfächer: Theoretische und empirische Grundlagen. In *Zeitschrift Für Angewandte Linguistik* (Bd. 69, S. 69–96).
- Höttecke, D., Ehmke, T., Krieger, C., & Kulik, M. A. (2017). Vergleichende Messung fachsprachlicher Fähigkeiten in den Domänen Physik und Sport. In *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* (Bd. 23, Nummer 1, S. 53–69).
- Kernen, N., & Riss, M. (2012). Textschwierigkeiten in Lehrmitteln für den naturwissenschaftlichen Unterricht in der Sekundarstufe I. PH FHNW.
- Lenhard, W. (2013). *Leseverständnis und Lesekompetenz* (1. Aufl.). Kohlhammer.
- Philipp, Maik, & Schilcher, Anita (Hrsg.). (2012). *Selbstreguliertes Lesen – Ein Überblick über wirksame Leseförderansätze* (1. Aufl.). Kallmeyer in Verbindung mit Klett.
- Rincke, K. (2010). Alltagssprache, Fachsprache und ihre besonderen Bedeutungen für das Lernen. In *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* (Bd. 16, S. 235–260).
- Schmellentin, C., Dittmar, M., Gilg, E., & Schneider, H. (2017). Sprachliche Anforderungen in Biologielehrmitteln. In B. Ahrenholz, B. Hövelbrinks, & C. Schmellentin (Hrsg.), *Fachunterricht und Sprache in schulischen Lehr-/Lernprozessen* (S. 73–91). Narr Francke Attempto.
- Schnotz, W. (1994). *Aufbau von Wissensstrukturen*. Beltz, Psychologie-Verl.-Union.
- Solso, R. L. (2005). *Kognitive Psychologie* (6. Aufl.). Springer.
- Starauschek, E. (2006). Der Einfluss von Textkohäsion und gegenständlichen externen piktoralen Repräsentationen auf die Verständlichkeit von Texten zum Physiklernen. In *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* (Bd. 12, S. 127–157).
- Wolff, H. G. & Bacher, J. (2010). Hauptkomponentenanalyse und explorative Faktorenanalyse. In Wolf, C., Best, H. (Hrsg.): *Handbuch der sozialwissenschaftlichen Datenanalyse*. VS Verlag für Sozialwissenschaften, S. 333-365.

Yike Ying¹
Rüdiger Tiemann¹

¹Humboldt-Universität zu Berlin

Development and evaluation of an assessment tool for collaborative problem-solving skills in chemistry (CPS-C)

Theoretical background

Collaborative problem solving (CPS) is an important component of 21st century skills and is considered a vital competency in today's connected world (Griffin & Care, 2014; Hendarwati et al., 2021). It generally refers to a situation where two or more people pool their knowledge and skills to solve complex problems without predefined solutions (Sun et al., 2022). Particularly in the field of education, CPS is considered a complex, multidimensional, multi-level skill that typically places learning in the context of solving real-world, unstructured problems that require students to coordinate social, cognitive, metacognitive, and behavioral aspects over time (Graesser et al., 2018; Hmelo-Silver & DeSimone, 2013). In addition, it encourages students to create group knowledge and build responsibility, self-regulation, and collaboration skills for learning. CPS has been used extensively in K-12 education, higher education, and informal learning to improve the quality of student learning. The main studies focusing on the assessment of CPS have been in the Assessment and Teaching of 21st Century Skills project (ATC21S) and in the Program for International Student Assessment (PISA). The approach taken by ATC21S identified two domains of CPS, social and cognitive (Griffin & Care, 2014), while the PISA framework includes four problem-solving processes and three collaborative competences (OECD, 2013). Furthermore, the studies in ATC21S involved human-to-human (H-H) collaborative interaction, whereas the PISA assessment involved human-to-agent (H-A) interaction. Unlike the H-H approach in ATC21S, the H-A approach in the PISA assessment were controllable and standardized, placing students in a variety of different collaborative situations, as well as controlling test time (Wang, 2016). What's more, students interacted with one or more computer agents, all questions were derived from real-life problem scenarios, and the computer agents gave instructions and feedback based on their answers. For chemistry, which is an experiment-based subject, experimentation is an important means and method for students to apply their theoretical knowledge in practice through collaborative group chemistry experiments.

Research aims

So far, the research investigating the contributions and effects of conversational agents in collaborative situations is still scarce (Kuo et al., 2019); only few studies have examined online CPS in science (Slotta & Linn, 2000), and even fewer in chemistry, which had led to a demand for CPS evaluation tools. In addition, student variables such as gender, age, interests, attitudes, stress, etc. may have an impact on CPS performance. However, studies exploring factors that predict CPS competence have been almost exclusively qualitative, with insufficient quantitative evidence (Tang et al., 2021). For the above reasons, the research aims of this project are to:

- Develop and evaluation of a standardized CPS assessment tool by H-A method in chemistry (CPS-C).

- Discover the influence of interest, motivation, cognitive ability, and other factors on student performance in CPS in chemistry.

Methods and design

In the PISA framework of CPS, the three collaborative skills and the four problem-solving skills comprise a matrix of 12 CPS skills (see OECD, 2017, p. 12 for details). We developed in total 60 multiple-choice items based on these 12 skills to record students' responses. These tasks use LimeSurvey (Version 5.3.13; Limesurvey GmbH, 2012) as a technology-based tool and contain three main topics: Coca-Cola titration (1 agent, 19 items), fruit-battery (2 agents, 21 items) and Soap-making (3 agents, 20 items). To ensure uniformity across participants and actual events, the agent's characteristics are pre-programmed. In a preliminary qualitative study, N=52 (34 male/18 female) grade 11 students in Chinese general high schools were selected for testing and N=10 were selected for interviews at the end of the test in order to get their feedback. Following that, N=292 (205 male/87 female) students participated in the main study. For both the preliminary and main study, additional assessments were administered alongside the CPS-C to explore the factors influencing collaborate problem-solving performance: basic cognitive abilities (KFT-10; Heller & Perleth, 2000), interest and motivation (Rost, 2021), mental load (Krell, 2015), stress (Minkley et al., 2018) and prior knowledge.

To estimate the student's CPS-C performance, each item only measured one specific dimension and their raw scores were scaled with the help of MIRT models in R (Version 4.2.1; R Core Team, 2022) and the generalized partial credit model (GPCM; Muraki, 1992) was selected to rate the item scores. After verification of the CPS-C test, we used multiple linear regression analysis to find which variable has the great effect on CPS-C.

Results

This study used the EAP/PV reliability coefficient to examine students' accurate estimates of item fit in the collaboration competencies and problem-solving processes, and it assessed the fit of the data to the applied MIRT model at the item level using weighted mean square (infit) (see Table 1&2). Overall, the results showed acceptable internal consistency. The results of the reliability coefficients in the three collaboration competencies were respectively 0.704, 0.692, and 0.635. In terms of the four problem solving processes, the reliability coefficients were respectively 0.718, 0.619, 0.611 and 0.610. Moreover, all of the items showed that the expected value of the infit was between 0.8 and 1.1, indicating a good fit with the CPS-C model. In addition, for student's performance in CPS-C, the overall mean latent ability was around 1.2, suggesting that the students were willing to share perspectives, negotiate with team members, and resolve the problem they encountered. However, students performed better in the Monitoring and reflecting steps, with a latent ability of 1.437. According to the results, the Chinese students were more concerned with the results of the collaborative process. The results of the correlation analysis showed that a significant negative correlation between stress ($r=-0.169$, $p<0.01$) and CPS-C and a significant correlation between CPS-C and the KFT ($r=0.469$, $p<0.01$) and prior-knowledge ($r=0.367$, $p<0.01$) scores. In order to find which variables had the greatest effect on CPS, a multiple linear regression analysis was performed. The regression model coefficient ($R=0.527$, $R^2=0.277$; $F(3, 289)=48.177$, $P<0.001$) indicated that there is a linear correlation between the dependent and independent variables and that the

regression model is statistically significant. The effects of the KFT ($B=0.722$, $p<0.001$, $VIF=1.112$) and prior knowledge ($B=1.636$, $p<0.001$, $VIF=1.159$) scores on CPS-C were statistically significant, while Stress ($B=-0.317$, $p=0.345>0.05$, $VIF=1.076$) was not.

Table 1. Reliability, item-fit and ability mean of collaboration competencies

| Competencies of collaboration | Number of items | Reliability coefficients (EAP/PV) | Weighted fit MNSQ (infit range) | Ability mean (SD) |
|---|-----------------|-----------------------------------|---------------------------------|-------------------|
| Establishing and maintaining a shared understanding | 20 | 0.704 | 0.878-0.998 | 1.224 (0.581) |
| Taking the appropriate action to solve the problem | 20 | 0.692 | 0.932-1.031 | 1.265 (0.616) |
| Establishing and maintaining team organization | 20 | 0.635 | 0.926-1.002 | 1.197 (0.646) |

Table 2. Reliability, item-fit and ability mean of problem solving processes

| Competencies of problem solving | Number of items | Reliability coefficients (EAP/PV) | Weighted fit MNSQ (infit range) | Ability mean (SD) |
|---------------------------------|-----------------|-----------------------------------|---------------------------------|-------------------|
| Exploring and understanding | 15 | 0.718 | 0.907-0.972 | 1.201 (0.609) |
| Representing and formulating | 14 | 0.619 | 0.907-0.995 | 1.200 (0.633) |
| Planning and executing | 16 | 0.611 | 0.932-1.073 | 1.222 (0.634) |
| Monitoring and reflecting | 15 | 0.610 | 0.869-0.991 | 1.437 (0.645) |

Conclusion and discussion

The results indicate that the CPS-C assessment tool was practical and capable of tracking changes in student performance. Although the reliability is unsatisfactory but within acceptable bounds, the goodness of fit assessment of MIRT yields satisfactory results, which may be partially attributed to the small sample size. For student performance in CPS-C, students have intermediate levels of CPS-C competency and are able to convey a common understanding of the issue and required knowledge to solve problems. Students performed better in Monitoring and Reflecting than they did in the other CPS-C dimensions, indicating that the Chinese students appear to pay attention to the results of experiments and provide timely feedback and moderation. Another reason for this result could be the unbalanced total score for each dimension, with some questions being dichotomous and others being polytomous. Moreover, an exploration of variables related to CPS performance found that prior knowledge and cognitive ability had a significant effect on students' CPS performance.

Literatur

- Graesser, A. C., Fiore, S. M., Greiff, S., Andrews-Todd, J., Foltz, P. W., & Hesse, F. W. (2018). Advancing the science of collaborative problem solving. *Psychological Science in the Public Interest*, 19(2), 59-92.
- Griffin, P., & Care, E. (2014). *Assessment and teaching of 21st century skills: Methods and approach*. Springer.
- Hendarwati, E., Nurlaela, L., Bachri, B., & Sa'ida, N. (2021). Collaborative Problem based learning integrated with online learning. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 16(13), 29-39.
- Heller, K. A. & Perleth, C. (2000). *Kognitiver Fähigkeitstest für 4. bis 12. Klassen, Revision (KFT 4-12+R)*. Hogrefe, 2000.
- Hmelo-Silver, C. E., & DeSimone, C. (2013). Problem-based learning: An instructional model of collaborative learning. In *The international handbook of collaborative learning* (pp. 370-385). Routledge.
- Krell, M. (2015). Evaluating an instrument to measure mental load and mental effort using Item Response Theory.
- Kuo, B.-C., Liao, C.-H., Pai, K.-C., Shih, S.-C., Li, C.-H., & Mok, M. M. C. (2019). Computer-based collaborative problem-solving assessment in Taiwan. *Educational Psychology*, 40(9), 1164-1185. <https://doi.org/10.1080/01443410.2018.1549317>
- Limesurvey GmbH. (2012). *LimeSurvey: An open source survey tool [Software]*. Hamburg, Germany: LimeSurvey GmbH. Retrieved from <http://www.limesurvey.org>
- Minkley, N., Kärner, T., Jojart, A., Nobbe, L., & Krell, M. (2018). Students' mental load, stress, and performance when working with symbolic or symbolic-textual molecular representations. *Journal of Research in Science Teaching*, 55(8), 1162-1187.
- Muraki, E. (1992). A generalized partial credit model: Application of an EM algorithm. *ETS Research Report Series*, 1992(1), i-30.
- OECD. (2017). *PISA 2015 collaborative problem-solving framework*. Retrieved from <https://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/Draft%20PISA%202015%20Collaborative%20Problem%20Solving%20Framework%20.pdf>.
- R Core Team (2022). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Rost, M. (2021). *Modelle als Mittel der Erkenntnisgewinnung im Chemieunterricht der Sekundarstufe I: Entwicklung und quantitative Dimensionalitätsanalyse eines Testinstruments aus epistemologischer Perspektive*. Logos Verlag Berlin.
- Slotta, J. D., & Linn, M. C. (2000). The knowledge integration environment: Helping students use the Internet effectively. *Innovations in science and mathematics education: Advanced designs for technologies of learning*, 193-226.
- Sun, C., Shute, V. J., Stewart, A. E. B., Beck-White, Q., Reinhardt, C. R., Zhou, G., Duran, N., & D'Mello, S. K. (2022). The relationship between collaborative problem solving behaviors and solution outcomes in a game-based learning environment. *Computers in Human Behavior*, 128. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2021.107120>
- Tang, P., Liu, H., & Wen, H. (2021). Factors Predicting Collaborative Problem Solving: Based on the Data From PISA 2015. *Frontiers in Education*, 6. <https://doi.org/10.3389/educ.2021.619450>
- Wang, L. (2016). Assessment and evaluation of key competences for student development-lessons from collaborative problem solving of PISA2015. *Glob. Educ*, 45, 24-30.

Sebastian Stuppan^{1,2}
 Markus Wilhelm^{1,2}
 Katrin, Bölsterli Bardy¹
 Markus, Rehm²

¹Pädagogische Hochschule Luzern
²Pädagogische Hochschule Heidelberg

Mit Clusteranalysen MINT-Aufgaben dem Lernprozessmodell zuordnen

Kurzfassung

Aufgaben können im schulischen Lernen als ein wichtiges Hilfsmittel zur Steuerung von Lehr-Lernprozessen betrachtet werden. Damit ein entsprechender Kompetenzaufbau bei den Lernenden effektiv gesteuert werden kann, treten Aufgabensets von aufeinander aufbauenden Aufgaben in den Fokus. Mit dem in der vorliegenden Studie vorgestellten kompetenzfördernden Lernprozessmodell lassen sich Aufgaben in fünf Aufgabentypen einteilen. Zur theoretischen Annahme, dass sich diese Aufgabentypen über bestimmte Qualitätsmerkmale definieren lassen, existiert derzeit kaum empirische Evidenz. Das Ziel des dargestellten Forschungsprojekts ist es, 58 MINT-Aufgaben mittels Clusteranalysen in Gruppen einzuteilen, um unterschiedliche Aufgabentypen zu eruieren. Als Clustervariablen dienen neun Skalen zur Aufgabenqualität des Aufgaben-Analyse-Instruments. Die Befunde dieser explorativen Studie zeigen, dass eine Zuordnung möglich ist, sich die Aufgaben-Gruppen jedoch nicht in allen Subskalen signifikant unterscheiden.

Theoretischer Hintergrund

Aufgaben können als Kernstück des Unterrichts bezeichnet werden (Abraham & Müller, 2009, S. 4). Dabei spielen Aufgaben bei der Planung und Gestaltung von Lehr-Lernprozessen eine wichtige Rolle, weil sie curriculare Ziel- und Inhaltsvorgaben konkretisieren und damit Lerngelegenheiten strukturieren (Jordan et al., 2006). Lehrpersonen setzen Aufgaben in ihrem Unterricht ein, um den Lernprozess zu initiieren, zu fördern und den Lernerfolg zu prüfen (Kleinknecht, 2019, S. 2). Die breite Diskussion um die Schulleistungsmessungen, welche vorwiegend mit PISA oder mit Tests für das Erreichen nationaler Bildungsziele verbunden werden, führt immer wieder zu neuen Aufgabenformaten. Aber auch die Forderung nach Individualisierung in der Binnendifferenzierung des Unterrichts stärkt den Diskurs um die Aufgabekultur. Aufgrund der immer detaillierteren Anforderungen an die Aufgabekultur wurden verschiedene Kriterien zur Aufgabenanalyse erarbeitet und erprobt (Blömeke et al., 2006; Jordan et al., 2006; Maier et al., 2010). Mit diesen Kriterien können Aufgaben u. a. nominal analysiert werden. Weitere Autor:innen wie Bender (2012) oder Thonhauser (2016) haben „Best Practice“-Ansätze von guten Lernaufgaben ausgearbeitet, mit denen Aufgaben konstruiert und erfasst werden können. Eine Verbindung zwischen Aufgabe und Funktion der Aufgabe im Lernprozess wurde hingegen nicht vorgenommen.

Für Leisen (2006) ist die Aufgabekultur mehr als die Art und Qualität der Aufgabe, sie umfasst auch die Einbettung in das Unterrichtsgeschehen. In Übereinstimmung mit Leisen (2006) nehmen mehrere Autor:innen (Adamina & Hild, 2019; Landwehr, 2018) bei der Definition guter Lernaufgaben Aspekte des Lernprozesses auf. Der Lernprozess ist jedoch in all diesen Fällen nicht mehr als ein Merkmal einer Aufgabe. In keinem Modell wurde berücksichtigt, dass sich die Merkmale der Aufgabentypen im Verlauf des Lernprozesses

verändern. Umgekehrt wird in den Modellen zum Unterrichtsablauf, wie sie Aebli (1959), Oser und Patry (1990) sowie Reusser (1999) vorschlagen, die geforderte Aufgabenkultur nur oberflächlich oder kaum erwähnt. Der Fokus liegt vielmehr bei der Klärung des Rollenverständnisses zwischen der Lehrperson und den Lernenden, den Unterrichtszielen und der Inhaltskultur.

Stäudel et al. (2012) haben in ihren Analysen zu Aufgaben im naturwissenschaftlichen Unterricht Teilaufgaben einzeln mit dem von Maier et al. (2010) entwickelten Kategoriensystem beurteilt. Bei der abschließenden Visualisierung wurden die Teilaufgaben gemeinsam in den einzelnen Merkmalen und Ausprägungen des Kategoriensystems dargestellt. Mit dieser Methode wurde das Potenzial von Aufgaben systematisch für den Unterrichtsprozess modelliert. Um die Brücke zwischen der Aufgabenqualität und dem Lernprozess explizit zu schlagen, haben Wilhelm et al. (2014) ein Lernprozessmodell entworfen, welches unterschiedliche Aufgabentypen und ihre jeweiligen Merkmalsausprägungen beschreibt. Mit dem kompetenzfördernden Lernprozessmodell lassen sich Aufgaben in fünf Aufgabentypen (Konfrontation, Erarbeitung, Übung, Synthese, Transfer) unterscheiden. In einem weiteren Schritt haben Stuppan et al. (in press) auf der Grundlage der Aufgabenqualitätsmerkmale von Wilhelm et al. (2014) ein Aufgaben-Analyse-Instrument (AAI) entwickelt. Dieses dient dazu, Aufgaben operationalisiert und valide mit Hilfe von neun Skalen (Kompetenzabbild, Lebensweltbezug, Lernendenvorstellung, Wissensart, Wissensaktivität, Repräsentationsform, Offenheit, Lernunterstützung und Lernweg) auf ihre Aufgabenqualität hin beurteilen zu können. Eine empirische Analyse, wie sich Aufgaben im Lernprozessmodell gruppieren lassen und welche Merkmale sie aufweisen, blieb bis jetzt aus (Luthiger et al., 2018).

Ziel und Fragestellungen

Das Ziel der Studie ist es, zu klären, ob sich auf der Grundlage des Lernprozessmodells unterschiedliche Aufgabentypen mittels Clusteranalyse identifizieren lassen. Als Clustervariablen dienen die neun Skalen aus dem AAI. Für eine erste Analyse werden von den Aufgabenautor:innen als Konfrontations- (Ka) und Übungsaufgaben (Üa) deklarierte Aufgaben aus dem Grundschulprojekt „MINT unterwegs“ anhand ihren Subskalenwerte in Cluster gruppiert werden. Ausgehend von dieser Zielsetzung ergeben sich folgende Fragestellungen.

- 1) Lassen sich mit den AAI-Skalen zur Aufgabenqualität, deklarierte Konfrontations- und Übungsaufgaben mittels Clusteranalyse gruppieren?
- 2) In welchen Skalenwerte unterscheiden sich die Aufgabengruppen signifikant?
- 3) Weisen die Clusterlösungen Skalenwerte auf, welche spezifischen Aufgabentypen aus dem Lernprozessmodell zugeordnet werden können?

Methode

In einem ersten Schritt wurde eine hierarchisch-divisive Clusteranalyse unter Verwendung euklidischer Distanzen als Distanzmass durchgeführt, um die Anzahl Cluster datenbasiert zu bestimmen. Anschließend konnte mit dem Clusterverfahren Partitioning Around Medoids (PAM) nach Kaufman und Rousseeuw (1990) die definitive Clustereinteilung bestimmt werden. Das Ziel der Methode ist es, die Unähnlichkeit zwischen den Objekten eines Clusters und seinem Medoid über alle Cluster hinweg zu minimieren. Zur Untersuchung der

Forschungsfrage – inwiefern sich die gruppierten Aufgaben in den gefundenen Clusterlösungen unterscheiden – wurden die Subskalenmittelwerte der Clusterlösungen mit Signifikanztests für unverbundene Stichproben gegeneinander geprüft.

Ausgewählte Ergebnisse

Die Clusteranalyse konnte mit einer Stichprobe von $N = 58$ MINT-Aufgaben durchgeführt werden. Jede Aufgabe wurde mit den 26 Subskalenwerte des AAI von Stuppan et al. (in press) vollständig von zwei geschulten Rater:innen beurteilt. Aufgrund der Voruntersuchungen mittels der hierarchisch-divisiven Clusteranalyse wurde beim anschließenden PAM Clusterverfahren eine Zwei-k-Clusterlösung gewählt. Der Cluster 1 der PAM beinhaltet rund 44 Aufgaben, die gemäß der MINT-Autor:innen als 13 Ka und 31 Üa deklariert wurden. Der Cluster 2 der PAM beinhaltet rund 14 Aufgaben. Es setzt sich gemäß der MINT-Autor:innengruppe aus 12 Ka und zwei Üa zusammen. Die Stabilität der gefundenen Clusterlösungen wurde mit dem Jaccard-Koeffizienten geprüft. Nach Jaccard-Bootstrap wurde beim Cluster 1 ein Index von .83 und beim Cluster 2 ein Index von .65 berechnet. Dies deutet darauf hin, dass die beiden Cluster die Daten zufriedenstellend abbilden und die Clusterlösungen stabil sind.

Diskussion

Die Ergebnisse der Analysen deuten darauf hin, dass sich Übungsaufgaben und Konfrontationsaufgaben aus den untersuchten MINT-Aufgabensets empirisch trennen lassen und typische Subdimensionen in der Mikrosystemebene aufweisen. Es zeigt sich, dass in dem Übungsaufgaben-Cluster die Subskalen: *Lernendenvorstellung – abgleichen* und *– reflektieren*; *Wissensart – Fakten*; *Wissensaktivität – reproduzieren* und *– transferieren*; *Lernunterstützung – Hilfestellung* sowie *Lernweg – kompensierend* signifikant höher eingeschätzt werden als bei dem Konfrontationsaufgaben-Cluster. Der Konfrontationsaufgaben-Cluster weist hingegen bei den Subskalen: *Lernendenvorstellung – erheben*; *Wissensaktivität – kreieren*; *Offenheit – Lösungsvorgehen frei* und *– Resultat vielfältig* sowie *Lernweg – selbstdifferenzierend* signifikant höhere Beurteilungen auf.

Somit können die beiden Aufgabentypen in den untersuchten Aufgabensets gefunden und getrennt werden. Wie bereits Schmit et al. (2014, S. 25) ausführten, bedarf es einer systematischen Auseinandersetzung mit dem Lernprozess und der entsprechenden Orchestrierung der Aufgaben. Kriterien für eine „gute“ (Bender, 2012) oder reichhaltige Lernaufgabe festzulegen (Adamina & Hild, 2019; Landwehr, 2018) genügt in der Aufgabenkultur nicht. Auch wenn als Kriterium bekannte didaktische Modelle (Aebli, 1959; DeHaan, 2009; Reusser, 1999) erwähnt und Aufgaben darin verordnet werden, greift dies zu kurz. Vielmehr muss bei den Lernaufgaben explizit auf die Position im Lernprozess und auf deren jeweiligen Qualitätsmerkmale geachtet werden. Sodass, wie die vorliegende Studie zeigt, Aufgaben am richtigen Ort im Lernprozess positioniert werden können. In Entwicklungsprojekten sollte stärker auf die Mikrosystemebene von Aufgaben geachtet und ggf. Instrumente wie das AAI zur Qualitätskontrolle eingesetzt werden, um eine reichhaltige Aufgabe am richtigen Ort im Lernprozess verordnen zu können.

Literatur

- Abraham, U., & Müller, A. (2009). Aus Leistungsaufgaben lernen. *Praxis Deutsch*, 36(214), 4–12.
- Adamina, M., & Hild, P. (2019). Mit Lernaufgaben Kompetenzen fördern. In P. Labudde & S. Metzger (Hrsg.), *Fachdidaktik Naturwissenschaft: 1. - 9. Schuljahr* (3., erweiterte und aktualisierte Auflage). Haupt.
- Aebli, H. (1959). *Zwölf Grundformen des Lehrens: Eine allgemeine Didaktik auf psychologischer Grundlage* (12. Auflage). Klett-Cotta.
- Bender, U. (2012). Aufgabenkulturen in der Konsumbildung entwickeln. *Haushalt in Bildung & Forschung 1*, 3, 77–88. <https://doi.org/10.25656/01:18292>
- Blömeke, S., Risse, J., Müller, C., Eichler, D., & Schulz, W. (2006). Analyse der Qualität von Aufgaben aus didaktischer und fachlicher Sicht. Ein allgemeines Modell und seine exemplarische Umsetzung im Unterrichtsfach Mathematik. *Unterrichtswissenschaft*, 34(4), 330–357.
- DeHaan, R. L. (2009). Teaching Creativity and Inventive Problem Solving in Science. *CBE—Life Sciences Education*, 8(3), 172–181. <https://doi.org/10.1187/cbe.08-12-0081>
- Jordan, A., Ross, N., Krauss, S., Baumert, J., Blum, W., Neubrand, M., Löwen, K., Brunner, M., & Kunter, M. (2006). *Klassifikationsschema für Mathematikaufgaben. Dokumentation der Aufgabenkategorisierung im COACTIV-Projekt*. Max-Planck-Institut für Bildungsforschung.
- Kaufman, L., & Rousseeuw, P. J. (Hrsg.). (1990). Partitioning Around Medoids (Program PAM). In *Wiley Series in Probability and Statistics* (S. 68–125). John Wiley & Sons, Inc. <https://doi.org/10.1002/9780470316801.ch2>
- Kleinknecht, M. (2019). Aufgaben und Aufgabenkultur. *Zeitschrift für Grundschulforschung*, 12(1), 1–14. <https://doi.org/10.1007/s42278-018-00035-2>
- Landwehr, N. (2018). *Kompetenzorientierter Unterricht. Orientierungsraster für die Schulentwicklung und Schulevaluation an den Volksschulen*. Fachhochschule Nordwestschweiz, Pädagogische Hochschule, Institut Forschung und Entwicklung. Windisch.
- Leisen, J. (2006). Aufgabenkultur im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 59(5), 260–266.
- Luthiger, H., Wilhelm, M., Wespi, C., & Wildhirt, S. (Hrsg.). (2018). *Kompetenzförderung mit Aufgabensets: Theorie – Konzept – Praxis* (1. Auflage). hep.
- Maier, U., Kleinknecht, M., Metz, K., Schymala, M., & Bohl, T. (2010). *Entwicklung und Erprobung eines Kategoriensystems für die fächerübergreifende Aufgabenanalyse*. Univ., Lehrstuhl für Schulpädagogik.
- Oser, F., & Patry, J.-L. (1990). *Choreographien unterrichtlichen Lernens. Basismodelle des Unterrichts*. Universität Fribourg.
- Reusser, K. (1999). *KAFKA und SAMBA als Grundfiguren der Artikulation des Lehr-Lerngeschehens*. In: K. Reusser, Skript zur Vorlesung Allgemeine Didaktik. Zürich: Pädagogisches Institut der Universität Zürich.
- Schmit, S., Peters, S., & Kiper, H. (2014). Wissenserwerb durch Lernaufgaben. In P. Blumschein (Hrsg.), *Lernaufgaben—Didaktische Forschungsperspektiven* (S. 24–34). Klinkhardt.
- Stäudel, L., Bohl, T., Merk, S., & Rehm, M. (2012). Aufgaben im naturwissenschaftlichen Unterricht. Allgemeindidaktische, fachdidaktische und fachliche Expertise. *Journal für Lehrerinnen und Lehrerbildung*, 12, 26–32.
- Stuppan, S., Wilhelm, M., Bölsterli Bardy, K., & Künzle, R. (in press). Messinstrument zur Analyse und Kategorisierung von MINT-Aufgaben – Konstruktion und Validierung. *Proceedings Tagung Fachdidaktiken 2022*.
- Thonhauser, I. (2016). *Was macht gute Aufgaben für den Fremdsprachenunterricht aus? Charakteristik guter Aufgaben und Einsichten aus der Unterrichtsbeobachtung*. <https://orfee.hepl.ch/handle/20.500.12162/954>
- Wilhelm, M., Luthiger, H., & Wespi, C. (2014). *Kategoriensystem für ein kompetenzorientiertes Aufgabenset*. Luzern: Entwicklungsschwerpunkt Kompetenzorientierter Unterricht, Pädagogische Hochschule Luzern.

Fabian Sterzing¹
 Christoph Kulgemeyer²
 Peter Reinhold¹

¹Universität Paderborn
²Universität Bremen

Wenn hohe Instruktionsqualität das Lernen behindert: Interaktionen von Lernenden mit Erklärvideos hoher und niedriger Instruktionsqualität

Ausgangslage

Im Rahmen einer Studie zur Lernwirksamkeit von Erklärvideos (Sterzing, Kulgemeyer & Reinhold, 2022) wurde der Lernzuwachs bei der Nutzung von Erklärvideos betrachtet. Dabei wurde in einer quantitativen Laborstudie untersucht, welchen Einfluss die Qualität und das Einbettungsformat eines Erklärvideos auf den Lernzuwachs hat. Die Studie wurde mit $N = 146$ Studierenden des 1. und 2. Semesters des Studiengangs Sachunterricht durchgeführt. Um den Lernzuwachs zu bestimmen, wurde ein klassisches Pre-Post-Design genutzt. Es wurden das deklarative Handlungswissen und das Konzeptwissen sowie weitere Kontrollvariablen wie z.B. das Interesse an Erklärvideos erhoben. In einem 2x2 Design wurden die Qualität des Erklärvideos und das Einbettungsformat variiert.

Problemstellung

In den Ergebnissen zeigt sich, dass über alle Treatmentgruppen signifikante Lernzuwächse mit mittleren bis starken Effektstärken zu beobachten sind ($d = 0,6 - 1,4$). Es konnte jedoch kein Einfluss der Videoqualität oder des Einbettungsformats von Erklärvideos auf den Lernzuwachs festgestellt werden. Weiterhin zeigt sich, dass Studierende mit einem geringen Vorwissen signifikant höhere Lernzuwächse durch das Treatment erreichen als Studierende mit einem hohen Vorwissen. Diese Vorwissensunterschiede führen zu mittleren bis starken Unterschieden im Lernzuwachs zwischen den Studierenden ($d = 0,5 - 0,9$). Eine mögliche Erklärung für das Ausbleiben bzw. Auftreten dieser Effekte könnte in Unterschieden in der Interaktion mit dem Video liegen (Diwanji, Simon, Korkut & Dornberger, 2014). Unter Interaktionen werden hier zusammengefasst: Play, Pause, Stop, Lautstärkeinstellung, Vorspulen, Zurückspulen, Minimieren und Maximieren. Daraus ergeben sich für Posthoc-Analysen folgende Forschungsfragen:

1. Lassen sich Unterschiede in der Interaktion mit den Erklärvideos in Abhängigkeit von der Qualität, dem Einbettungsformat und dem Vorwissen beobachten?
2. Wird ggf. durch Unterschiede in der Interaktion der Effekt einer geringeren Videoqualität kompensiert?

Instrument

Für die Untersuchung wurden im Rahmen der Studie die Interaktionen mit dem Erklärvideo aufgezeichnet. Dazu wurde eigens ein Programm zur automatisierten Erhebung aller Interaktionen mit dem Video erstellt. Bevor ein Video über das Programm geschaut werden kann, müssen die Studierenden in der Erhebung ihren Code, der auch für die anderen Testinstrumente genutzt wird eingeben. So ist hinterher eine eindeutige Zuordnung von Interaktionen und Personen möglich. Alle Interaktionen werden mit einem Zeitstempel im Video und mit einem Zeitstempel der Systemzeit automatisiert in einer *.txt Datei gespeichert

und können in diesem Format in Excel importiert werden. Das Layout des Programms entsprach dem gängiger Videoplayer im Internet.

Methodik

Insgesamt konnten von 135 Studierenden 3071 Interaktionen aufgezeichnet werden, wovon 2234 Interaktionen (74 %) auf das Vor- und Zurückspulen entfallen. Im Fokus der Auswertung stehen somit zunächst die Vor- und Zurückspulvorgänge im Video, da diese einen Großteil der Interaktionen ausmachen. Da die Anzahl der Interaktionen keinen signifikanten Einfluss auf den Lernzuwachs hat ($H(50) = 58,3; p = 0,190$), werden die Interaktionsmuster qualitativ betrachtet. Dazu werden für die verschiedenen Treatment- und Extremgruppen Arcdiagramme erstellt (Wattenberg, 2002). In den hier genutzten Arcdiagrammen wird auf der x-Achse die Zeitachse des Erklärvideos dargestellt. Durch halbkreisförmige Linien wird eine Interaktion in Form von Vor- oder Zurückspulen zwischen zwei Zeitpunkten dargestellt. Je häufiger eine Interaktion zwischen zwei Zeitpunkten in einer Gruppe stattfindet, desto dicker wird Linie. Durch diese Form der Darstellung ist es möglich, das Spulverhalten der Studierenden qualitativ zu beschreiben und in Ansätzen zu interpretieren.

Ergebnisse

Im Folgenden werden exemplarisch die Ergebnisse für die Interaktionen in Abhängigkeit von der Videoqualität dargestellt und dazu erste Interpretationsmöglichkeiten aufgezeigt.

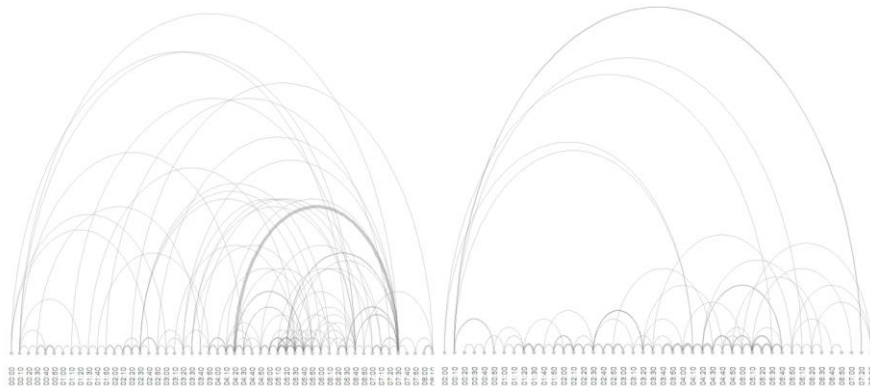


Abb. 1 Links: Vorspulen im Video mit hoher didaktischer Qualität; Rechts: Vorspulen im Video mit geringerer didaktischer Qualität

Auf der linken Seite sind die Vorspulvorgänge im Video mit einer höheren Qualität und auf der rechten Seite die Vorspulvorgänge im Video mit einer geringeren Qualität dargestellt. Für das Video mit der höheren Qualität kann festgehalten werden, dass die meisten Interaktionen in der zweiten Hälfte des Videos, in der ein Experiment durchgeführt wird, stattfinden. Insgesamt scheinen im Video mit der höheren Qualität mehr lange Sprünge über ganze Passagen des Videos stattzufinden als im Video mit einer geringeren Qualität. Eine mögliche Erklärung hierfür ist, dass im Video mit einer höheren Qualität eine Verstehensillusion durch die leicht zugängliche Erklärung getriggert wird (Kulgemeyer, Hörnlein & Sterzing, 2022) und so das Video auf der Suche nach komplexeren Inhalten durchsprungen wird. Im Video mit einer geringeren Qualität gibt es insgesamt weniger und eher kurze Sprünge durch das

Video. Eine mögliche Erklärung hierfür ist, dass die Informationsdichte im Video so hoch ist, dass durch die kognitive Belastung kein Überspringen von Teilen des Videos für die Studierenden möglich ist.

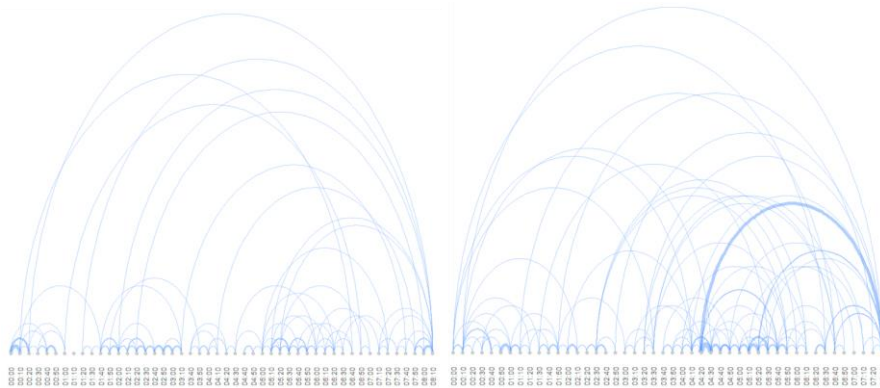


Abb. 2 Links: Zurückspulen im Video mit hoher didaktischer Qualität; Rechts: Zurückspulen im Video mit geringerer didaktischer Qualität

Bei der Analyse des Zurückspulens sind die Ergebnisse genau gegensätzlich. Im Video mit hoher Qualität sind häufig kurze Sprünge zurück und weiterhin viele Interaktionen im zweiten Teil des Videos zu beobachten. Es lässt sich daraus schließen, dass dieses Video eher linear mit Sprüngen nach vorne betrachtet wird. Im Video mit einer geringeren Qualität wird hingegen häufig z. T. mit großen Zeitsprüngen zurückgespult, sodass davon ausgegangen werden kann, dass ganze Passagen des Videos mehrfach betrachtet werden.

Diskussion und Ausblick

Zu der Beantwortung der Frage nach Unterschieden in den Interaktionsmustern bei den Videos unterschiedlicher didaktischer Qualität und einer möglichen Kompensation der Wirkung des Videos geringerer Qualität, kann gesagt werden, dass die Studierenden je nach Qualität mit den Videos unterschiedlich umgehen. Im Video mit einer geringeren Qualität kommt es häufiger zu Mehrfachbetrachtungen von Passagen des Videos. Durch das Video höherer Qualität wird häufiger durchgesprungen. Eine mögliche Schlussfolgerung dazu ist, dass Studierende über Strategien verfügen, die ihnen den Umgang mit schlechten Erklärvideos erleichtern, indem sie relevante Informationen suchen oder für sie unklare Stellen mehrfach betrachten. Im Video mit einer höheren didaktischen Qualität hingegen sind die Informationsdichte und die kognitive Belastung der Erklärung deutlich geringer, was die Hypothese zulässt, dass die Studierenden schon nach wenigen Sätzen einer Teilerklärung das Gefühl haben, den Inhalt verstanden zu haben und dann weiter springen. In einem nächsten Schritt der Auswertung könnten auf Personenebene Typen der Interaktion gebildet und überprüft werden, welche dieser Typen von Erklärvideos besonders profitieren (Boer, Kommers & Brock, 2011). Weiterhin kann in der Studie gezeigt werden, dass nicht die reine Anzahl an Interaktionen, sondern die Art der Interaktion relevant für das Auftreten oder Ausbleiben von Lernzuwächsen ist.

Literatur

- Boer, J. de, Kommers, P. A. & Brock, B. de. (2011). Using learning styles and viewing styles in streaming video. *Computers & Education*, 56(3), 727–735. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.10.015>
- Diwanji, P., Simon, B., Korkut, S. & Dornberger, R. (2014). Success Factors of Online Learning Videos. *International Conference on Interactive Mobile Communication Technologies and Learning (IMCL2014)*, 125–132.
- Kulgemeyer, C., Hörnlein, M. & Sterzing, F. (2022). Exploring the effects of physics explainer videos and written explanations on declarative knowledge and the illusion of understanding. *International Journal of Science Education*, 44(11), 1855–1875. <https://doi.org/10.1080/09500693.2022.2100507>
- Sterzing, F., Kulgemeyer, C. & Reinhold, P. (2022). Untersuchung zur Lernwirksamkeit von Erklärvideos. In S. Habig & H. von Vorst (Hrsg.), *Unsicherheit als Element von naturwissenschaftsbezogenen Bildungsprozessen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Virtuelle Jahrestagung 2021* (S. 120–123). Essen: Universität Duisburg-Essen.
- Wattenberg, M. (2002). Arc diagrams: visualizing structure in strings. In *IEEE Symposium on Information Visualization, 2002. INFOVIS 2002* (S. 110–116). IEEE Comput. Soc.

Besim Enes Bicak¹
 Cornelia Borchert¹
 Kerstin Höner¹

¹Technische Universität Braunschweig

Erklärvideos zur Erkenntnisgewinnung als Scaffolding im Laborpraktikum

Einleitung. Kompetenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung gelten als Schlüsselkompetenzen bei der Bewältigung alltäglicher und gesellschaftlicher Probleme (KMK, 2005 & 2020). In der praktischen, fachwissenschaftlichen Lehre im Chemiestudium finden sich jedoch überwiegend kochrezeptartige Experimentiervorschriften, durch die vorrangig handwerkliche Fähigkeiten geschult werden (Fischer, 2017). Um angehende Chemielehrkräfte so auszubilden, dass sie den späteren Anforderungen der Vermittlung von Erkenntnisgewinnung gerecht werden, wurde im Projekt PEGASUS (Problemlösen zur Förderung von Erkenntnisgewinnung und Arbeitsweisen bei Studentinnen und Studenten des Lehramts Chemie) an der Technischen Universität Braunschweig das Lehramtspraktikum „Organische Chemie 0“ hin zu einem Erkenntnisgewinn anleitenden Praktikum umgestaltet. In Ergänzung geöffneter Experimente (Bicak et al., 2022) wurden Videos zum Erkenntnisprozess implementiert und deren Wirksamkeit untersucht (Bicak et al., under review).

Theoretischer Hintergrund. Naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung wird in der Lehre üblicherweise als ein idealtypischer wissenschaftlicher Erkenntnisprozess zur Bildung von Theorien vermittelt (Stiller et al., 2020). Sie kann als ein komplexer Problemlöseprozess beschrieben werden, bei dem i.d.R. ausgehend von einem Problem Hypothesen formuliert, begründet und experimentell überprüft werden (Mayer, 2007). Teilbereiche der Erkenntnisgewinnung sind u.a. *Fragestellungen entwickeln, Hypothesen generieren, Experimente planen, Beobachten/Messen, Daten aufbereiten* und *Schlussfolgerungen ziehen* (Kambach, 2018, Nawrath et al., 2011). Bei Lehramtsstudierenden naturwissenschaftlicher Fächer sind u. a. Schwierigkeiten beim Entwickeln von Fragestellungen und Generieren von Hypothesen (Khan & Krell, 2019; Kambach, 2018) feststellbar. Auch Kontrollexperimente bei der Planung von Experimenten werden oft zu wenig berücksichtigt (Hilfert-Rüppell et al., 2013). Die Defizite werden u. a. auf die praktische universitäre (Lehrkräfte-)Bildung Fächern zurückgeführt, die vor allem durch kochrezeptartige Versuche geprägt ist, bei denen der Erkenntnisprozess gegenüber der Einübung handwerklicher Techniken in den Hintergrund tritt (z.B. Kambach, 2018; Bretz et al., 2013). Als Fördermöglichkeiten werden u.a. Laborpraktika mit stärker geöffneten Experimenten (Etkina et al., 2010; Khaparde, 2019) und mit zusätzlichem kognitiven Scaffolding (Bruckermann et al., 2017) diskutiert.

Bei Scaffolds handelt es sich um gerüstartige Unterstützungen zu Lernprozessen durch Bereitstellung von Anleitungen, Denkanstößen und anderen Hilfestellungen. Bspw. im voranschreitenden Experimentierprozess sollen Lernende diese Unterstützungen immer weniger benötigen, um sich in dem Kontext zurechtzufinden (Stangl, 2022). In der Literatur zeigt sich für den Effekt des Einsatzes von Erklärvideos als Scaffolding in naturwissenschaftlichen Praktika kein einheitliches Bild. Positive Effekte finden sich bspw. im Hinblick auf das Fachwissen (Varnai & Reinhold, 2018) und die

Fähigkeitsselbsteinschätzungen (Singh, 2004). Weiterhin können Videos auch zur Vorstrukturierung von Problemlöseprozessen dienen (Kaiser & Mayer, 2019). Lewis (1995) hingegen konnte keine Verbesserung der Laborleistungen feststellen, wenngleich die Studierenden die Videos gut bewerteten und für lernwirksam hielten.

Projekt PEGASUS und Einsatz der Erklärvideos. Um naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung im Laborpraktikum „Organische Chemie 0“ zu fördern, wurden 8 der 25 kochrezeptartigen Praktikumsversuche zu geöffneten Experimenten verschiedener Öffnungsgrade umgestaltet (Bicak et al., 2022) und 8 Erklärvideos zur Erkenntnisgewinnung als Scaffold implementiert. Jedes Video thematisiert einen der sechs o. g. Teilbereiche, wobei der Teilbereich *Experiment planen* aufgrund seines großen Umfangs dreigeteilt ist in *Experiment planen: allgemein, Blind- und Vergleichsproben* und *Variablenkontrolle*. Sie wurden unter Berücksichtigung der Cognitive Load Theory (Sweller, 2011) und der Cognitive Theory of Multimedia Learning (Mayer, 2014) entwickelt, sind angepasst an die zu erwartenden Vorkenntnisse entsprechend des Studienverlaufs der Studierenden und die Praktikumsinhalte und haben je eine Dauer von drei bis fünf Minuten. Jedes Erklärvideo wird als Vorbereitung auf eines der weiter geöffneten Experimente geschaut. Der im Video thematisierte Teilbereich wird in einem Kolloquium mit den Laborassistent*innen besprochen, bevor die Anwendung in einem konkreten Experiment folgt (Bicak et al., 2022).

Fragestellung und Hypothese. Da die Forschungserkenntnisse zur Wirksamkeit von Videos in Laborpraktika uneindeutig sind, wird der Frage nachgegangen, welchen Einfluss Videos auf das experimentelle Fähigkeitsselbstkonzept der Studierenden haben. Es wird angenommen, dass eine Treatmentgruppe (TG), die Erklärvideos zur Erkenntnisgewinnung erhält, höhere Zuwächse der Fähigkeitsselbsteinschätzungen aufweist als eine Alternativtreatmentgruppe (ATG), die zum Zwecke der motivationalen Gleichbehandlung Erklärvideos zu einer anderen Thematik erhält.

Forschungsdesign. Um den Effekt der Erklärvideos zur Erkenntnisgewinnung auf die Fähigkeitsselbsteinschätzung zu ermitteln, wurde eine Interventionsstudie im Prä-Post-Design durchgeführt. Die Fähigkeitsselbsteinschätzungen der Studierenden zu den Teilbereichen der Erkenntnisgewinnung wurden mittels Single-Choice-Test auf einer fünfstufigen Ratingskala (1 = --; 2 = -; 3 = 0; 4 = +; 5 = ++; alternative Antwort: „weiß nicht“) vor und nach dem Praktikum erhoben (vgl. Bicak et al., under review). Um die Wirksamkeit des Erklärvideoeinsatzes zu überprüfen wurde eine Treatmentgruppe (TG; n = 20) und eine Alternativtreatmentgruppe (ATG; n = 14) gebildet. Beide Gruppen absolvierten das umstrukturierte Praktikum mit geöffneten Experimenten. Die TG erhielt die Erklärvideos zur Erkenntnisgewinnung. Die ATG erhielt anstelle dessen Erklärvideos zu labormethodischen Tätigkeiten.

Ergebnisse. Zur Überprüfung der Hypothese wurden zunächst die mittleren Zuwächse der Selbsteinschätzungen zwischen Prä- und Posttest beider Gruppen in den einzelnen Teilbereichen über das Praktikum hinweg ermittelt und anschließend ein Mann-Whitney-U-Test als Gruppenvergleich angeschlossen (s. Tab. 1).

Tab. 1: Mittlere Zuwächse der Fähigkeitsselbststeinschätzungen und Ergebnisse des Mann-Whitney-U-Tests

| Selbsteinschätzung | TG | | | ATG | | | Z | p |
|--------------------|----|------|------|-----|------|------|--------|------|
| | n | MW | SD | n | MW | SD | | |
| Forschungsfrage | 19 | 0,95 | 0,85 | 13 | 0,54 | 1,61 | -0,862 | ,199 |
| Hypothesen | 20 | 0,45 | 1,23 | 12 | 0,25 | 0,97 | -0,646 | ,262 |
| Blindprobe | 18 | 0,67 | 0,84 | 13 | 0,62 | 1,04 | -0,171 | ,434 |
| Beobachten/Messen | 20 | 0,30 | 0,80 | 13 | 0,23 | 0,60 | -0,042 | ,501 |
| Daten aufbereiten | 20 | 0,10 | 0,45 | 13 | 0,38 | 0,65 | -1,305 | ,132 |
| Schlussfolgerung | 20 | 0,30 | 0,73 | 13 | 0,23 | 0,73 | -0,301 | ,433 |

Anmerkung: Stichprobengröße *n*, Mittelwert *MW*, Standardabweichung *SD*; Wert der Z-Verteilung und exakte Signifikanz *p* des Mann-Whitney-U-Tests.

Die Ergebnisse in Tab. 1 zeigen positive Zuwächse in allen Teilbereichen bei beiden Gruppen. Die Ergebnisse des Mann-Whitney-U-Tests zeigen, dass die Zuwächse der TG in den einzelnen Teilbereichen nicht signifikant größer sind als die der ATG.

Diskussion und Fazit. Über das Praktikum mit geöffneten Experimenten hinweg sind in beiden Gruppen Zuwächse der Fähigkeitsselbsteinschätzungen in allen Teilbereichen feststellbar, die jedoch unterschiedlich groß ausfallen. Darüber hinaus lassen die Ergebnisse des Gruppenvergleichs nicht auf einen signifikanten Effekt der Erklärvideos zur Erkenntnisgewinnung schließen, obwohl die Videoinhalte an das Vorwissen der Studierenden und die Praktikumsinhalte angepasst worden sind. Die Hypothese muss verworfen werden. Weiterhin bedeuten diese Ergebnisse, dass die praktische Laborarbeit für die Fähigkeitsselbsteinschätzungen der Erkenntnisgewinnung bedeutsam ist und die Zuwächse auf das Praktikumskonzept in seiner Gesamtheit inkl. der geöffneten Experimente zurückzuführen ist.

Die Ergebnisse sind nicht allgemeingültig, da nur ein Praktikum an einer Universität betrachtet und mittels Gelegenheitsstichproben untersucht worden ist (vgl. Bicak et al., 2021).

Verglichen mit den Erkenntnissen von Singh (2004) kann formuliert werden, dass der Einsatz von Erklärvideos nicht per se zu einer Förderung der Fähigkeitsselbsteinschätzungen führt. Ergänzend dazu bietet sich eine Betrachtung des Effekts der Erklärvideos auf die Kompetenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung an.

Im weiteren Verlauf der Beforschung können im Wesentlichen noch zwei Punkte verändert werden. Zum einen können die Erklärvideos noch einmal hinsichtlich ihrer Qualität bearbeitet und optimiert werden. Dafür empfiehlt sich bspw. eine kriteriengeleitete Herangehensweise (z. B. Kulgemeyer, 2018). Weiterhin kann das Praktikum mit gezielteren und individuelleren Scaffolding-Maßnahmen ergänzt werden, um die Studierenden besser zu fördern und mittels größerer Stichproben die Effekte der Interventionsanteile zu beleuchten.

Literatur

- Bicak, B. E., Borchert, C. E. & Höner, K. (2021b). Measuring and fostering preservice' chemistry teachers scientific reasoning competency. *Education Sciences*, 11 (9), 496. <https://doi.org/10.3390/educsci11090496>
- Bicak, B. E., Borchert, C. & Höner, K. (2022). Öffnung fachwissenschaftlicher Versuchsvorschriften zur Förderung von Erkenntnisgewinnung im organisch-chemischen Laborpraktikum. *Chemkon*. Artikel ckon.202200024. Vorab-Onlinepublikation. <https://doi.org/10.1002/ckon.202200024>
- Bicak, B. E., Borchert, C. & Höner, K. (under review). Wirksamkeit von Erklärvideos zur Förderung erkenntnis- und labormethodischer Fähigkeiten. Eingereicht.
- Bretz, S. L., Fay, M., Bruck, L. B. & Towns, M. H. (2013). What faculty interviews reveal about meaningful learning in the undergraduate chemistry laboratory. *Journal of Chemical Education*, 90(3), 281–288. <https://doi.org/10.1021/ed300384r>
- Etkina, E., Karelina, A., Ruibal-Villasenor, M., Rosengrant, D., Jordan, R. & Hmelo-Silver, C. E. (2010). Design and Reflection Help Students Develop Scientific Abilities. *Learning in Introductory Physics Laboratories*. *Journal of the Learning Sciences*, 19 (1), 54–98. <https://doi.org/10.1080/10508400903452876>
- Fischer, R. A. (2017). Den Pulsschlag der Chemie fühlen - schon im Grundpraktikum. *Angew. Chem.* 129(27),
- Hilfert-Rüppell, D.; Looß, M.; Klingenberg, K.; Eghtessad, A.; Höner, K.; Müller, R.; Strahl, A.; Pietzner, V. (2013). Scientific reasoning of prospective science teachers in designing a biological experiment. *Lehrerbildung auf dem Prüfstand*, 6, 135–154.
- Kaiser, I. & Mayer, J. (2019). The Long-Term Benefit of Video Modeling Examples for Guided Inquiry. *Frontiers in Education*, 4, 11. <https://doi.org/10.3389/educ.2019.00104>
- Kambach, M. (2018). Experimentierprozesse von Lehramtsstudierenden der Biologie: Eine Videostudie. *Logos*.
- Khaparde, R. (2019). Experimental problem solving. A plausible approach for conventional laboratory courses. *Journal of Physics: Conference Series*, 1286, 12031. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1286/1/012031>
- Kulgemeier, C. (2018). Wie gut erklären Erklärvideos? Ein Bewertungsleitfaden. *Computer + Unterricht* 109, 8-11.
- (KMK) Kultusministerkonferenz (2005). Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss. Luchterhand.
- (KMK) Kultusministerkonferenz (2020). Bildungsstandards im Fach Chemie für die Allgemeine Hochschulreife. Wolters Kluwer.
- Lewis, R. A. (1995). Video introductions to laboratory. Students positive, grades unchanged. *American Journal of Physics*, 63 (5), 468–470. <https://doi.org/10.1119/1.17914>
- Mayer, R. E. (2014). *The Cambridge handbook of multimedia learning* (Second edition). Cambridge University Press.
- Mayer, J. (2007). Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In D. Krüger & H. Vogt (Eds.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung*. Berlin, Heidelberg: Springer, 177-180
- Nawrath, D., Maiseyenka, V. & Schecker, H. (2011). Experimentelle Kompetenz. Ein Modell für die Unterrichtspraxis. *PdN Physik* 60(6), 42–49.
- Singh, C. (2004). Interactive video tutorials for enhancing problem-solving, reasoning, and meta-cognitive skills of introductory physics students. *AIP Conference Proceedings*, 720, 177–180.
- Stangl, W. (2022, 2. September). [scaffolding](https://lexikon.stangl.eu/13399/scaffolding). *Online Lexikon für Psychologie und Pädagogik*. <https://lexikon.stangl.eu/13399/scaffolding>.
- Stiller, C., Allmers, T., Habigsberg, A. Stockey, A. & Wilde, M. (2020). Erkenntnisgewinnung in den Naturwissenschaften: Von der Hypothese zur Theorie. *Zeitschrift für Schul- und Professionsentwicklung*, 28-39. <https://doi.org/10.4119/pflb-3302>
- Sweller, J., Ayres, P. & Kalyuga, S. (2011). *Cognitive Load Theory*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-8126-4>
- Varnai, A. S. & Reinhold, P. (2018). Experimentelle Praktika mit Erklärvideos optimieren. In C. Maurer (Hrsg.), *Qualitätvoller Chemie - und Physikunterricht - normative und empirische Dimensionen* (Bd. 38, S. 360–363). Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDChP).

Christoph Kulgemeyer¹
 Fabian Sterzing²
 Madeleine Hörnlein²

¹Universität Bremen
²Universität Paderborn

Von der „Shallowing Hypothese“ zur „Illusion of Understanding“ – wie wirken Erklärvideos und Lehrbuchtexte auf Wissen und Verstehensillusion?

Erklärvideos sind inzwischen ein häufiges Medium zur Aneignung physikalischen Wissens, sowohl in formalen als auch in informellen Lernkontexten. Für praktisch alle für das Schulcurriculum relevanten Aspekte gibt es auf partizipativen Online-Plattformen wie YouTube Videos frei erhältlich. Gerade in formalen Lernkontexten – wie dem schulischen Physikunterricht – sind Erklärvideos oft in Konkurrenz mit Instruktionsmaterial, das Erklärungen physikalischer Inhalte in anderer Form darbietet, z.B. Lehrbuchtexten. Sicherlich bieten Lehrbuchtexte und Erklärvideos nicht vollständig kongruente Lerngelegenheiten. Wenn es allerdings ausschließlich um die Aneignung eines physikalisch-fachlichen Konzepts geht, werden die Medien hinsichtlich ihrer Wirkungen vergleichbar. Wie können Lehrkräfte entscheiden, zu welchem Medium sie greifen sollen? In der hier vorgestellten experimentellen Studie werden die beiden Medien miteinander hinsichtlich zweier möglicher Effekte verglichen: der *wünschenswerten* Entwicklung von Wissen und der *lernhinderlichen* Verstehensillusion. Die Studie soll so einen Beitrag leisten, um die Chancen und Grenzen von Erklärvideos für das Lernen von Physik weiter auszuloten.

Video versus Text – was für Effekte können erwartet werden?

Welche Art Wissen Erklärvideos effektiv manipulieren können ist Gegenstand aktueller Forschungen (z.B. in diesem Band Hörnlein und Kulgemeyer (2023)). Bisläng kann davon ausgegangen werden, dass der Konsum von Erklärvideos günstigenfalls Faktenwissen nach sich zieht – also das Wissen, das direkt im Video enthalten ist, aber nicht notwendigerweise flexibel auf neue Kontexte angewendet werden kann (Kulgemeyer, 2018). Diese Variable, deklaratives Wissen, wird deshalb in dieser Studie als abhängige Variable gemessen. Bezüglich der Aneignung von Wissen gibt es eine Reihe von Studien, die Video und Text miteinander vergleichen. Oft sind diese im Kontext der Multimediaforschung angesiedelt. Tatsächlich könnte man aus der kognitiven Theorie multimedialen Lernens eine prinzipielle Überlegenheit des Videos gegenüber Lehrbuchtext ableiten (Multimodalitätsprinzip (Mayer, 2001)). Lloyd und Robertson (2012) sehen auch empirisch Video im Vorteil gegenüber Text in Printform. Die Evidenz ist jedoch uneinheitlich und tendenziell gibt es wohl sogar mehr Studien, die Lernen insbesondere von Printmedien gegenüber Video im Vorteil sehen (z.B. Walma van der Molen & van Voort, 2000; Lee & List, 2019). List und Ballenger (2019) oder Zinn, Tenberg & Pittich (2021) finden keine wesentlichen Unterschiede. Bezüglich der wünschenswerten Folge einer möglichst günstigen Aneignung von Wissen ist also unklar, welches Medium beim Lernen physikalischer Inhalte zu bevorzugen ist.

In Bezug auf eine mögliche *nicht* wünschenswerten Folge von dargebotenen Erklärungen, der sogenannten Verstehensillusion, ist die Studienlage ebenfalls nicht klar. Eine Verstehensillusion wird in dieser Studie verstanden als die fehlerhafte Überzeugung, dass (a) eine Erklärung korrekt und gut war sowie (b) das Thema verstanden wurde und keine weitere Instruktion mehr notwendig ist. Die Verstehensillusion vereint also (a) wahrgenommene

Eigenschaften der Erklärung selbst mit (b) Überzeugungen der rezipierenden Person über ihren eigenen Lernerfolg (Kulgemeyer & Wittwer, 2022). Es wird davon ausgegangen, dass eine Verstehensillusion insbesondere für Folgeunterricht ein Problem ist: Lernende brechen Selbstlernprozesse wahrscheinlich dann ab, wenn sie glauben, ein Thema verstanden zu haben und sind im Folgeunterricht wegen einer empfundenen Redundanz vermutlich schwerer kognitiv zu aktivieren (Kulgemeyer & Wittwer, 2022). In der Physik ist bekannt, dass alltagsnahe Schülervorstellungen, die in Erklärvideos als korrekte Erklärungen maskiert werden, zu einer Verstehensillusion bei Lernenden führen (Kulgemeyer & Wittwer, 2022). Generell gibt es Arbeiten, die darauf hindeuten, dass Animationen und bewegte Bilder vom erklärten Konzept ablenken (Salomon, 1984; Wiley, 2019) und Videos somit prinzipiell eher zu Verstehensillusionen führt als Texte. Im Bereich des Lernens mit digitalen Medien ist jedoch zuletzt mit der sogenannten „Shallowing Hypothesis“ (Salmerón, Sampietro, & Delgado, 2020; Kulgemeyer, Hörnlein & Sterzing, 2022) ein vielversprechender Ansatz entwickelt worden, der das Bild erweitert. Hier wird davon ausgegangen, dass Lernen mit Medien von der Art und Weise beeinflusst wird, wie Lernende gewohnt sind, diese Medien zu verwenden. Im Falle digitaler Medien ist dies häufig ein oberflächlicher und auf schnelle Interaktion wie Likes oder Kommentare ausgerichteter Umgang, der insbesondere mit sozialen Medien wie auch auf partizipativen Videoplattformen in der Freizeit vorherrscht, und auf formale Lernkontexte übertragen wird. Umgekehrt (quasi eine „reverse shallowing hypothesis“) wird mit Lehrbuchtexten allerdings fast ausschließlich im Schulunterricht gearbeitet und sie kommen in der Freizeit gar nicht vor. Das könnte bedeuten, dass Lernende Lehrbuchtexten eine höhere Ernsthaftigkeit und Verlässlichkeit zuschreiben – und schließlich ihren Lernerfolg aus Texten im Vergleich zu Videos überschätzen. Auch bezüglich der Verstehensillusion ist also unklar, ob Erklärvideos oder Lehrbuchtexte die zu bevorzugende Form sind, um physikalische Erklärungen für Lernende anzubieten.

Design der Studie

Die beiden abhängigen Variablen deklaratives Wissen und Verstehensillusion in Abhängigkeit von der Medienwahl (Video versus Lehrbuchtext) wurden in einer experimentellen Studie untersucht. Dazu wurde ein Video zur Einführung in den Kraftbegriff aus Kulgemeyer und Wittwer (2022) (ca. 2 min Dauer) verwendet und das wörtliche Transkript des Videos zusammen mit zwei Abbildungen aus dem Video als Lehrbuchseite aufbereitet.

Als Stichprobe wurden $N = 150$ Studierende im ersten Semester Sachunterricht ausgewählt (weiblich: 132; männlich: 18; divers: 0). Sie wurden in der ersten Semesterwoche befragt. Aus der Stichprobe hat niemand Physik in der Oberstufe belegt, ihre mittlere Abiturnote (2,37) unterschied sich nicht signifikant vom Mittel Nordrhein-Westfalens in diesem Jahr. In vielerlei Hinsicht bietet diese Stichprobe also günstige Voraussetzungen, um auch über das schulische Lernen Aussagen zu treffen, insbesondere handelt es sich um Lernende mit geringem Vorwissen, für die Erklärungen im Vergleich zu Selbsterklärungen zu empfehlen sind (Kulgemeyer, 2019). Das Medium wurde den Lernenden randomisiert zugeteilt (Lehrbuchseite; $N_L = 72$; Video: $N_V = 78$). Prä gemessen wurden neben demographischen Daten, Erfahrungen mit Erklärvideos, das physikalische Selbstkonzept und das deklarative Wissen zum Kraftbegriff (d.h. die Informationen zum Kraftbegriff, die direkt im Instruktionsmaterial gelernt werden könnten). Post gemessen wurden das deklarative Wissen, die Verstehensillusion sowie die wahrgenommene Medienqualität. Alle Skalen erwiesen sich

als reliabel (Cronbachs Alpha > 0,7; im Detail siehe Kulgemeyer, Hörnlein und Sterzing (2022)). Bezüglich der Kontrollvariablen unterschieden sich die Gruppen nicht. Die Unterschiede zwischen den Gruppen bezüglich der abhängigen Variablen wurden analysiert mit ANCOVAs (Wissen post: Wissen prä kontrolliert; Verstehensillusion: Wissen post kontrolliert).

Ergebnisse

Es zeigte sich kein signifikanter Unterschied zwischen den Medien bezüglich der Aneignung deklarativen Wissens (siehe Abb. 1). Beide Gruppen sind aber stark vom eigenen Verstehen überzeugt; ihre Überzeugung differiert stark von einer neutralen Einstellung in der entsprechenden fünfstufigen Likertskala (Video: $t(77) = 12.2$, $p = 0.00$, $d = 1.38$; Text: $t(71) = 11.26$, $p = 0.00$, $d = 1.32$). Für beide Medien finden sich keine Zusammenhänge zwischen Verstehensüberzeugung und tatsächlichem Wissenszuwachs. Die Gruppe, die die Lehrbuchseite erhalten hat, ist mit kleiner Effektstärke eher vom eigenen Verstehen überzeugt.

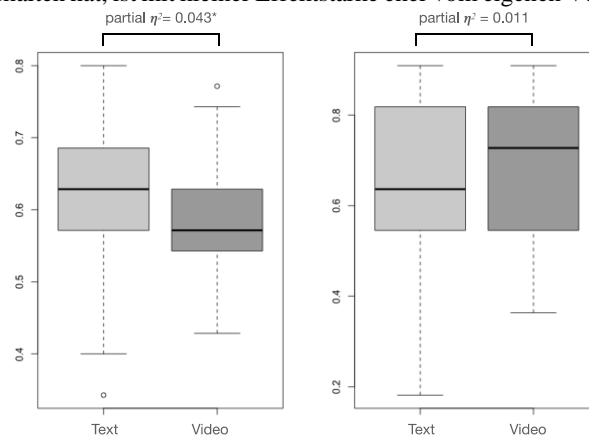


Abbildung 1: ANCOVAs der abhängigen Variablen deklaratives Wissen (Wissen prä kontrolliert, rechts) und Verstehensillusion (Wissen post kontrolliert, links) (nach Kulgemeyer, Hörnlein und Sterzing, 2022).

Die Medienwahl scheint keine prinzipiellen Unterschiede mit sich zu bringen; Lehrkräfte können zu beiden Medien greifen und Unterschiede befinden sich vermutlich im geringen Bereich, der für die Praxis kaum relevant wird. Dies entspricht der oben skizzierten Studienlage. Wichtig ist jedoch zu erwähnen, dass beide Gruppen jeweils nur eine erste Einführung in den Kraftbegriff erhalten (im Wesentlichen zweites Axiom) und ein Testinstrument für Lernende ohne Vorwissen ausgefüllt haben. Beide haben also aus fachdidaktischer Sicht noch erheblichen Lernbedarf bezüglich dieses komplexen Konzepts. Zusammen mit der Evidenz oben könnte man schließen, beide Gruppen hätten eine Verstehensillusion – die Gruppe, die die Lehrbuchseite erhalten hat, jedoch eine leicht höhere. Dies könnte einerseits die Shallowing Hypothese stützen. Es ist auch die Hypothese ableitbar, dass das eigenständige Lernen mit Instruktionsmaterial in beiden Fällen ein Korrektiv braucht, um das wirkliche Verstehen zu testen, z.B. durch gute Lernaufgaben. Eigenständiges Lernen mit Instruktionsmaterial könnte prinzipiell diese Einbettung benötigen, um Lernende nicht fälschlicherweise zu der Überzeugung zu bringen, ein Konzept gänzlich verstanden zu haben.

Literatur

- Hörnlein, M. & Kulgemeyer, C. (2023). „Aus Erklärvideos lernt man nur oberflächlich“ – oder erwirbt man auch Konzeptwissen? In Van Vorst, H. (Hrsg.) Lernen, Lehren und Forschen in einer digital geprägten Welt. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung 2022.
- Kulgemeyer, C. (2018). A Framework of Effective Science Explanation Videos Informed by Criteria for Instructional Explanations. *Research in Science Education*, 50(6), 2441–2462. <https://doi.org/10.1007/s11165-018-9787-7>
- Kulgemeyer, C. (2019). Towards a framework for effective instructional explanations in science teaching. *Studies in Science Education*, 2(54), 109–139. <https://doi.org/10.1080/03057267.2018.1598054>
- Kulgemeyer, C., Hörnlein, M., & Sterzing, F. (2022). Exploring the effects of physics explainer videos and written explanations on declarative knowledge and the illusion of understanding. *International Journal of Science Education*, 1–21. <https://doi.org/10.1080/09500693.2022.2100507>
- Kulgemeyer, C., & Wittwer, J. (2022). Misconceptions in Physics Explainer Videos and the Illusion of Understanding: An Experimental Study. *International Journal of Science and Mathematics Education*. <https://doi.org/10.1007/s10763-022-10265-7>
- Lee, H. Y., & List, A. (2019). Processing of texts and videos: A strategy-focused analysis. *Journal of Computer Assisted Learning*, 35(2), 268–282. <https://doi.org/10.1111/jcal.12328>
- List, A., & Ballenger, E. E. (2019). Comprehension across mediums: The case of text and video. *Journal of Computing in Higher Education*, 31(3), 514–535. <https://doi.org/10.1007/s12528-018-09204-9>
- Lloyd, S. A., & Robertson, C. L. (2012). Screencast tutorials enhance student learning of statistics. *Teaching of Psychology*, 39(1), 67–71.
- Mayer, R. E. (2001). *Multimedia Learning*. Cambridge University Press.
- Salmerón, L., Sampietro, A., & Delgado, P. (2020). Using Internet videos to learn about controversies: Evaluation and integration of multiple and multimodal documents by primary school students. *Computers & Education*, 148, 103796. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103796>
- Salomon, G. (1984). Television is “easy” and print is “tough”: The differential investment of mental effort in learning as a function of perceptions and attributions. *Journal of Educational Psychology*, 76(4), 647–658.
- Walma van der Molen, J., & van der Voort, T. (2000). Children’s and adults’ recall of television and print news in children’s and adult news formats. *Communication Research*, 27(2), 132e160. doi:10.1177/009365000027002002
- Wiley, J. (2019). Picture this! Effects of photographs, diagrams, animations, and sketching on learning and beliefs about learning from a geoscience text. *Applied Cognitive Psychology*, 33(1), 9–19.
- Zinn, B., Tenberg, R., & Pittich, D. (2021). Erklärvideos – im naturwissenschaftlich-technischen Unterricht eine Alternative zu Texten? *Journal of Technical Education*, 9(2), 168-187.

Deborah Milwa¹
 Kathrin Ziepprecht¹
 Rita Wodzinski¹

¹Universität Kassel

Beurteilung der Qualität von Erklärvideos im Sachunterrichtsstudium

Aufgrund der steigenden Popularität von Erklärvideos (Kulgemeyer, 2018) und deren zunehmendem Einsatz im Grundschulunterricht (Dorgerloh & Wolf, 2020), ergibt sich die Anforderung für Lehrkräfte, qualitativ hochwertige Videos für den Unterricht auswählen zu können (Müller & Oeste-Reiß, 2019). In dem hier dargestellten Projekt wird untersucht, wie Lehramtsstudierende dabei unterstützt werden können, die Qualität von Erklärvideos zu beurteilen. Als ein zentrales methodisches Element kontrastieren und vergleichen die Studierenden Videos unterschiedlicher Qualität unter Verwendung von Qualitätskriterien in Anlehnung an Kulgemeyer (2018) und Lipowsky und Pätzold (2020).

Qualität von Erklärvideos

Für die Beurteilung der Qualität von Erklärvideos benötigen (angehende) Lehrkräfte fach- und mediendidaktisches sowie fachliches Wissen (Koehler, Mishra, Kereluik, Shin & Graham, 2014). Dementsprechend wurden fach-, mediendidaktische und fachliche Kriterien in einem Beurteilungsraster zusammengefasst. So ist beispielsweise aus mediendidaktischer Sicht bei einem Erklärvideo die Audio- und Videoqualität zu beachten, damit die Erklärung akustisch verständlich und alles Wichtige zu sehen ist (Schön & Ebner, 2013). Im fachdidaktischen Bereich ist z.B. die Adaption an die Zielgruppe besonders relevant, um mögliches Vorwissen und Fehlvorstellungen aufzugreifen, da ein Erklärvideo im Nachgang nicht mehr angepasst werden kann (Wolf & Kulgemeyer, 2016). Auch die fachliche Korrektheit ist für die Qualität eines Erklärvideos entscheidend, da die Videos nicht immer einer fachlichen Überprüfung standhalten (Anders, 2019). Diese und weitere Kriterien ziehen die Studierenden im Rahmen dieses Projekts für die Beurteilung von Erklärvideos heran.

Kontrastieren und Vergleichen

Um Studierende darin zu unterstützen, eine differenzierte Beurteilung von Erklärvideos vorzunehmen, wird auf die Methode des Kontrastierens und Vergleichens zweier Erklärvideos zurückgegriffen. Die Methode beschreibt dabei den Prozess des Identifizierens von Gemeinsamkeiten (*Vergleichen*) und Unterschieden (*Kontrastieren*) (Marzano, Robert, J. & Pickering, Debra J., Pollock, Jane E., 2001). In einer Metaanalyse von Alfieri, Nokes-Malach und Schunn (2013) konnte nachgewiesen werden, dass das Vergleichen von Fällen gegenüber der Arbeit mit Einzelfällen überlegen ist. Dabei zeigt sich ein mittlerer Effekt ($d = .50$). In der Lehrer:innenbildung wurden bisher nur wenige Studien zur Wirkung des Kontrastierens und Vergleichens durchgeführt: In einer Studie untersuchen Hirstein, Denn, Jurkowski und Lipowsky (2017), ob die Arbeit mit kontrastierenden Videofällen die Analysefähigkeiten von Studierenden fördert. Dabei zeigt sich ein signifikanter Effekt zwischen Studierenden, die mit Videos starken Kontrasts und Studierenden, die mit einem Video arbeiten ($p \leq .10$).

Methodik

Aus diesen theoretischen Überlegungen lässt sich auch ein positiver Effekt des Kontrastierens und Vergleichens für die Beurteilung von Erklärvideos vermuten. Dieser Idee folgend ergeben sich nachstehende Fragestellungen:

- FF** Wie lässt sich die differenzierte Beurteilung von Erklärvideos fördern?
- FF1** Unterstützt das Kontrastieren und Vergleichen von zwei Erklärvideos die Entwicklung einer differenzierten Beurteilung stärker als das Arbeiten mit einem Video?
- FF2** Unterstützt das Kontrastieren und Vergleichen von Erklärvideos mit hohem Kontrast die Entwicklung einer differenzierten Beurteilung stärker als das Vergleichen von Videos geringeren Kontrasts?

Aus der Metaanalyse von Alfieri, Nokes-Malach und Schunn (2013) lässt sich ableiten, dass das Arbeiten mit mehreren Videos dem Arbeiten mit einem Video überlegen ist. Zudem ist aufgrund der Studie von Hirstein, Denn, Jurkowski und Lipowsky (2017) anzunehmen, dass es bei der Arbeit mit Erklärvideos lernwirksamer ist, mit stark kontrastierenden Videos als mit gering kontrastierenden Videos zu arbeiten. Daraus ergeben sich folgende Hypothesen:

- H1** Studierende sprechen nach dem Kontrastieren und Vergleichen zweier Videos mehr Qualitätskriterien an als bei der Arbeit mit einem Video.
- H2** Studierende sprechen nach dem Kontrastieren und Vergleich von Videos mit hohem Kontrast mehr Qualitätskriterien an als beim Vergleichen von Videos mit geringerem Kontrast.

Die Studie findet im Rahmen eines Seminars an der Universität Kassel für Grundschullehr-
amtsstudierende zum Thema Erklärvideos statt. Die Studierenden erhalten zunächst einen
fachlichen Input zu den Inhalten Jahreszeiten und Wasserkreislauf, damit sie die später zu
analysierenden Videos hinsichtlich der fachlichen Korrektheit beurteilen können. Zudem ler-
nen sie die Qualitätskriterien kennen, um sie später auf die Erklärvideos anwenden zu können.
In einem Pretest beurteilen die Studierenden ein Erklärvideo vom YouTube-Kanal „Wetter-
schule“, mit dem erfasst werden kann, wie viele Qualitätskriterien von den Studierenden für
die Beurteilung der Videos herangezogen werden. Die Studierenden erhalten hierfür eine Ta-
belle, in der sie Auffälligkeiten des Videos in die Bereiche Mediendidaktik, Fachdidaktik und
Fachlichkeit einsortieren können. Darauf folgend werden die Studierenden in drei Untersu-
chungsgruppen eingeteilt, in denen sie Videos unterschiedlicher Qualität erhalten. Die Quali-
täten der Videos wurden vorab anhand einer Einstufung mittels der verwendeten Qualitätskri-
terien ermittelt. Die Kontrollgruppe (KG) analysiert ein Video mittlerer Qualität (Lehrer-
Schmidt auf YouTube), hier findet dementsprechend kein Kontrast statt. Die Experimental-
gruppe 1 (EG1) vergleicht zwei Erklärvideos mittlerer Qualität miteinander (LehrerSchmidt
& Eigenproduktion), sodass hier ein geringer Kontrast zwischen den Videos gegeben ist. Zu-
letzt nimmt die Experimentalgruppe 2 (EG2) einen Vergleich zweier Videos vor, eines mitt-
lerer Qualität (LehrerSchmidt) und eines höherer Qualität (Eigenproduktion). In einem ab-
schließenden Posttest analysieren die Studierenden erneut das Video aus dem Pretest, um zu
erfassen, wie viele Kriterien die Studierenden nach dem Treatment heranziehen und wie sich
die Anzahl im Vergleich zum Pretest verändert hat.

Die Daten beziehen sich auf $N = 56$ Studierende, die sich gleichmäßig mit 18 bis 19 Teilneh-
menden auf die Untersuchungsgruppen aufteilen. Im Zeitraum von SoSe2021 bis SoSe2022
fanden drei Erhebungen statt. Eine Auswertung erfolgt anhand der Analysen der Erklärvideos

zu Pre- und Posttest mittels strukturierender qualitativer Inhaltsanalyse (Kuckartz, 2018). Aus dem verwendeten Qualitätsraster wurden deduktive Kategorien gebildet. Ein Abgleich der Codierungen mittels Intercoder-Reliabilität zwischen zwei Codern belegt eine sehr gute Übereinstimmung von $\kappa = 0.86$. Auf Basis der Codierungen lässt sich so ein Vergleich der verwendeten Kategorien im Pre- und Posttest vornehmen.

Ergebnisse

Bei der Betrachtung der Pre- und Posttests im Vergleich zeigt sich, dass die Studierenden für ihre Beurteilung des Videos im Posttest im Mittel mehr Kriterien heranziehen. Die ermittelten Mittelwerte geben eine Tendenz zur Wirkung des Treatments an. Eine Signifikanztestung steht noch aus.

Bezogen auf die erste Fragestellung wurde die KG mit der EG1 und EG2 verglichen, um zu ermitteln, welchen Effekt das Kontrastieren und Vergleichen zweier Fälle auf die Anzahl der angesprochenen Kriterien hat. Anhand der Mittelwerte (siehe Tabelle 1) wird ersichtlich, dass die KG und EGs im Pretest ähnlich viele Kriterien ansprechen. Im Posttest beziehen sich die Experimentalgruppen dann auf mehr Kriterien als die Kontrollgruppe. Dementsprechend sprechen die Studierenden, welche Videos miteinander vergleichen, mehr Kriterien an als diejenigen, die mit nur einem Video arbeiten.

Tabelle 1: Fragestellung 1 - Effekt Kontrastieren & Vergleichen

| Gruppe | <i>M</i> (Pre) | <i>SD</i> (Pre) | <i>M</i> (Post) | <i>SD</i> (Post) | <i>n</i> |
|----------------------|----------------|-----------------|-----------------|------------------|----------|
| KG | 7.74 | 2.64 | 8.42 | 2.99 | 19 |
| EG1 & EG2 | 8.08 | 2.13 | 9.32 | 2.08 | 37 |

Zur Beantwortung der zweiten Fragestellung wurden die Mittelwerte der EG1 im Vergleich zur EG2 herangezogen. Auch hier beziehen sich beide Gruppen auf ähnlich viele Kriterien zum Zeitpunkt des Pretests (siehe Tabelle 2). Im Posttest sprechen dann die Studierenden, die das Video mit geringerem Kontrast schauten, mehr Qualitätskriterien an. Demzufolge sollten Studierende entgegen der Hypothese 2 mit Videos geringeren Kontrasts konfrontiert werden.

Tabelle 2: Fragestellung 2 - starker/geringer Kontrast

| Gruppe | <i>M</i> (Pre) | <i>SD</i> (Pre) | <i>M</i> (Post) | <i>SD</i> (Post) | <i>n</i> |
|------------|----------------|-----------------|-----------------|------------------|----------|
| EG1 | 8.17 | 2.12 | 9.72 | 2.02 | 18 |
| EG2 | 8.00 | 2.19 | 8.95 | 2.12 | 19 |

Ausblick

Die in diesem Beitrag vorgestellten Ergebnisse geben einen ersten Hinweis auf die zu erwartenden Effekte. Eine detailliertere Auswertung der Ergebnisse wird im Rahmen der in diesem Projekt angestrebten Dissertation erfolgen. Eine Signifikanztestung der Ergebnisse steht noch aus. Zudem ist ein Abgleich der Analysen der Studierenden mit einem Expert:innenrating in Vorbereitung.

Literatur

- Dorgerloh, S. & Wolf, K. D. (Hrsg.). (2020). *Lehren und Lernen mit Tutorials und Erklärvideos* (Pädagogik, 1. Auflage). Weinheim: Beltz. Verfügbar unter: http://www.content-select.com/index.php?id=bib_view&ean=9783407631770
- Findeisen, S., Horn, S. & Seifried, J. (2019). Lernen durch Videos – Empirische Befunde zur Gestaltung von Erklärvideos. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung*, 16–36. <https://doi.org/10.21240/mpaed/00/2019.10.01.X>
- Haider, M. & Knoth, S. (2022). Kompetenzen von Lehrkräften für das Unterrichten in einer digitalisierten Welt. In *Digitalisierung in der Grundschule. Grundlagen, Gelingensbedingungen und didaktische Konzeptionen am Beispiel des Fachs Sachunterricht* (S. 56–70). Verlag Julius Klinkhardt.
- Hirstein, A., Denn, A.-K., Jurkowski, S. & Lipowsky, F. (2017). Entwicklung der professionellen Wahrnehmungs- und Beurteilungsfähigkeit von Lehramtsstudierenden durch das Lernen mit kontrastierenden Videofällen – Anlage und erste Ergebnisse des Projekts KONTRAST. *Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung*, 35(3), 472–486. <https://doi.org/10.25656/01:16995>
- Koehler, M. J., Mishra, P., Kereluik, K., Shin, T. S. & Graham, C. R. (2014). The Technological Pedagogical Content Knowledge Framework. In J. M. Spector, M. D. Merrill, J. Elen & M. J. Bishop (Hrsg.), *Handbook of Research on Educational Communications and Technology* (S. 101–111). New York, NY: Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3185-5_9
- Kulgemeyer, C. (2018). A Framework of Effective Science Explanation Videos Informed by Criteria for Instructional Explanations. *Research in Science Education*, 50(6), 2441–2462. <https://doi.org/10.1007/s11165-018-9787-7>
- Kulgemeyer, C. (2019). Qualitätskriterien zur Gestaltung naturwissenschaftlicher Erklärvideos. In C. Maurer (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe* (Bd. 2019, S. 285–288). Universität Regensburg.
- Kultusministerkonferenz. (2016). *Bildung in der digitalen Welt: Strategie der Kultusministerkonferenz*. Kultusministerkonferenz.
- Lipowsky, F. & Pätzold, F. (2020). *Beobachtungsbogen zur Evaluation von Erklärvideos*, Universität Kassel.
- Müller, F. & Oeste-Reiß, S. (2019). Entwicklung eines Bewertungsinstruments zur Qualität von Lernmaterial am Beispiel des Erklärvideos. In J. M. Leimeister & K. David (Hrsg.), *Chancen und Herausforderungen des digitalen Lernens* (Kompetenzmanagement in Organisationen, S. 51–73). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-59390-5_4
- Wolf, K. D. (2015). Bildungspotentiale von Erklärvideos und Tutorials auf YouTube. *Medien + Erziehung*, 59(1), 30–36.

Martin Steinbach¹
Carolin Eitemüller¹
Marc Rodemer¹
Maik Walpuski¹

¹ Universität Duisburg-Essen

Kompetenzmodellierung in der organischen Chemie

Theoretischer Hintergrund

Vor dem Hintergrund der in den letzten Jahren kontinuierlich ansteigenden Abbruchquoten im Studienfach Chemie (Heublein et al., 2022) nimmt das Interesse an der Evaluation und Weiterentwicklung von chemiebezogenen Bildungsprozessen im Hochschulsektor weiter zu. Im schulischen Kontext finden kompetenzdiagnostische Maßnahmen bereits breite Anwendung und deren Wirksamkeit ist gut erforscht (Pant, 2013).

Über den Schulkontext hinaus wurde der Kompetenzbegriff durch die Bologna- Prozesse ebenfalls zu einem festen Bestandteil des Qualifikationsrahmens für deutsche Hochschulabschlüsse. Dennoch liegen für viele Studienfächer bis heute keine adäquaten kompetenzorientierten Testinstrumente vor. Dies liegt unter anderem an der hohen Domänenspezifität des Kompetenzbegriffs (Klieme & Leutner, 2006), welcher die Entwicklung von fachspezifischen Kompetenzstrukturmodellen und deren Übersetzung in geeignete Testinstrumente notwendig macht. In diesem Projekt soll diese Lücke für den Teilbereich der organischen Chemie geschlossen werden. Der Teilbereich der organischen Chemie wird in den Fokus genommen, da Studierende dort regelmäßig mit domänenspezifischen Herausforderungen konfrontiert werden (Graulich, 2015). Eine dieser Herausforderungen besteht in dem Umgang mit visuellen Repräsentationen, denen in der organischen Chemie sowohl bei der Vermittlung als auch bei dem Austausch von Informationen eine besondere Rolle zukommt (Kozma & Russell, 2007).

Im Zentrum des Projekts steht die Entwicklung eines für die organische Chemie spezifischen Kompetenzstrukturmodells, welches den Umgang mit und das Verständnis von visuellen Repräsentationen als eine Teildimension der organisch chemischen Kompetenz annimmt. Das Kompetenzstrukturmodell wird in einem weiteren Schritt durch die Entwicklung eines Testinstruments operationalisiert.

Ziele und Forschungsfragen

Um das entwickelte Testinstrument hinsichtlich seiner Passung zum Kompetenzstrukturmodell sowie zum angelegten psychometrischen Modell, dem Rasch-Modell, zu überprüfen, werden in einem ersten Schritt die Messeigenschaften des Kompetenztests betrachtet. In einem zweiten Schritt soll anschließend der Einfluss der Achsen des Kompetenzstrukturmodells auf die Aufgabenschwierigkeit von Leistungstestaufgaben bestimmt werden. Aus diesen Überlegungen ergeben sich folgende Forschungsfragen:

- Bilden die Items des Fachwissenstests das entwickelte Kompetenzstrukturmodell zur organischen Chemie valide und reliabel ab?

- Welchen Einfluss haben die Teildimensionen des für die organische Chemie entwickelten Kompetenzstrukturmodells auf die Aufgabenschwierigkeit von Leistungstestaufgaben in der organischen Chemie?

Studiendesign und –Methodik

Das für die organische Chemie entwickelte Kompetenzstrukturmodell (vgl. Abb.1.) zeichnet sich durch eine dreidimensionale Struktur aus. Die Achse der Komplexität orientiert sich an dem ESNaS-Kompetenzstrukturmodell (Walpuski et al., 2010), welches im Zuge der Evaluation der naturwissenschaftlichen Bildungsstandards zum Einsatz gekommen ist. Im Vergleich zum ESNaS-Modell wurde die Achse der Komplexität des für die organische Chemie entwickelten Modells auf die Ausprägungen Fakten, Zusammenhänge und Konzepte reduziert. Bei der Achse der kognitiven Prozesse wurde die Lernzieltaxonomie von Anderson und Krathwohl (Anderson & Krathwohl, 2001) adaptiert und die Ausprägungen des Erinnerns und Anwendens mit in das Modell übernommen. Die dritte Achse beinhaltet das für die organische Chemie spezifische Aufgabenmerkmal der Visualisierung. Die Achse der Visualisierung weist die Ausprägungen mit und ohne Visualisierung auf.

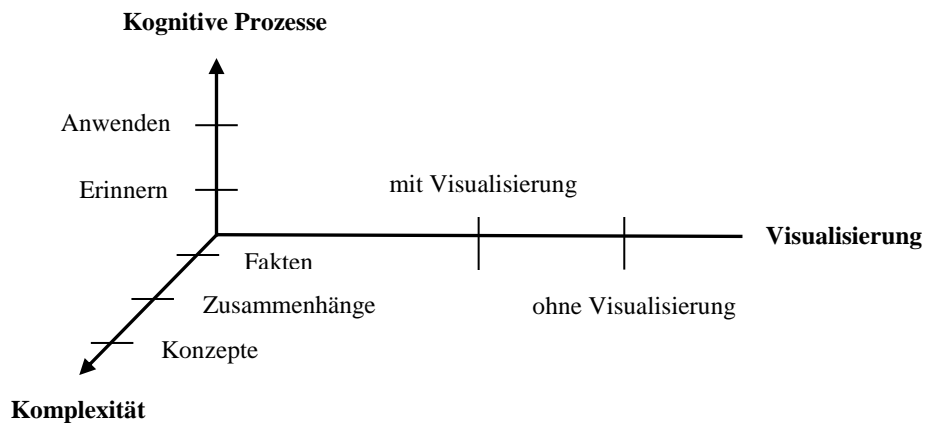


Abb.1: Kompetenzstrukturmodell für die organische Chemie im Hochschulkontext.

Das Kompetenzstrukturmodell wurde anschließend durch die Konstruktion von $N = 76$ Items operationalisiert. Dabei bilden jeweils 38 Items identische Inhaltsbereiche einmal mit und einmal ohne Visualisierung ab. Die Datenerhebung fand im Sommersemester 2022 an sieben deutschen Universitäten in einer Grundlagenveranstaltung der organischen Chemie statt. Insgesamt haben $N = 357$ Studierende an der Studie teilgenommen.

Ergebnisse

Zum Beantworten der ersten Forschungsfrage wurde zunächst die Passung des Testinstruments zum Rasch-Modell untersucht. Dazu wurde der $wMNSQ$ -Wert ($0.83 \leq wMNSQ \leq 1.24$; $-2.49 \leq t \leq 4.15$) des Tests betrachtet, welcher innerhalb der durch Boone et al. (2014) formulierten akzeptablen Grenzen für Multiple-Choice Tests von 0.7 bis 1.30 liegt. Die auf der Basis des WLE-Schätzers bestimmte Personen-Reliabilität des Tests liegt mit

einem Wert von .80 in einem guten und die Item-Reliabilität mit .97 in einem sehr guten Bereich. Die Items des Testinstruments decken eine Aufgabenschwierigkeit von -3.32 bis 2.22 logits sowie eine Personenfähigkeit von -2.41 bis 2.52 logits ab. Obwohl es daher einige leichte Items gibt, denen hinsichtlich der Personenfähigkeit keine Probanden gegenüberstehen, kann hier nicht von einem klassischen Deckeneffekt gesprochen werden.

Um die zweite Forschungsfrage zu beantworten wurden die Ausprägungen der drei Achsen des Kompetenzstrukturmodells hinsichtlich ihres Einflusses auf die Aufgabenschwierigkeit analysiert. Auf der Achse der Kognitiven Prozesse liegt die mittlere Aufgabenschwierigkeit der Erinnern-Items ($M = -1.12$ logits, $SD = 1.09$ logits) niedriger als die mittlere Aufgabenschwierigkeit der Anwenden-Items ($M = 0.45$ logits, $SD = 0.85$ logits). Ein anschließend durchgeführter t -Test belegt einen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Ausprägungen bezogen auf deren mittlere Aufgabenschwierigkeit $t(74) = -6.74$, $p < .001$; $d = -1.57$.

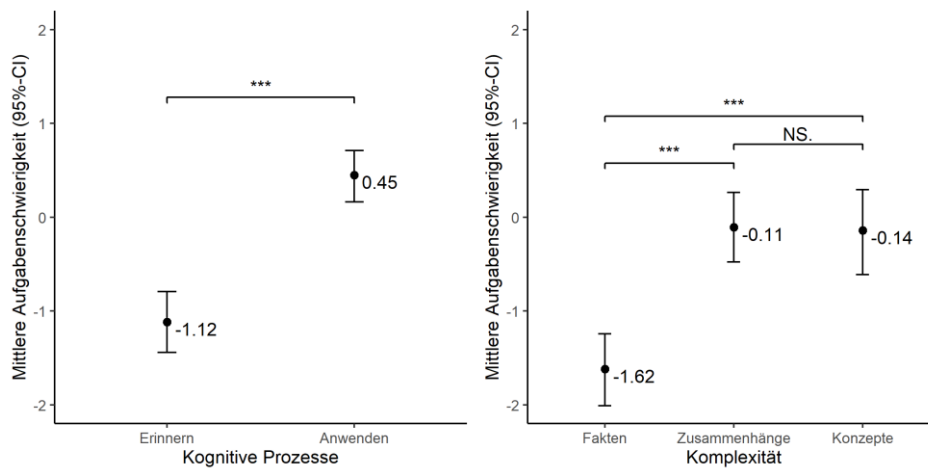


Abb.2: Vergleich der mittleren Aufgabenschwierigkeiten der Achsen „kognitive Prozesse“ und „Komplexität“.

Auf der Achse der Komplexität wurde die mittlere Aufgabenschwierigkeit der Fakten-Items ($M = -1.62$ logits, $SD = 0.78$ logits) mit denen der Zusammenhangs- ($M = -0.11$ logits, $SD = 1.17$ logits) und Konzept-Items ($M = -0.14$ logits, $SD = 1.2$) verglichen. Mit Hilfe einer ANOVA ($F(2,73) = 11.99$, $p < .001$, $\eta^2 = .25$) und eines anschließenden Tukey-Tests konnte hinsichtlich der mittleren Aufgabenschwierigkeit ein signifikanter Unterschied zwischen den Fakten- und den Zusammenhangs-Items ($M_{Dif} = 1.51$, 95%- CI[0.71, 2.30], $p < .001$) sowie zwischen den Fakten- und den Konzept-Items ($M_{Dif} = 1.48$, 95%- CI[0.66, 2.30] $p < .001$) aufgedeckt werden. Zwischen den Zusammenhangs- und Konzept-Items konnte hingegen bezogen auf die mittlere Aufgabenschwierigkeit kein signifikanter Unterschied gezeigt werden ($M_{Dif} = -0.03$, 95%- CI[-0.72, 0.66] $p < .001$).

Auf der Achse der Visualisierung liegt die mittlere Aufgabenschwierigkeit der Items mit Visualisierung ($M = -0.62$ logits, $SD = 1.26$ logits) niedriger als die der Items ohne Visualisierung ($M = -0.3$ logits, $SD = 1.26$ logits). Ein zwischen den beiden Ausprägungen durchgeführter t -Test konnte jedoch bezogen auf die mittlere Aufgabenschwierigkeit keinen signifikanten Unterschied zeigen $t(74) = 1.10$, $p = .275$.

Über eine hierarchische Regressionsanalyse konnte weiterhin bestimmt werden, wie gut sich das angelegte Modell eignet, um die Daten zu interpretieren. Mit einem $R^2 = .46$ (korrigiertes $R^2 = .43$) konnte eine hohe Passung des Modells bestätigt und bezogen auf die Aufgabenschwierigkeit von Leistungstestaufgaben eine Varianz von 43 % aufgeklärt werden.

Diskussion und Ausblick

Es konnte ein Testinstrument entwickelt werden, welches eine gute Passung zum Rasch-Modell sowie eine hohe interne Konsistenz aufweist. Das Testinstrument ist daher geeignet, die Kompetenzen von Studierenden im Grundstudium für das Teilgebiet der organischen Chemie zu ermitteln. Darüber hinaus konnte der Einfluss der Subdimensionen des Kompetenzmodells auf die Aufgabenschwierigkeit empirisch ermittelt werden.

Literatur

- Anderson, L. W. & Krathwohl, D. R. (2001). A taxonomy for learning teaching and assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives.
- Graulich, N. (2015). The tip of the iceberg in organic chemistry classes: how do students deal with the invisible? *Chemistry Education Research and Practice*, 16(1), 9–21. <https://doi.org/10.1039/C4RP00165F>
- Heublein, U., Hutzsch, C. & Schmelzer, R. (2022). *Die Entwicklung der Studienabbruchquoten in Deutschland*. https://doi.org/10.34878/2022.05.DZHW_BRIEF
- Klieme, E. & Leutner, D. (2006). Kompetenzmodelle zur Erfassung individueller Lernergebnisse und zur Bilanzierung von Bildungsprozessen. Beschreibung eines neu eingerichteten Schwerpunktprogramms der DFG. *Zeitschrift für Pädagogik*, 52. <https://doi.org/10.25656/01:4493> (*Zeitschrift für Pädagogik* 52 (2006) 6, S. 876-903).
- Kozma, R. & Russell, J. (2007). Students Becoming Chemists: Developing Representational Competence. In J. K. Gilbert (Hrsg.), *Models and modeling in science education: Bd. 1. Visualization in science education* (S. 121–145). Springer. https://doi.org/10.1007/1-4020-3613-2_8
- Pant, H. A. (2013). Wer hat einen Nutzen von Kompetenzmodellen? *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 16(S1), 71–79. <https://doi.org/10.1007/s11618-013-0388-y>
- Walpuski, M., Kauertz, A., Kampa, N., Fischer, H. E., Mayer, J., Sumfleth, E. & Wellnitz, N. (2010). ESNaS - Evaluation der Standards für die Naturwissenschaften in der Sekundarstufe I.

Marvin Rost¹
 Ines Sonnenschein²
 Stephanie Möller²
 Anja Lembens¹

¹AECC Chemie (Universität Wien)
²Fachhochschule Münster

Übersetzung und Pilotierung des SUMS-Inventary für Chemiestudierende Eine Replikationsstudie

Einführung

Mit dem steigenden Bedarf an Energiespeichertechnologien, bspw. „Power-to-Gas“, steigt auch der Bedarf an Fachkräften mit chemiebezogenen Kompetenzen. Im Chemieingenieursstudium der FH Münster werden, wie in zahlreichen MINT-Studiengängen, allerdings hohe Abbruchquoten registriert. In Modellierungen für die Vorhersage solcher Studienabbrüche, können zahlreiche Einflussfaktoren identifiziert werden (Fleischer et al., 2019). Dabei kommt dem Vorwissen aus der Schule als kognitive Facette eine besondere Bedeutung zu, weil es direkt auf die Abbruchintention wirkt und nicht, wie bspw. Interesse oder Engagement, über die Zufriedenheit mit den Studieninhalten mediiert wird. Um die Einführungsvorlesung in die Chemie bei Chemieingenieur*innen, Physiker*innen und Ökotropholog*innen anschlussfähiger zu gestalten, wurde darum beschlossen, das Vorwissen der Studierenden stärker in die Vorlesungsinhalte einzubeziehen und die Präsentation von Fachinhalten konsequenter an Vorstellungen über naturwissenschaftliche Modellierungsprozesse anzubinden. Zu diesem Zweck bedarf es eines verlässlichen Instruments, das das modellorientierte Verstehen ökonomisch erfasst, um es anschließend auf die jeweiligen Prüfungserfolge, bzw. die entsprechende Abbruchsintention beziehen zu können.

Theorie

Replikationsstudien sind in den Fachdidaktiken verhältnismäßig wenig dokumentiert (Makel & Plucker, 2014). Amrhein et al. (2019) diskutieren das Gleichgewicht zwischen sozialwissenschaftlichem Erkenntnisinteresse, Theorie und statistischer Abbildung am Beispiel des *p*-Werts und geben zu bedenken, dass die Beforschung menschlichen Verhaltens ohne epistemologische, wissenschaftstheoretische oder soziologische Perspektiven unzulässig verengt ist. Allerdings wird dieses Gleichgewicht auch dadurch beeinflusst, dass das systematische Berichten von standardisierten Kennwerten für quantitative Erhebungsinstrumente in den Naturwissenschaftsdidaktiken noch vor der Anwendung eines klassischen Hypothesentest substantiell vernachlässigt wird (Taylor et al., 2016, S. 1221). Gleichzeitig ist die Entwicklung von validen und reliablen Testinstrumenten aber eine notwendige Bedingung, um dem Bedarf nach generalisierbaren Aussagen über größere Populationen von Lernenden nachkommen zu können. Mit dem SUMS-Inventary (Treagust et al., 2002) liegt im englischsprachigen Raum ein häufig eingesetztes Instrument (Mathesius & Krell, 2019) zur Verfügung. Für diesen Multiple-Choice-Fragebogen liegen inkonsistente Befunde bezüglich der Validität der vorgeschlagenen 5-faktoriellen Struktur vor (Lazenby & Becker, 2021; Villablanca et al., 2020). Die fünf Faktoren sind Modelle als multiple Repräsentationen (*MR*), Modelle als exakte Replikat (*ER*), Modelle als Erklärungswerkzeuge

(ET), Nutzen von Modellen (USM) und Revidierbarkeit von Modellen (CNM). Darüber hinaus sind auch Befunde publiziert, die bezüglich des Zusammenhangs zwischen SUMS und selbst erstellter Modelle von Lernenden und Lehrkräften theoriekonform sind (Cheng & Lin, 2015), aber im Hinblick auf den Zusammenhang mit Fachwissenszuwachs widersprüchlich bleiben (Gobert et al., 2011).

Vor diesem Hintergrund sollte SUMS als Basis für ein valides und reliables Erhebungsinstrument verwendet werden und es ergaben sich zwei wesentliche Forschungsfragen:

1. Kann die ursprünglich berichtete Faktorstruktur in einer übersetzten Variante des Fragebogens wiedergefunden werden?
2. Sind die Items des Fragebogens ausreichend reliabel für Zusammenhangsanalysen, bspw. mit der Abschlussnote aus der Einführungsvorlesung Chemie?

Design und Methode

Abbildung 1 zeigt den Ablaufplan im Überblick. Die Übersetzung ins Deutsche wurde durch zwei Personen vorgenommen und zur Absicherung von einer Person mit Englisch als Erstsprache rückübersetzt. Dabei traten nur wenige Verzerrungen durch den Übersetzungsprozess auf, die wiederum durch eine gemeinsame Überarbeitung minimiert werden konnten. Die Aufgaben wurden bzgl. ihrer Zuordnung zu den theoretischen Faktoren einer Korrelationsanalyse unterzogen. Anschließend wurden mit konfirmatorischen Faktorenanalysen die Messmodelle auf Eindimensionalität geprüft und ein finales Strukturgleichungsmodell mit einem übergeordneten Faktor „Modellverständnis“ getestet (Bühner, 2021; Ziegler & Hagemann, 2015). Die Reliabilitäten wurden, inklusive des 95%-Konfidenzintervalls, als McDonald's ω (Hayes & Coutts, 2020) geschätzt.

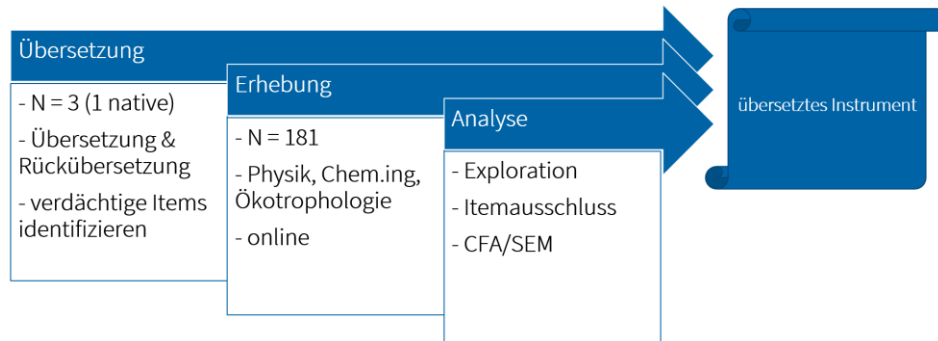


Abb. 1: Ablaufplan der Übersetzung, Datenerhebung und -analyse.

Ergebnisse

Sowohl über die deskriptiven Kennwerte, als auch nach der Prüfung der konfirmatorischen Faktorenanalysen, wurde der Faktor *Modelle als exakte Replikat* als nicht zu den Daten passend bewertet. Darüber hinaus wurden aus allen Skalen Items entfernt, weil sie sich als nicht zusammenhängend mit den anderen Items zeigten. Das verbliebene Strukturgleichungsmodell zeigte zufriedenstellende Kennwerte (Abbildung 2), die Reliabilitäten mussten aber als nicht ausreichend für Zusammenhangsanalysen eingeordnet werden (Abbildung 3).

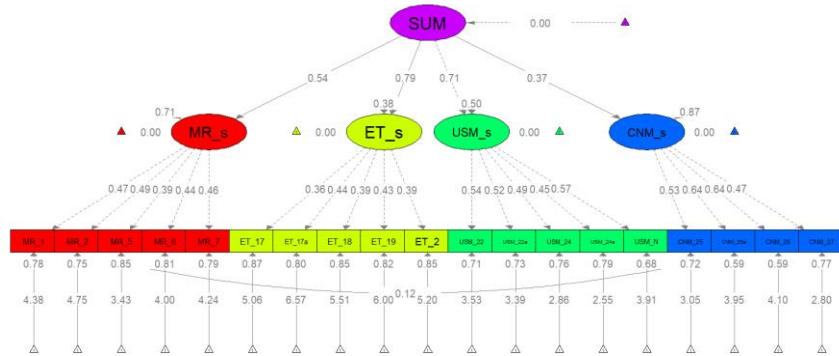


Abb. 2: Strukturgleichungsmodell der verbliebenen Items in den Faktoren MR, ET, USM & CNM, jeweils als essentiell tau-äquivalente Messmodelle mit $\chi = 169.3(161)$, $p = .31$; CFI = .97; RMSEA = .02; 95% CI [0; .04]; SRMR = .07.

Diskussion

Sowohl die Ablehnung der ursprünglichen Faktorstruktur, als auch die relativ niedrigen Reliabilitäten haben Implikationen für die Überarbeitung des Instruments in der deutschsprachigen Version. In einem nächsten Schritt werden die Items nach dem Question Appraisal System (QAS-99) (Willis & Lessler, 1999) systematisch überarbeitet. Die Falsifikation der Anwendbarkeit des Instruments an der getesteten Population trägt dazu bei, die Qualität zukünftiger Fragebögen zu modellbezogenen Lehr-/Lernumgebungen zu erhöhen (Haefel, 2022). Eine Erhebung mit der überarbeiteten Version, in der inhaltliche Erwägungen zur Neuordnung und Reformulierung der Items ebenfalls einfließen (Ziegler, 2014), wird mit einer Teilnehmendenzahl $N = 200$ antizipiert. Darüber hinaus soll eine überarbeitete Version mit dem Potential zur Überführung in eine Kurzskala zur freien Nutzung in chemiebezogenen Lehrveranstaltungen entstehen.

Reliabilitätsschätzer der Faktoren aus dem Strukturmodell
McDonald's ω inkl. 95%- CI

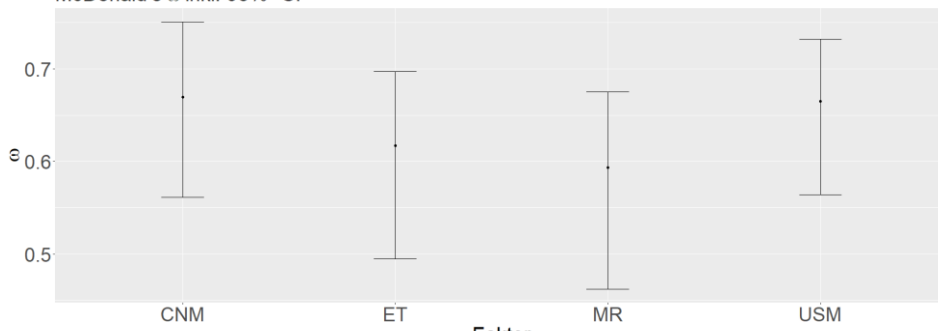


Abb. 3: Reliabilitäten der Faktoren aus dem Strukturgleichungsmodell.

Lietratur

- Amrhein, V., Trafimow, D., & Greenland, S. (2019). Inferential Statistics as Descriptive Statistics: There Is No Replication Crisis if We Don't Expect Replication. *The American Statistician*, *73*(1), 262–270.
- Bühner, M. (2021). *Einführung in die Test- und Fragebogenkonstruktion* (4., korrigierte und erweiterte Auflage). Pearson.
- Cheng, M.-F., & Lin, J.-L. (2015). Investigating the Relationship Between Students' Views of Scientific Models and Their Development of Models. *International Journal of Science Education*, *37*(15), 2453–2475. <https://doi.org/10.1080/09500693.2015.1082671>
- Fleischer, J., Leutner, D., Brand, M., Fischer, H., Lang, M., Schmiemann, P., & Sumfleth, E. (2019). Vorhersage des Studienabbruchs in naturwissenschaftlich-technischen Studiengängen. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, *22*(5), 1077–1097. <https://doi.org/10.1007/s11618-019-00909-w>
- Gobert, J. D., O'Dwyer, L., Horwitz, P., Buckley, B. C., Levy, S. T., & Wilensky, U. (2011). Examining the Relationship Between Students' Understanding of the Nature of Models and Conceptual Learning in Biology, Physics, and Chemistry. *International Journal of Science Education*, *33*(5), 653–684. <https://doi.org/10.1080/09500691003720671>
- Haefffel, G. J. (2022). Psychology needs to get tired of winning. *Royal Society Open Science*, *9*(6), 220099. <https://doi.org/10.1098/rsos.220099>
- Hayes, A. F., & Coutts, J. J. (2020). Use Omega Rather than Cronbach's Alpha for Estimating Reliability. But... *Communication Methods and Measures*, *14*(1), 1–24. <https://doi.org/10.1080/19312458.2020.1718629>
- Lazenby, K., & Becker, N. M. (2021). Evaluation of the students' understanding of models in science (SUMS) for use in undergraduate chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, *22*(1), 62–76. <https://doi.org/10.1039/D0RP00084A>
- Makel, M. C., & Plucker, J. A. (2014). Facts Are More Important Than Novelty: Replication in the Education Sciences. *Educational Researcher*, *43*(6), 304–316. <https://doi.org/10.3102/0013189X14545513>
- Mathesius, S., & Krell, M. (2019). Assessing Modeling Competence with Questionnaires. In A. Upmeyer zu Belzen, D. Krüger, & J. van Driel (Hrsg.), *Towards a Competence-Based View on Models and Modeling in Science Education* (Bd. 12, S. 117–131). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-30255-9_7
- Taylor, J., Furtak, E., Kowalski, S., Martinez, A., Slavin, R., Stuhlsatz, M., & Wilson, C. (2016). Emergent Themes from Recent Research Syntheses in Science Education and Their Implications for Research Design, Replication, and Reporting Practices. *Journal of Research in Science Teaching*, *53*(8), 1216–1231. <https://doi.org/10.1002/tea.21327>
- Treagust, D. F., Chittleborough, G., & Mamiala, T. L. (2002). Students' understanding of the role of scientific models in learning science. *International Journal of Science Education*, *24*(4), 357–368. <https://doi.org/10.1080/09500690110066485>
- Villablanca, S., Montenegro, M., & Ramos-Moore, E. (2020). Analysis of student perceptions of scientific models: Validation of a Spanish-adapted version of the Students' Understanding of Models in Science instrument. *International Journal of Science Education*, *42*(17), 2945–2958. <https://doi.org/10.1080/09500693.2020.1843735>
- Willis, G. B., & Lessler, J. T. (1999). *Question Appraisal System QAS-99*.
- Ziegler, M. (2014). Stop and State Your Intentions: Let's Not Forget the ABC of Test Construction. *European Journal of Psychological Assessment*, *30*(4), 239–242. <https://doi.org/10.1027/1015-5759/a000228>
- Ziegler, M., & Hagemann, D. (2015). Testing the Unidimensionality of Items: Pitfalls and Loopholes. *European Journal of Psychological Assessment*, *31*(4), 231–237. <https://doi.org/10.1027/1015-5759/a000309>

Felix Pawlak¹
 Jürgen Menthe²
 Elizabeth Watts³
 Lisa Stinken-Rösner⁴

¹Universität Tübingen
²Universität Hildesheim
³Universität Kassel
⁴Leuphana Universität Lüneburg

Herausforderungen in der Beforschung von inklusivem Nawi-Unterricht

Ausgangslage

Der inklusive naturwissenschaftliche Unterricht (inU) stellt nicht nur Lehrende vor neue Aufgaben und Herausforderungen, wie z. B. die Vielfalt der Schüler*innen angemessen zu berücksichtigen und mögliche Barrieren für das Lernen zu minimieren (Abels, 2013; Booth & Ainscow, 2016; Florian, 2014; Florian & Spratt, 2013; Nienhaber & Melle, 2017; Mastropieri & Scruggs, 2014; Schlüter & Melle, 2017). Das komplexe, interdisziplinäre und junge Forschungsfeld des inklusiven Fachunterrichts stellt auch Forscher*innen vor vielfältige, teilweise neuartige Problemstellungen. Unter anderem wird ein Mangel an Forschungsarbeiten zur Gestaltung inklusiven Fachunterrichts konstatiert (Schlüter, 2018). Außerdem kann der komplexe Aufbau des Forschungsfeldes eine Herausforderung für Forscher*innen darstellen, da dieses die Perspektive der Naturwissenschaftsdidaktik mit der Perspektive der inklusiven Pädagogik vereint (Stinken-Rösner et al., 2020). Schon die Perspektive der Naturwissenschaftsdidaktik alleine weist aufgrund ihrer theoretischen Konstrukte und wissenschaftlichen Methodik eine hohe Komplexität auf (de Carvalho, 2016). Hinzu kommt die Forderung, gemäß der Perspektive der inklusiven Pädagogik, die Lernenden nicht als homogene Gruppe, sondern in ihrer gesamten Vielfalt zu erfassen, wodurch sich der Komplexitätsgrad weiter steigert.

Forscher*innen sind mit Herausforderungen im Feld des inU konfrontiert, welche selten explizit benannt und bisher wenig offengelegt wurden. Die Kenntnis über mögliche Schwierigkeiten kann jedoch bei der Bewältigung eben jener helfen (Brauns & Abels, 2020). Aus diesem Grund sollen die Herausforderungen bei der Forschung zu inU aus Sicht von Expert*innen systematisch erhoben und für zukünftige Forschungsvorhaben dokumentiert werden. Dabei wird der ersten Forschungsfrage nachgegangen:

1. Was sind Herausforderungen in der Forschung zu inklusivem naturwissenschaftlichen Unterricht?

Neben der Identifikation von Herausforderungen, gilt es diese zu überwinden. Hierzu wird mit dem *NinU*-Schema ein möglicher Ansatz beleuchtet (Stinken-Rösner et al., 2020), der potenziell bereichernd für die Forschung zu inU sein kann. Dazu wird der zweiten Forschungsfrage nachgegangen:

2. Inwiefern hilft das *NinU*-Schema einen Beitrag für die Bewältigung von Herausforderungen bei der Forschung zu inklusivem naturwissenschaftlichen Unterricht zu leisten?

Zur Untersuchung der beiden Forschungsfragen wird der methodische Ansatz der Delphi-Methode gewählt.

Studiendesign

Die Delphi-Methode ist ein „strukturierter Gruppenkommunikationsprozess, in dessen Verlauf Sachverhalte, über die naturgemäß unsicheres und unvollständiges Wissen existiert, von Experten beurteilt werden“ (Häder & Häder, 1995, S. 12). Da dies beim Forschungsbereich des inklusiven naturwissenschaftlichen Unterrichts der Fall ist, wird hierfür der Ansatz der Delphi-Methode als Konsensmethode gewählt (Kallia et al., 2021). Bei der Durchführung der vorliegenden Delphi-Studie werden folgende Kriterien beachtet (Vernon, 2009; McKenna, 1994):

- iteratives Vorgehen,
- Anonymität,
- Feedback,
- Expert*innen-Panel.

Delphi-Studien folgen einem iterativen Vorgehen und durchlaufen somit per Definition mehrere Runden. Hierdurch unterscheiden sie sich von klassischen Befragungen (Vernon, 2009). Die vorliegende Delphi-Studie besteht aus mehreren Zyklen bzw. Runden. In jeder Runde werden identische Fragen gestellt, bis ein Konsens erzielt wird (Kallia et al., 2021). Zudem wird nach jeder Runde ein Feedback an die Teilnehmer*innen gegeben. Erhaltene Antworten werden zusammengefasst und als kollektive Gruppenantwort an die Teilnehmer*innen zurückgemeldet (Vernon, 2009). Hierzu wird eine Übersicht zum methodischen Vorgehen in den Einladungs-E-Mails zur jeweils nächsten Runde gegeben und die Ergebnisse der vorherigen Runde in die Umfrage eingebettet. Dies gibt den Teilnehmer*innen die Möglichkeit, ihren bisherigen Standpunkt im Lichte des kollektiven Meinungsbildes anzupassen und während der Runden weitere Kommentare abzugeben (Kallia et al., 2021). Die Anonymität der Teilnehmer*innen ist ein weiterer wesentlicher Faktor der Delphi-Studie (McKenna, 1994) und wird über den gesamten Verlauf der drei Runden durch einen persönlichen Code gewährleistet. Die Identität der Teilnehmer*innen ist somit nicht nachvollziehbar, wodurch sich die Teilnehmer*innen des Expert*innen-Panels offen und frei zu den Fragen austauschen können (Kallia et al., 2021).

Die Expert*innen sind ein entscheidender Faktor, da sie auf Grundlage ihres Wissens und ihrer individuellen Erfahrungen die Fragestellungen bewerten (McKenna, 1994) und ihre Expertise die Zuverlässigkeit und Gültigkeit der Ergebnisse bestimmt (Giannarou & Zervas, 2014; Kallia et al., 2021; Habibi et al., 2014).

1. Runde der Delphi-Studie

Da in Veröffentlichungen nur wenige Herausforderungen zur Forschung zu inU erwähnt werden, wurde für die 1. Runde eine offene Herangehensweise gewählt, um die Perspektiven und Erfahrungen der Expert*innen in diesem Bereich explorativ zu erheben. Dazu wurde ein Onlinefragebogen, bestehend aus zwei Fragen (1. Herausforderung; 2. *NinU*-Schema) mit einem offenen Antwortformat, eingesetzt.

Die Identifizierung der Expert*innen erfolgte anhand von Tagungsbeiträgen auf fachdidaktischen Tagungen der letzten 5 Jahre (DPG, GDCP, FdDB, u. ä.), Veröffentlich-

ung(en) mit Bezug zum inU, der Teilnahme an Netzwerk-Treffen (*NinU*) und Empfehlungen von Expert*innen. 172 Expert*innen wurden per E-Mail kontaktiert. An der ersten Runde der Delphi-Studie haben insgesamt 80 Expert*innen teilgenommen.

Das gewonnene Datenmaterial wurde zunächst durch die inhaltsanalytische Technik der Zusammenfassung reduziert (Mayring, 2015). Die Paraphrasierung der Antworten der Expert*innen wurde zunächst unabhängig durch zwei Forscher*innen durchgeführt und anschließend unter Rückbezug auf das Original-Material diskutiert. Dabei erfolgte die Einigung auf die Paraphrasen ($N_{Paraphrasen} = 203$).

Im nächsten Schritt wurden induktiv Kategorien aus den Paraphrasen gebildet (Mayring, 2015). Die abstrahierten und übergeordneten Kategorien wurden als Items für die 2. Delphi-Runde genutzt. Durch diesen Analyseprozess ergaben sich $N_{Items} = 70$ Items, verteilt auf die zwei Forschungsfragen, für die 2. und 3. Runde der Delphi-Studie.

2. und 3. Runde der Delphi-Studie

In der 2. und 3. Runde wurden die gebildeten Items dem Expert*innenpanel vorgelegt und von diesen entlang eines geschlossenen Antwortformates beurteilt (5-stufige Likert-Skala von „Stimme gar nicht zu“ bis „Stimme voll zu“). Außerdem konnten in einem offenen Antwortformat Ergänzungen und Anmerkungen per Kommentarfunktion zu jedem Item von den Teilnehmer*innen abgegeben werden.

Die Delphi-Methode verfolgt das Ziel, ein einheitliches Meinungsbild über die Herausforderungen bei der Forschung zu inU, subsummiert in Items, zu generieren. Um den Konsens adäquat zu messen, wurden in der vorliegenden Studie mehrere statistische Maße verwendet. Folgende Kriterien wurden in der Delphi-Studie zur Konsensbildung zu Grunde gelegt (Giannarou & Zervas, 2014):

- Mehr als 50 % der Expert*innen stimmen einem Item zu oder lehnen dieses ab.
- Die Standardabweichung (SD) darf 1,5 nicht überschreiten.
- Der Interquartilsbereich (IQR) darf 1 nicht überschreiten.

Die Datenauswertung erfolgte per SPSS und nach den Kriterien der Konsensbildung.

Erste Ergebnisse

Im Zuge der 2. Runde konnte für 25 Items und in der 3. Runde für weitere 15 Items ein Konsens erzielt werden. Hierbei zeigte sich unter anderem, dass es für die Expert*innen u. a. eine Herausforderung ist, die große Diversität der Lernenden in der Forschung zu berücksichtigen (Runde 2: *Zustimmung* = 77,5 %, *SD* = 1,14, *IQR* = 1, und die Komplexität von inU in der Forschung zu erfassen (Runde 3: *Zustimmung* = 75,8 %, *SD* = 1,22, *IQR* = 1). Für das *NinU*-Schema deuten die Ergebnisse darauf hin, dass es aus Sicht der befragten Expert*innen hilfreich für die Reduktion der Komplexität des Forschungsfeldes ist (Runde 3: *Zustimmung* = 51,7 %, *SD* = 1,07, *IQR* = 1) und dass es einen theoretischen Rahmen für die Planung von Forschungsprojekten zu inU liefern kann (Runde 2: *Zustimmung* = 61,5 %, *SD* = 0,93, *IQR* = 1).

Die Ergebnisse liefern erste Einblick in die Herausforderungen bei der Beforschung des Feldes des inU und der Möglichkeit diesen mit Hilfe des *NinU*-Schemas zu begegnen. Perspektivisch gilt es, die Ergebnisse detaillierter zu analysieren, um konkrete Rückschlüsse zu den Herausforderungen, ihren Ursachen und einer möglichen Bewältigung dieser zu ziehen.

Literatur

- Abels, S. (2013). Differenzierung und Individualisierung – Individuelle Lernvoraussetzungen als Orientierung für die Unterrichtsplanung. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 135, 31–35.
- Booth, T., & Ainscow, M. (2016). *The index for inclusion: A guide to school development led by inclusive values* (Fourth edition). Cambridge: Index for Inclusion Network (IIN).
- Brauns, S., & Abels, S. (2020). *The Framework for Inclusive Science Education*. Inclusive Science Education, Working Paper, 1/2020, 1–126.
- de Carvalho, R. (2016). Science Initial Teacher Education and Superdiversity: Educating Science Teachers for a Multi-Religious and Globalised Science Classroom. *Cultural Studies of Science Education*, 11(2), 253–272.
- Florian, L. (2014). What counts as evidence of inclusive education? *European Journal of Special Needs Education*, 29(3), 286–294. <https://doi.org/10.1080/08856257.2014.933551>
- Florian, L., & Spratt, J. (2013). Enacting inclusion: a framework for interrogating inclusive practice. *European Journal of Special Needs Education*, 28, 119–135. <https://doi.org/10.1080/08856257.2013.778111>
- Giannarou, L., & Zervas, E. (2014). Using Delphi technique to build consensus in practice. *Int. Journal of Business Science and Applied Management*, 9(2), 65–82.
- Habibi, A., Sarafrazi, A., & Izadyar, S. (2014). Delphi Technique Theoretical Framework in Qualitative Research. *The International Journal Of Engineering And Science (IJES)*, 3(4), 8–13.
- Häder, M., & Häder, S. (1995). Delphi und Kognitionspsychologie: Ein Zugang zur theoretischen Fundierung der Delphi-Methode. *ZUMA Nachrichten*, 19(37), 8–34.
- Kallia, M., van Borkulo, S. P., Drijvers, P., Barendsen, E., & Tolboom, J. (2021). Characterising computational thinking in mathematics education: A literature-informed Delphi study. *Research in Mathematics Education*, 23(2), 159–187. <https://doi.org/10.1080/14794802.2020.1852104>
- Nienaber, A.-K., & Melle, I. (2017). Lernstandsdiagnostik in inklusiven Klassen. Anregungen durch das Universal Design for Assessment. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 162, 32–35.
- Mastropieri, M. A., & Scruggs, T. E. (2014). *The inclusive classroom: Strategies for effective differentiated instruction* (Fifth edition). Boston: Pearson.
- Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken* (12., überarbeitete Auflage). Weinheim, Basel: Beltz Verlag.
- McKenna, H. P. (1994). The Delphi technique: A worthwhile research approach for nursing? *Journal of Advanced Nursing*, 19(6), 1221–1225. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2648.1994.tb01207.x>
- Schlüter, A.-K. (2018). *Professionalisierung Angehender Chemielehrkräfte Für einen Gemeinsamen Unterricht*. Berlin: Logos Verlag.
- Schlüter, A.-K., & Melle, I. (2017). Luft ist komprimierbar. Beispiele für die Umsetzung des Universal Design for Learning. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 162, 36–39.
- Stinken-Rösner, L., Rott, L., Hoffmann, T., Menthe, J., Abels, S., Baumann, T., Hundertmark, S., & Nehring, A. (2020). Thinking Inclusive Science Education from two Perspectives: Inclusive Pedagogy and Science Education. *Research in Subject-matter Teaching and Learning (RISTAL)*, 3, 30–45.
- Vernon, W. (2009). The Delphi technique: A review. *International Journal of Therapy and Rehabilitation*, 16(2), 69–76. <https://doi.org/10.12968/ijtr.2009.16.2.38892>

Das didaktische Pendel im inklusiven Nawi-Unterricht: Betrachtungen

Vorüberlegungen

In Schule werden Aspekte der Wirklichkeit mit und unter Lernenden verhandelt. Lehrkräfte gestalten diesen Prozess. Perspektiven kritischer Bildung (Bernhard, 2014) sowie Gütekriterien subjektorientierten inklusiven Unterrichts (Feuser, 1989; Ziemer, 2018) lassen vermuten, dass tradierte Lehr-Lerninteraktionen zu häufig exklusiv aus der Objektperspektive angedacht werden. Das *didaktische Pendel* (Milker & Steffens, i.V.) soll als Denkinstrument das dialektische Verhältnis von Subjekt und Objekt in Schule verdeutlichen und beim Planen wie Evaluieren von Unterricht unterstützen, beide Perspektiven in einem iterativen, *schwingenden* Prozess auszugleichen. Damit steht das didaktische Pendel in der Tradition kulturhistorischer Schule (Jantzen, 2019; Vygotskij, 1992) und entwicklungslogischer Didaktik nach Leitsatz eines ganzheitlichen Menschenbildes (Lanwer, 2006). Klafkis kategoriale Bildung (1964) ist dabei in der Ideengeschichte der Analyse o.g. Dialektik in seiner Relevanz hervorzuheben.

Das didaktische Pendel zwischen Subjekt und Objekt

Subjektorientierung basiert auf vier Leitsätzen (Milker & Steffens, i.V.). Lernen muss dabei:

- die Zone der nächsten Entwicklung (Vygotskij, 1992), adressieren – also den Möglichkeitsraum (Feuser, 2013), bei dem Kinder mit Entwicklungspartner*innen etwas können, was sie alleine noch nicht können. Einen humanistischen Bildungsbegriff vernachlässigend, arbeitet Schule zu häufig durch Lehrplanvorgaben, Prüfungsdruck und wiederholtes Abfragen bereits interiorisierter Lerninhalte in der Zone der übernächsten bzw. Zone der aktuellen (Ziemer, 2018) Entwicklung.
- auf Bindungsstrukturen und Beziehung bauen. Die Relevanz von bindungsbasiertem resonanten Dialogen lässt sich besonders an frühkindlicher Entwicklung verdeutlichen, da die sonst auftretende Isolation schwerwiegende Folgen auf die biopsychosoziale Entwicklung des Individuums hat (Steffens 2019). Bindung ist dabei der dialogisch entstandene Raum von Bestätigung, Sicherheit und Vertrautheit (Lanwer, 2006) und unterstützt die Emotionsregulation (vgl. Kap. 2.3 in Steffens, 2020). An der deutschen Schulkultur lässt sich erkennen, dass Bindungsaspekte eher auf den familiären Verantwortungsbereich delegiert werden (Reich, 2020), obgleich Schule nachhaltige Lernprozesse nur initiieren kann, wenn sie Lernenden ein bindungsgeladenes Umfeld schafft (Milker & Steffens, i.V.).
- Dialog und Kooperation voraussetzen, wobei sich letztere nur an einer Sachstruktur orientieren kann (Jugel & Steffens, 2019).
- nicht nur auf gesellschaftliche Bedeutung von Wirklichkeitsaspekten verweisen, sondern die individuelle Entfaltung von Sinnstrukturen ermöglichen, sodass eine subjektive Bedürfnisrelevanz entsteht (Lanwer, 2006, S. 50f.). Das Individuum kann die Bedeutung des Lerngegenstandes kennen (z.B. technisch-industrielle Relevanz des Hochofenprozesses für gesellschaftlichen Entwicklungsstand) und muss trotzdem für sich keinen Sinn hinter der Auseinandersetzung mit dem Objekt erkennen (Milker & Steffens, i.V.).

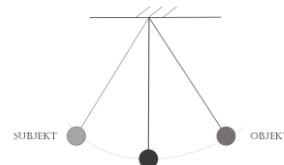
Die *Objektperspektive* gebietet eine Standortbestimmung bzgl. der Relevanz sachbezogenen Wissens für Individuum und Gesellschaft. So definiert den Menschen das Wechselspiel aus Kultur und Natur, Veranlagung und Umwelt: „Als Naturwesen werden wir Menschen nicht zum Menschen, da uns unser Menschsein als Mensch nicht von Natur aus gegeben ist“ (Lanwer, 2014, S. 77). Menschliche Entwicklung basiert demnach nicht nur auf persönlichen Erfahrungen, sondern wird auch über kulturhistorische Aspekte über andere Menschen entfaltet (Steffens, 2020, S. 86). Zivilisation ist auf die Vermittlung nicht vererbbares Wissen angewiesen. Das nicht nur rein utilitaristische Gebot nach einem Recht auf Teilhabe *aller* an kulturhistorischem Wissen, sondern auch humanistisch geprägte Verständnis von der Relevanz des Lernens im Kontext individueller Selbstentfaltung prägte Humboldt zumindest theoretisch mit seinem Bildungsbegriff.

Die Notwendigkeit von Schule für Bestand und Entwicklung der Gesellschaft führte zur ihrer Institutionalisierung. Das heißt, dass über das intersubjektive Ordnung und Regeln der Institution entstehen, die weitergetragen werden und für außenstehende Individuen als objektive Realität erscheinen (Berger & Luckmann, 2000; vgl. Milker & Steffens, i.V.). Historisch gewachsene tradierte Normen, die schnell als gesetzt und sinnvoll, da schließlich über die Jahre unverändert geblieben, erscheinen, finden sich vielzählig in Schule. Die Sozialform ist noch immer primär auf Frontalunterricht beschränkt (Götz et al., 2005, S. 350), Raumausstattungen und Sitzordnungen diktiert sie oft vorgeschaltet. Die 45-minütige Unterrichtsstunde wurde 1911 eingeführt, ohne dass die Entscheidung auf didaktischen Begründungsmustern beruhte (Wackermann & Hater, 2016, S. 2).

Schule obliegt als Institution u.a. der Erziehungs- und Bildungsauftrag. Ersterer ermöglicht das Fortführen und die Neuproduktion von Gesellschaft (Bernhard, 2014, S. 30), letzterer hingegen soll das rationale Subjektdenken entfalten und als Grundlage seines Handelns dienen (ebd., S. 53). Lehrpläne sollen diese Prozesse über Fächerauswahlen, Stundenzuweisungen und Inhaltsauswahl steuern. Diese bilden freilich nur bedingt eine der Wirklichkeit innewohnende Sachlogik ab, sondern sind von diversen gesellschaftlichen Referenzsystemen (Criblez & Manz, 2015, S. 205) abhängig. Wenn Schule unflexibel und in ihrem Handeln kaum auf die Lernenden synchronisiert wirkt, so lässt sich dies sicher mit Fends (2008) Funktionen von Schule begründen, bei denen der Gesellschaftsauftrag von Schule verdeutlicht wird. Zu enkultrierende Inhalte einer Gesellschaft wirken dabei z.B. eher starr und entbehren der Mitsprache von Individuen. Zusätzlich gebietet die Ökonomisierung von Bildung, also die Effektivierung der Ressourcen, Minimierung der Verweildauern und Spezialisierung der Wissensgesellschaft, dass die Objektperspektive in Schule Dominanz beweist.

Nachdem die Legitimation beider unterrichtlicher Bezugspunkte (Subjekt, Objekt) für Inklusion, Gesellschaft und Entwicklung nachgewiesen wurde, bedarf es praktischer Denkhilfen, die Dialektik zwischen Subjekt und Objekt zu verdeutlichen und für die Relevanz des Bedienens beider Seiten zu sensibilisieren.

Das *didaktische Pendel* (Milker & Steffens, i.V.) stellt das oben dargestellte Wirkgemenge dar. Jeder Planungsschritt und unterrichtliche Moment tendiert stets zu einer Seite. Das Pendel verdeutlicht, dass inklusiver Unterricht nur gelingen kann, wenn die Lehr-Lernangebote gleichmäßig zwischen den beiden Polen *umherschwingen*. Schwingt das Pendel zum Subjekt, werden die individuellen Bedürfnisse der Lernenden adressiert,



verstehend analysiert (Langner & Jugel, 2019) und individualisiert didaktisiert (Milker, 2020). Lehr-Lernangebote werden de-standardisiert und de-institutionalisiert, was zu einem demokratischen, bindungsgeladenen und kooperativ-individualisierten Unterricht führt. Objektschläge des Pendels kalibrieren die Lernumgebung auf Errungenschaften und Notwendigkeiten kulturhistorischen Erbes. Der institutionalisierten Funktionalisierung von Schule wird durch Rahmenlehrpläne, Basiskonzepte, Tests usw. Rechnung getragen.

Nur ein schwingendes Pendel vermag Ansprüche inklusiven Unterrichts zu erfüllen. Wenngleich sich Schule institutionsbedingt an der Objektperspektive orientiert, findet auch in tradiertem Unterricht eine Pendelbewegung statt. Erstarre Pendel defunktionalisieren Schule: Hängt es beim Subjekt, werden Individuen wesentliche Zugänge zu kulturhistorischem Erbe verwehrt, die bedingungslos freie Betätigung der Lernenden ohne Rekurs zu kulturhistorischen Referenzpunkten kann Gesellschaft weder funktional noch entwicklungsbereit halten und ließe sich als Dekulturation betrachten. Beim Objekt erstarren Pendel verkommt Unterricht durch Verzicht auf Bedürfniserfüllung zu einem Macht- oder gar Herrschaftsinstrument (Milker & Steffens, i.V.).

Da domänenspezifische Perspektiven maßgeblich den Aushandlungsprozess manipulieren können, was Prämisse aller Fachdidaktiken sein muss, lohnt sich eine Analyse des Pendels im Kontext der *Nawi-Bildung*. Folglich verbietet das Experiment als methodischer Kern der Erkenntnisgewinnung ein beim Subjekt hängendes Pendel: Hier ist kulturhistorisches Wissen sicherheitsbestimmend. Völlig freies Experimentieren würde Subjekte sicherlich ansprechen, doch wäre es fahrlässig, kulturhistorisch geerbtes Wissen z.B. über explosionsartige Reaktionen oder toxisch, kanzerogene Stoffe auszublenden. Die freie interessengeleitete Themenwahl der Lernenden mag Verständnisbarrieren beinhalten, weil sie die inhärente Sachlogik des Gegenstands ignoriert, also relevantes Vorwissen überspringt. Lässt man Lernende Phänomene selbstständig ihre Erkläransätze (ko-)konstruieren, könnte man alternative Theorien kaum kontrollieren, die dem rationalen Leitbild von Schule und Wissenschaft evtl. diametral widersprechen könnten (Animismus, Verschwörungstheorien o.ä.). Ohne Lehrende, die thematische und motivationale Impulse setzen, sehen sich Lernende außerdem alleine mit ihren Vorkonzepten konfrontiert. Rollenerwartungen, Genderstereotype und popkulturelle, unkonkrete Fachvorstellungen könnten nicht aufgefangen werden. Auf der anderen Seite verleitet die Nawi-Objektstruktur evtl. dazu, beruflich-industrielle Perspektiven der Fächer überzubetonen. Ebenso wie die asynchrone Kontextauswahl, die an den Lernenden vorbeigeht und nur der Sachlogik entspricht (z.B. Rohrreiniger beim Thema Basen) verhindert dies Sinnentfaltung bei Lernenden (Milker & Niethammer, i.V.). Wird Unterricht auf Grund fehlender Sensibilisierung für Hürden der Fachsprache für Lernende unverständlich, verdeutlicht dies ebenfalls eine zu starke Objektorientierung.

Ausblick

Die Allegorie des Pendels gehört weiter theoretisch diskutiert, bietet aber auch Potentiale für die Praxis. Lehrkräfte können für ihre Rolle innerhalb der Dialektik sensibilisiert werden. Unterricht könnte zielgerichteter geplant, evaluiert und diskutiert werden. Letztlich sehe ich auch ein Potential für die empirische didaktische Forschung, da m.H. des Pendels Forschungsskizzen geprüft werden können. Manche Interventionen werden m.E. niemals die erhofften Resultate erzielen, da sie exklusiv aus der Objektperspektive konzipiert wurden (z.B. Vermittlungsoptimierung) und die ganzheitlichen Bedürfnisse der Lernenden ausblenden.

Literatur

- Berger, P. L. & Luckmann, T. (2000). *Die gesellschaftliche Konstruktion der Wirklichkeit. Eine Theorie der Wissenssoziologie* (17. Aufl.). Frankfurt a. M.: Fischer Taschenbuch Verl.
- Bernhard, A. (2014). *Pädagogisches Denken: Einführung in allgemeine Grundlagen der Erziehungs- und Bildungswissenschaft* (6. Aufl.). Pädagogik und Politik: Bd. 1. Schneider Hohengehren
- Criblez, L. & Manz, K. (2015). Schulfächer: Die konstituierenden Referenzgrößen der Fachdidaktiken im Wandel. *Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung*, 33(2), 200–214
- Fend, H. (2008). *Neue Theorie der Schule: Einführung in das Verstehen von Bildungssystemen* (2., durchgesehene Auflage). VS Verlag für Sozialwissenschaften
- Feuser, G. (1989). Allgemeine integrative Pädagogik und entwicklungslogische Didaktik. *BEHINDERTENPÄDAGOGIK*, 28. Jg., Hef 1/1989, Seite 4-48., 28(1), 4–48
- Feuser, G. (2013). Die „Kooperation am Gemeinsamen Gegenstand“ – ein Entwicklung induzierendes Lernen. In: G. Feuser & J. Kutscher (Eds.): *Entwicklung und Lernen*. Stuttgart.: Kohlhammer Verlag, 282–293
- Götz, T., Lohrmann, K., Ganser, B. & Haag, L. (2005). Einsatz von Unterrichtsmethoden - Konstanz oder Wandel? *Empirische Pädagogik*, 19(4), 342–360
- Jantzen, W. (2019). Behindertenpädagogik als synthetische Humanwissenschaft: Sozialwissenschaftliche und methodologische Erkundungen. *Dialektik der Be-Hinderung*. Psychosozial-Verlag. <https://doi.org/10.30820/9783837974812>
- Jugel, D. & Steffens, J. (2019). Didaktische Leitgedanken für die Entwicklung inklusiver Lernumgebungen. In A. Langner, M. Ritter, J. Steffens & D. Jugel (Eds.), *Inklusive Bildung forschend entdecken: Das Konzept der kooperativen Lehrer*innenbildung* (S. 77–112). Springer VS. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-25515-2> (05.10.2022)
- Klafki, W. (1964). *Das pädagogische Problem des Elementaren und die Theorie der kategorialen Bildung* (4. Aufl.). Julius Beltz
- Langner, A. & Jugel, D. (2019). Ohne Verstehen kein pädagogisches Handeln - Diagnostik im Kontext von Inklusion. In A. Langner, M. Ritter, J. Steffens & D. Jugel (Eds.), *Inklusive Bildung forschend entdecken: Das Konzept der kooperativen Lehrer*innenbildung* (S. 133–150). Springer VS. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-25515-2> (05.10.2022)
- Lanwer, W. (2006). *Diagnostik: Methoden in Heilpädagogik und Heilerziehungspflege* (1. Aufl.). Methoden in Heilpädagogik und Heilerziehungspflege. Bildungsverl. EINS
- Lanwer, W. (2014). Philosophisch-anthropologische Perspektiven auf Bildung für alle. In W. Lanwer & V. Affeln-Altert (Eds.), *edition psychosozial. Bildung für alle: Beiträge zu einem gesellschaftlichen Schlüsselproblem; für Peter Rödler zum 60. Geburtstag* (S. 57–86). Psychosozial-Verl.
- Milker, C. (2020). Förderung der diagnostischen Kompetenz in der Lehrer*innenbildung. In S. Habig (Eds.), *Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen: Tagungsband Jahrestagung in Wien 2019* (S. 274–277). Universität Duisburg-Essen. https://gdcp-ev.de/?page_id=3368 (05.10.2022)
- Milker, C. & Niethammer, M. (i.V.): Chemie und Teilhabe. Fachbezogene Perspektiven auf Inklusion im und durch Schulunterricht. In SING (Eds.), *Studienbuch des Projekts „Schule inklusiv gestalten (SING)“*, o.A.
- Milker, C. & Steffens, Jan (i.V.): Das didaktische Pendel. Sinnbildung im Unterricht als Spannungsfeld zwischen Subjekt- und Objektorientierung. In SING (Eds.), *Studienbuch des Projekts „Schule inklusiv gestalten (SING)“*, o.A.
- Reich, K. (2020). Inhalte oder Beziehungen? – Überlegungen zu einer inhaltsdominanten deutschen Schulkultur. *Zeitschrift für Inklusion* (1). <https://www.inklusion-online.net/index.php/inklusion-online/article/view/557> (05.10.2022)
- Steffens, J. (2020). *Intersubjektivität, soziale Exklusion und das Problem der Grenze: Zur Dialektik von Individuum und Gesellschaft. Dialektik der Be-Hinderung*. Psychosozial-Verl.
- Vygotskij, L. (1992). *Geschichte der höheren psychischen Funktionen. Fortschritte der Psychologie*: Bd. 5. Lit.
- Wackermann, R. & Hater, J. (2016). Der Einfluss der Stundenlänge (45 vs. 60 Minuten) auf ausgewählte Aspekte der Unterrichtsqualität im Physikunterricht am Gymnasium. *Perspectives in Science*, 10, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.pisc.2015.12.009>
- Ziemen, K. (2018). *Didaktik und Inklusion* (1st ed.). Vandenhoeck & Ruprecht

Simone Abels¹
 Sybille Hüfner¹

¹Leuphana Universität Lüneburg

Kontexte zur Professionalisierung für inklusiven Nawi-Unterricht

Relevante und anregende Kontexte können als Ausgangspunkt für die Planung, Analyse und Reflexion inklusiven Nawi-Unterrichts genutzt werden (Stinken-Rösner et al., 2020). Welches Kontextverständnis Studierende mitbringen und wie sich ein für inklusiven Nawi-Unterricht anschlussfähiges Verstehen fördern lässt, sind die Fragen der vorliegenden Studie. Hierzu wurden Unterrichtsentwürfe mittels inhaltlicher Strukturierung mit deduktiver Anwendung eines Kategoriensystems (Kuckartz, 2016) ausgewertet. In den Ergebnissen zeigt sich, dass die Studierenden ein eher eindimensionales Kontextverständnis aufweisen. Die Relevanz von Kontexten wird von den Studierenden vorwiegend auf individueller Ebene der Lernenden und hier über Alltagsbezüge hergestellt. Barrieren des Kontextes, die einer Partizipation aller Schüler*innen entgegenstehen, werden zu einem großen Teil in den Schüler*innen selbst verortet.

Theoretischer Hintergrund

Angelehnt an die Kompetenzdefinition von Weinert (2001, S. 27f.) dient nach unserem Verständnis ein Kontext dazu, bei möglichst allen Schüler*innen durch vielfältige Zugänge motivationale, volitionale und soziale Bereitschaften zum Kompetenzerwerb zu schaffen, um bestimmte Probleme zu lösen. Darüber hinaus bietet der Kontext variable Situationen, in denen die Problemlösungen erfolgreich und eigenverantwortlich genutzt werden können. Demzufolge wird durch die Auswahl eines geeigneten, für die Schüler*innen relevanten und anregenden Kontextes ermöglicht, den Lerngegenstand zugänglich für die Lernenden zu machen. In einem inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht, der möglichst allen Schüler*innen diese Zugänge ermöglichen soll, kommt der Ausgestaltung des Kontextes eine besondere Bedeutung zu. Das Unterstützungsraster zur Planung und Reflexion inklusiven Naturwissenschaftlichen Unterrichts des Netzwerks inklusiver naturwissenschaftlicher Unterricht (NinU) geht dementsprechend im ersten Knotenpunkt u. a. von der Frage aus, welche naturwissenschaftlichen Kontexte für alle Lernenden anregend und relevant sind (Ferreira González et al., 2021).

Aus diesen Vorüberlegungen ergibt sich für die Lehrkräfteprofessionalisierung die Frage, wie Studierende eines naturwissenschaftlichen Unterrichtsfaches dabei unterstützt werden können, anregende und relevante Kontexte zu identifizieren, die möglichst für alle Schüler*innen Zugänge bieten können. Hierzu muss zunächst geklärt werden, was wir als Autorinnen unter Relevanz von Kontexten verstehen und welchem Kontextverständnis wir folgen.

Nach Stuckey et al. (2013) kann in der Naturwissenschaftsdidaktik zwischen verschiedenen Ebenen von Relevanz unterschieden werden. Ein naturwissenschaftlicher Lerngegenstand kann demnach für die Lernenden individuell relevant sein, eine berufliche Relevanz besitzen oder in einem noch größeren Rahmen auf gesellschaftlicher Ebene relevant sein. Diese Relevanz kann sowohl auf die Gegenwart als auch auf die Zukunft bezogen sein. Nach van Vorst et al. (2015) können Kontexte bestimmte Merkmale aufweisen, die über ihre Relevanz

aus Perspektive der Lernenden entscheiden: Authentizität, Aktualität, Besonderheit und Alltagsbezug.

Um angehende Lehrkräfte zu befähigen relevante Kontexte auszuwählen, ist es neben der Art der Relevanz genauso wichtig, zu wissen, welche Kontextverständnisse in der Literatur zu finden sind. Kontexte werden in der naturwissenschaftsdidaktischen Literatur sehr unterschiedlich verstanden und betonen jeweils unterschiedliche Facetten unterschiedlich stark (Weirauch, Hüfner, Abels & Menthe, 2022). Für die Lehrkräfteprofessionalisierung sind die Aspekte ‚Kontext als Thema‘ vs. ‚Kontext als Inhalt‘ sowie ‚Kontext als Praxis‘, ‚Kontext als Problem / Anwendung‘ und ‚Kontext als Frage‘ besonders wichtig. Entlang des NinU Unterstützungsrasters (s.o.) sollten Studierende eher von einem naturwissenschaftlichen Thema als von einem fachwissenschaftlichen Inhalt aus planen und ihren Kontext davon ausgehend als Praxis, Problem und/oder Frage formulieren und daran in der Unterrichtseinheit konsequent weiterarbeiten.

Zur Planung eines inklusiven Unterrichtes sind außerdem die Barrieren zu beachten, die der jeweilige Kontext mit sich bringt und die es zu überwinden gilt (Ferreira González et al., 2021). Nach Krönig (2015), lassen sich die Barrieren dabei in der Umwelt, in der Kommunikation und Interaktion, in den Funktionssystemen und im Selbst verorten. In Bezug auf Kontexte bedeutet dies, dass Umweltbarrieren im gegebenen Erfahrungsraum und der Lernumgebung liegen können, Barrieren der Kommunikation und Interaktion insbesondere in der Fachsprache oder abstrakten Modellen, Barrieren der Funktionssysteme in fehlendem Zugang zu Kontexten und Erfahrungsräumen aufgrund von Kosten oder rechtlichen Beschränkungen und Barrieren im Selbst in individuellen Schüler*innenvorstellungen und affektiven Barrieren (Stinken-Rösner & Abels, 2021).

Forschungsfragen, -feld und -methoden

Um unser Ziel der Lehrkräfteprofessionalisierung hinsichtlich der Planung kontextorientierten inklusiven Naturwissenschaftsunterrichtes zu erreichen, arbeiten wir in einem multiprofessionellen Entwicklungsteam aus Studierenden, Fachdidaktiker*innen, Studienseminarleitung, Fachlehrkräften, Personen aus Schulleitungen, und einem Fachberater der Schulbehörde zusammen. Im Team werden Interventionen erarbeitet, die dann von Fachdidaktikerinnen durchgeführt und beforscht werden.

Um die Interventionen empirisch gestützt weiter entwickeln zu können, stellen sich folgende Forschungsfragen:

- Welchem Kontextverständnis folgen die Studierenden vor und nach der Intervention?
- Womit erklären oder begründen die Studierenden, ob ein Kontext für die Schüler*innen anregend und relevant ist?
- Welche Arten von kontextimmanenten Barrieren benennen die Studierenden?

Die für diese Studie analysierten Unterrichtsentwürfe stammen aus einem naturwissenschaftsdidaktischen Modul im Bachelorstudium der Leuphana Universität Lüneburg, das sowohl Studierende der Sekundarstufe I mit den Fächern Chemie und/oder Biologie besuchen als auch Studierende des Lehramtes für die Grundschule mit dem Fach Sachunterricht Schwerpunkt Naturwissenschaften. Die im oben beschriebenen Team entwickelte Intervention hatte den Umfang von einer Vorlesungs- und einer Seminarsitzung. Die Unterrichtsentwürfe wurden in Gruppen erarbeitet, sodass insgesamt 15

Unterrichtsentwürfe entstanden sind, die alle in die Analyse mit einbezogen wurden. Den Unterrichtsentwürfen zu Grunde liegt eine von der Arbeitsgruppe Didaktik der Naturwissenschaften an der Leuphana entwickelte Vorlage zur Unterrichtsplanung, die die Studierenden explizit zur Verortung des Kontextes, der Begründung der Relevanz des Kontextes und der Benennung der Barrieren des Kontextes, die nicht im Selbst zu verorten sind, auffordert.

Die Analyse folgte im Vorgehen einer inhaltlichen Strukturierung mit Anwendung deduktiver Kategorien (Kuckartz, 2016). Den Kategorien zum Kontextverständnis wurden die Kategorien, die die Ebene der Unterrichtsplanung adressieren aus Weirauch et al. (2021) zu Grunde gelegt. Im Laufe der Auswertung wurden zwei weitere Kategorien induktiv ergänzt, die erfassen, ob das jeweilige Kontextverständnis explizit benannt wurde oder implizit zum Ausdruck kam. Zur Kategorisierung der von den Studierenden herangezogenen Relevanz wurden die oben beschriebenen Ebenen von Stuckey et al. (2013) und die Merkmale relevanter Kontexte von van Vorst et al. (2015) herangezogen. Die Kategorisierung der beschriebenen Barrieren erfolgte nach der erweiterten Beschreibung der Kategorien von Krönig (2015; Stinken-Rösner & Abels, 2021).

Ergebnisse

Im überwiegenden Teil der Unterrichtsentwürfe lassen sich implizite und explizite Kategorien eines Kontextverständnisses finden. Lediglich in zwei Entwürfen fehlt eine Einordnung des zu Grunde liegenden Kontextverständnisses. Trotz expliziter Aufforderung explizieren nur sechs Gruppen ihr Kontextverständnis, wohingegen sich in elf Gruppen implizit Kategorien eines Kontextverständnisses zuordnen lassen. Nur zwei Gruppen nennen explizit mehrere Kategorien eines Kontextverständnisses, auf die sie sich beziehen.

Die Relevanz der von den Studierenden gewählten und beschriebenen Kontexte wird von den Studierenden überwiegend über Alltagsbezüge hergestellt. Hierzu passt, dass die Relevanz überwiegend auf der individuellen Ebene adressiert wird. In einem weitaus geringeren Umfang wird auch gesellschaftliche Relevanz adressiert, wohingegen in keinem der Unterrichtsentwürfe berufliche Relevanz thematisiert wird.

Trotz anderslautender Aufgabe werden sehr viele der Barrieren im Selbst verortet, ein Teil in der Umwelt und kaum Barrieren im Bereich Kommunikation.

Diskussion und Ausblick

Die Studierenden nutzen ein eindimensionales Konstrukt von Kontexten und bekommen so die Komplexität kontextorientierten Nawi-Unterrichts nicht in den Blick. In der Lehre ist mit ihnen an einem mehrdimensionalen Kontextverständnis zu arbeiten, das über die gesamte Unterrichtseinheit trägt und nicht nur die Auswahl oder den Einstieg ermöglicht. Entlang von exemplarischen Textbausteinen aus den Unterrichtsentwürfen werden wir den Studierenden aufzeigen, in welcher Kategorie sie die Barrieren verortet haben. Die Studierenden werden die Aufgabe bekommen, Barrieren, die dem Selbst zugeschrieben wurden, in der Umwelt und im Bereich Kommunikation zu verorten, um hier einen Perspektivwechsel zu vollziehen, der einer inklusiven Unterrichtsgestaltung Rechnung trägt. Die Vorstellung, dass ein Lebensweltbezug immer einen individuellen Alltagsbezug meint, überlagert das Entwickeln anderer Ideen, wie Lehrpersonen für Schüler*innen Relevanz herstellen könnten.

Literatur

- Ferreira-González, L., Fühner, L., Sührig, L., Weck, H., Weirauch, K., & Abels, S. (2021). Ein Unterstützungsraster zur Planung und Reflexion inklusiven naturwissenschaftlichen Unterrichts. In S. Hundertmark, X. Sun, S. Abels, A. Nehring, R. Schildknecht, V. Seremet, & C. Lindmeier (Hrsg.), *Naturwissenschaftsdidaktik und Inklusion. Sonderpädagogische Förderung heute* (S. 191-214). Beltz.
- Krönig, F. K. (2015). Barrieren zwischen Freiheit und Faktizität – Eine phänomenologische und differenztheoretische Annäherung an einen inklusionspädagogischen Schlüsselbegriff. In I. Schell (Hrsg.), *Herausforderung Inklusion. Theoriebildung und Praxis* (S. 40–50). Klinkhardt.
- Stinken-Rösner, L., Rott, L., Hundertmark, S., Baumann, T., Menthe, J., Hoffmann, T., Nehring, A., & Abels, S. (2020). Thinking Inclusive Science Education from two Perspectives: inclusive Pedagogy and Science Education. *RISTAL. Research in Subject-matter Teaching and Learning*, 3, 30–45. <https://doi.org/10.23770/rt1831>
- Stinken-Rösner, L. & Abels, S. (2021). Digitale Medien als Mittler im Spannungsfeld zwischen naturwissenschaftlichem Unterricht und inklusiver Pädagogik. In S. Hundertmark, X. Sun, S. Abels, A. Nehring, R. Schildknecht, V. Seremet, & C. Lindmeier (Hrsg.), *Naturwissenschaftsdidaktik und Inklusion. Sonderpädagogische Förderung heute* (S. 161-175). Beltz.
- Stuckey, M., Hofstein, A., Mamlok-Naaman, R., & Eilks, I. (2013). The meaning of „relevance“ in science education and its implications for the science curriculum. *Studies in Science Education*, 49(1), 1–34. <https://doi.org/10.1080/03057267.2013.802463>
- van Vorst, H., Dorschu, A., Fechner, S., Kauertz, A., Krabbe, H., & Sumfleth, E. (2015). Charakterisierung und Strukturierung von Kontexten im naturwissenschaftlichen Unterricht – Vorschlag einer theoretischen Modellierung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 21(1), 29–39. <https://doi.org/10.1007/s40573-014-0021-5>
- Weinert, F. E. (Hrsg., 2001). *Leistungsmessungen in Schulen*. Beltz
- Weirauch, K., Hüfner, S., Abels, S. & Menthe, J. (2022). Welches Kontextverständnis braucht der inklusive Nawi-Unterricht? In S. Habig (Hrsg.), *Unsicherheit als Element von naturwissenschaftsbezogenen Bildungsprozessen: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik online Jahrestagung 2021* (S. 356–359). Universität Duisburg-Essen.

Corinna Mönch¹
Silvija Markic²

¹Pädagogische Hochschule Ludwigsburg
²Ludwig-Maximilians-Universität München

Das Pedagogical Scientific Language Knowledge von Chemielehrkräften

Die Fachsprache der Chemie – das *Chemish* (Markic & Childs, 2016) – ist essenziell zum Lehren und Lernen chemischer Inhalte, denn nach Postman und Weingartner (1972) ist alles Wissen an Sprache gebunden. Somit wird das Wissen eines Faches erst zugänglich, wenn auch die Sprache des Faches beherrscht wird. Gleichzeitig stellt die Fachsprache allerdings vielfältige Herausforderungen für Schüler*innen dar (Quílez, 2019), die Lehrkräfte sollten im Chemieunterricht deshalb als *linguistic guides* (Laszlo, 2013) fungieren. Dafür brauchen Chemielehrkräfte eine spezielle Art von Professionswissen: Pedagogical Scientific Language Knowledge (PSLK) (Markic, 2017). Dieses ist definiert als „knowledge of scientific language related to teaching and learning chemistry, focusing on different scientific topics and contexts“ (Markic, 2017, S. 181). Allerdings wurde bspw. von Carrier und Grifenhagen (2020), Sagiannis und Dimopoulos (2018) und Mönch und Markic (2022a) gezeigt, dass (angehende) Lehrkräfte nur über mangelhaftes Wissen über die Fachsprache verfügen.

Durch ein Systematic Review konnte das PSLK von Naturwissenschaftslehrkräften systematisiert und somit für die Lehrkräfteausbildung handhabbar gemacht werden. Folgende Elemente konnten identifiziert werden: das Wissen über (i) fachsprachliche Vorbilder, (ii) Methoden und Werkzeuge, (iii) das Anbieten einer diskursiven Umgebung, (iv) das klare Kommunizieren von Erwartungen, (v) Scaffolds für das Lernen der Fachsprache, (vi) Ressourcen und Repräsentationen, (vii) das Explizieren der Fachsprache und (viii) die Entwicklung des Konzepts vor der Fachsprache (Begriffsbildung) (Mönch & Markic, 2022b). Da die Veröffentlichungen, auf denen das Systematic Review basiert, hauptsächlich Fallstudien beschreiben und es den Kategorien an inhaltlicher Tiefe fehlte, wurde das PSLK von Chemielehrkräften anhand einer Interviewstudie näher untersucht.

Methodik

Zu diesem Zweck wurden halbstrukturierte Interviews mit Chemielehrkräften geführt, die in zwei Teile gegliedert sind: der erste narrative Teil soll die Lehrkräfte zum Erzählen über ihr eigenes Unterrichten von Fachsprache anregen, der zweite Teil ist durch offene Fragen strukturiert, die von den Content Representations nach Loughran et al. (2006) zur Systematisierung des Pedagogical Content Knowledge abgeleitet sind und an den Kontext des Unterrichts von Fachsprache adaptiert wurden. Durch Einschränkungen im Zuge der Corona-Pandemie wurde die Interviews im Sommer 2021 online durchgeführt und aufgezeichnet. Die Interviews wurden wörtlich transkribiert und Sprache sowie Interpunktion leicht geglättet (Kuckartz, 2018). Anschließend wurden die Interviews mithilfe induktiv-deduktiver Kategorienbildung (Kuckartz, 2018) mit Hilfe der Software MAXQDA ausgewertet.

Stichprobe

Interviewt wurden 19 Chemielehrkräften der Sekundarstufe I und II zwischen 27 und 55 Jahren und einer Lehrerefahrung zwischen zwei und 16 Jahren. Etwa zwei Drittel der Teilnehmenden

den waren weiblich. Die Lehrkräfte unterrichten in fünf verschiedenen Bundesländern in Deutschland.

Ergebnisse

Durch die Interviews konnte das Modell des Pedagogical Scientific Language Knowledge mit weiteren Inhalten gefüllt und weiterentwickelt werden (Abb. 1). In den Interviews wird deutlich, dass die *teacher professional knowledge bases* (Carlson & Daehler, 2019), die durch die Pfeile in Abbildung 1 dargestellt werden, einen großen Einfluss auf das PSLK haben. So ist bspw. das vertikale und horizontale curriculare Wissen der Lehrkraft entscheidend, wenn es

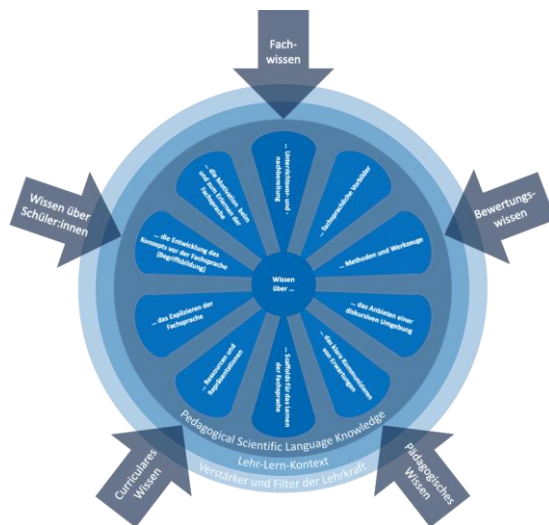


Abb. 1 Modell der Elemente, die PSLK bilden und beeinflussen

darum geht, die fachsprachlichen Anforderungen sowie wichtige Fachbegriffe zu identifizieren und deren Bedeutung gegenüber der Bedeutung in anderen Kontexten und Fächern abzugrenzen oder zu erweitern. Auch Wissen über häufige Schwierigkeiten der Schüler*innen hat einen Einfluss auf das Unterrichten der Fachsprache. Im Sinne des personal PCK (Carlson & Daehler, 2019) wird auch das PSLK der Lehrkräfte vom Lehr-Lern-Kontext beeinflusst. So ist das eigene Unterrichten der Fachsprache abhängig von der Vorarbeit der Kolleg*innen und deren Fachsprachgebrauch. Weiter ist beim Unterrichten von Fachsprache entscheidend, ob ein schulinternes Curriculum besteht,

in dem bestimmte Fachbegriffe, Definitionen oder weitere fachsprachliche Inhalte bereits konkret festgelegt sind und so umgesetzt werden müssen. Ob Chemisch beim Unterrichten und Planen von Unterricht überhaupt eine Rolle spielt, ist abhängig von den Verstärkern und Filtern der Lehrkraft und somit hauptsächlich von deren *Scientific Language Awareness* (Mönch & Markic, 2022b). Nur wenn Lehrkräfte bewusst den Fokus auf die Fachsprache legen, können sie sowohl den Fachsprachgebrauch der Schüler*innen als auch den eigenen überwachen und situationsabhängig anpassen.

Neben den bereits bestehenden Elementen kristallisierten sich zwei weitere Elemente als Teil des PSLK heraus, nämlich das Wissen (ix) über die Motivation beim und zum Erlernen der Fachsprache sowie (x) über Unterrichtsvor- und -nachbereitung (Abb. 1). Alle Elemente des PSLK sind abhängig von den *teacher professional knowledge bases*, beispielsweise ist das Wissen über die Unterrichtsvor- und -nachbereitung auch entscheidend abhängig vom Fachwissen und curricularen Wissen der Lehrkraft, dem Wissen über die Schüler*innen, der *Scientific Language Awareness* sowie dem Lehr-Lern-Kontext. Bezüglich der Unterrichtsvorbereitung ergibt sich aus den Interviews, dass Lehrkräfte die wichtigen, anschlussfähigen Fachbegriffe identifizieren und für sich selbst definieren sollten. So kann ein größeres Bewusstsein zu den verwendeten Fachbegriffen geschaffen werden. Neben Fachbegriffen, die es für eine

Stunde zu identifizieren gilt, müssen die Lehrkräfte sich auch über andere fachsprachliche Lernziele Gedanken machen, wie bspw. Das Formulieren von Reaktionsgleichungen oder das Schreiben von Protokollen. Auch bei der Vorbereitung des Materials müssen die Lehrkräfte auf die Fachsprache achten, insofern, als dass bereits bestehende Materialien auf den Fachsprachgebrauch hin geprüft werden müssen. Wenn es den Lehrkräften aus Zeitgründen nicht möglich ist, eigenes Material zu erstellen und sie deshalb Material verwenden müssen, das ggf. Fachbegriffe oder Definitionen beinhaltet, die die Lehrkräfte als problematisch ansehen, muss das mit den Schüler*innen offen thematisiert werden. Dadurch kann ebenfalls die Scientific Language Awareness der Schüler*innen geschärft werden.

Diskussion und Implikationen

In den Interviews zeigt sich, dass die Lehrkräfte, die durch ihre Ausbildung an der Universität oder dem Referendariat bereits für Fachsprache sensibilisiert waren, in ihrem eigenen Unterricht zunächst den Fokus auf andere Aspekte als auf die Fachsprache legen mussten, da der cognitive load zu Beginn ihrer Karriere zu hoch war, um zusätzlich auch Fachsprache berücksichtigen zu können. Daraus ergibt sich die Frage, ob ein stärkerer Fokus auf die Fachsprache während der Lehrkräfteausbildung das Denken über Fachsprache als zusätzliche Belastung bei der Unterrichtsplanung und -durchführung zu einem integrierten Aspekt machen kann, der automatisch mitgedacht wird. Wie sich durch die Interviews auch zeigt, ist, dass das Wissen über die Schüler*innen vor dem Hintergrund des Lernens der Fachsprache sich erst mit zunehmender Lehrerfahrung entwickelt.

Als eine Implikation ergibt sich, dass das PSLK bereits während der universitären Lehrkräfteausbildung gefördert werden muss. Dafür ist es aber umso wichtiger, dass auch die Scientific Language Awareness und das PSLK der Hochschullehrer*innen, die in der Chemielehrkräfteausbildung tätig sind, geschärft wird, da diese den angehenden Chemielehrkräften ebenfalls als fachsprachliches Vorbild fungieren. In Seminaren sollte dann auch ganz gezielt der Fokus auf das Lehren und Lernen der Fachsprache gelegt werden. Wichtig dabei wäre, die teacher professional knowledge bases mit einzubeziehen. So wäre eine Möglichkeit beispielsweise, die Chemielehramtsstudierenden in die Fachsprache einzuführen und sie anschließend Material im Hinblick auf die Fachsprache und die im Lehrplan festgelegten Ziele analysieren zu lassen. Nach der Analyse des Materials könnten sie dann in Methoden zur Förderung der Fachsprache und des sprachsensiblen Fachunterrichts eingeführt werden. Mit diesem Wissen könnten sie dann das analysierte Material im Sinne einer fachsprachsensibleren Gestaltung überarbeiten und so zum aktiven Mitdenken der Fachsprache angeregt werden. Auch im Referendariat sollte dann, sofern es nicht bereits geschieht, ein Augenmerk auf die Fachsprache gelegt werden. Neben Rückmeldungen der Mentor*innen zum Fachsprachgebrauch der Referendar*innen selbst sollten nochmals Methoden des fachsprachfördernden und fachsprachsensiblen Unterrichts angesprochen werden.

In den Interviews wurde zudem von den Lehrkräften angesprochen, dass kaum Material zur Verfügung steht, das fachsprachsensibel aufbereitet ist, sondern das meiste allgemein sprachsensibel in Bezug auf die deutsche Sprache ist. So könnten im Zuge partizipativer fachdidaktischer Aktionsforschung auch Materialien entwickelt werden, die speziell fachsprachsensibel und fachsprachfördernd gestaltet sind.

Disclaimer

Die Unterstützung der Europäischen Kommission für die Erstellung dieser Veröffentlichung stellt keine Billigung des Inhalts dar, welcher nur die Ansichten der Verfasser*innen wiedergibt, und die Kommission kann nicht für eine etwaige Verwendung der darin enthaltenen Informationen haftbar gemacht werden.



Kofinanziert durch das
Programm Erasmus+
der Europäischen Union

Literatur

- Carrier, S. J., & Grifenhagen, J. F. (2020). Academic Vocabulary Support for Elementary Science Pre-Service Teachers. *Journal of Science Teacher Education*, 31(2), 115–133.
- Kuckartz, U. (2018). *Qualitative Inhaltsanalyse: Methoden, Praxis, Computerunterstützung* (4. Auflage). Weinheim: Beltz Juventa.
- Laszlo, P. (2013). Towards Teaching Chemistry as a Language. *Sci. Educ.*, 22, 1669–1706.
- Loughran, J., Berry, A., & Mulhall, P. (2006). *Understanding and developing science teachers' pedagogical content knowledge*. Rotterdam: Sense Publishers.
- Markic, S. (2017). Chemistry Teachers' Pedagogical Scientific Language Knowledge. In O. Finlayson, E. McLoughlin, S. Erduran, & P. Childs (Eds.), *Research, Practice and Collaboration in Science Education. Proceedings of the ESERA 2017 Conference* (178–185). Dublin: Dublin City University. <https://www.esera.org/publications/esera-conference-proceedings/esera-2017>
- Markic, S., & Childs, P. (2016). Language and the teaching and learning of chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 17(3), 434–438. <https://doi.org/10.1039/C6RP90006B>
- Mönch, C., & Markic, S. (2022a). Exploring Pre-Service Chemistry Teachers' Pedagogical Scientific Language Knowledge. *Education Sciences*, 12(4), 244. <https://doi.org/10.3390/educsci12040244>
- Mönch, C., & Markic, S. (2022b). Science Teachers' Pedagogical Scientific Language Knowledge—A Systematic Review. *Education Sciences*, 12(7), 497. <https://doi.org/10.3390/educsci12070497>
- Postman, N., & Weingartner, C. (1972). *Fragen und Lernen: Die Schule als kritische Anstalt*. Frankfurt am Main: März.
- Quflez, J. A (2019). Categorisation of the Terminological Sources of Student Difficulties When Learning Chemistry. *Stud. Sci. Educ.*, 55, 121–167.
- Sagiannis, S., & Dimopoulos, K. (2018). Greek primary school teachers' awareness of the special features of scientific language: Implications for science curricula and teachers' professional development. *The Curriculum Journal*, 29(3), 387–405. <https://doi.org/10.1080/09585176.2018.1427125>

Motivation messen: Entwicklung eines Messinstruments auf Basis der SDT

Einleitung

Im Zuge von Interventionen ergeben sich immer wieder Situationen, in denen es aus unterschiedlichen Gründen sinnvoll ist, die Motivation der Lernenden zu erfassen. Derzeit ist ein umfassendes Instrument, das auch schon für Lernende ab dem Beginn der Sekundarstufe 1 geeignet ist, in deutscher Sprache nicht verfügbar (Korner, 2015). Dieser Beitrag schließt an Vorarbeiten zum Thema an (Klingenböck, 2016; Korner, 2015; Pieler, 2018; Pusch, 2021; Schmidt, 2017), in denen ein partizipativer Ansatz erprobt und weiter entwickelt wurde, fasst deren Ergebnisse zusammen und präsentiert den momentanen Stand der Forschung.

Theoretische Grundlagen und Ergebnisse von Vorarbeiten

Zur Erfassung der Motivation bietet sich die *Self-Determination Theory (SDT)* nach Deci und Ryan (Niemiec & Ryan, 2009) an, da Aspekte der SDT sich mit jenen konstruktivistischer Lehr- und Lerntheorien überlappen. Die SDT beschreibt die Motivation nicht nur quantitativ, sondern auch differenziert hinsichtlich ihrer Ursachen und der emotionalen Qualität.

Das englischsprachige *IMI, Intrinsic Motivation Inventory* (Deci & Ryan, 2003), stellt die psychometrische Umsetzung der SDT, ursprünglich für Anwendungen im Sport, dar. Es umfasst die sieben Subskalen *perceived competence, perceived choice, interest/enjoyment, effort/importance, value/usefulness, relatedness* und *(felt) pressure/tension*.

Nach gescheiterten Versuchen (Korner, 2015) eine psychometrisch valide deutschsprachige Version des IMI durch Übersetzen zu erhalten, wurde ein völlig neuer Weg gewählt: Anhand des *Four Building Blocks Approachs* (Wilson, 2005) wurde begonnen, die Skalen von Grund auf neu zu konstruieren: Korner (2015) *effort/importance* im Kontext der Elektrizitätslehre und der Optik (N = 191); Klingenböck (2016) *interest/enjoyment*, im Kontext der Elektrizitätslehre in der Sekundarstufe 1 (N = 183); Schmidt, Hopf und Korner (Korner, Schmidt, & Hopf, 2018; Schmidt, 2017) *perceived competence, perceived choice, value/usefulness* und *pressure/tension* im Kontext einer Intervention zum 3. Newton-Axiom (8. Schulstufe, N = 231), was die Frage aufwarf, ob *perceived competence* und *pressure/tension* tatsächlich unterschiedliche Konstrukte betreffen oder ob beide Skalen so hoch (negativ) miteinander korrelieren, dass eine der beiden im Sinne eines ökonomischen Erhebungsinstrumentes verzichtbar ist. Pieler (2018) ging der Frage nach, ob eine unmittelbar vorangehende Intervention zur Erprobung des Instruments nötig ist und entwickelte die *relatedness* Skala neu (Sekundarstufe 1, N = 47 Probanden (Pilotierung) und N = 121 + 116 Hauptstudie), mit dem Ergebnis, dass eine vorangehende Intervention verzichtbar ist. Weiters ergab sich, dass *relatedness* für die Lernenden zwei Aspekte beinhaltet: die Beziehung zu den Mitschüler/innen und jene zur Lehrperson. Pusch (2021) fand, dass das Messinstrument (alle sieben Skalen) nicht nur im Physikunterricht eingesetzt werden kann und zumindest innerhalb der naturwissenschaftlichen Fächer gleich gut funktioniert.

Der Four Building Blocks Approach und ein partizipativer Ansatz

Dieser *Approach* sieht einen Zyklus von vier Schritten (Abbildung 1) vor, um ein gewünschtes Konstrukt – hier die Teilskalen des IMI – abzubilden.

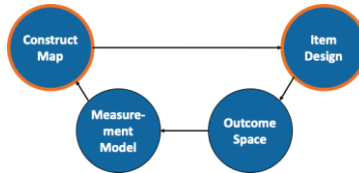


Abb. 1: Die vier Schritte zur Itementwicklung nach Wilson (2005).

Der *Construct Map* liegt die Annahme zugrunde, dass es eine qualitative Ordnung der jeweiligen Merkmalsausprägungen gibt. Auf einem angenommenen Kontinuum werden zunächst die extremen Ausprägungen gefunden, um das Konstrukt zu schärfen. Damit bekannte Probleme mit Likertskalen (Wilson, 2005) abgemildert werden, wird hier möglichst versucht, statt oftmals nicht gut vergleichbarer Einschätzungen (z.B.: „Wie kompetent fühlst du dich?“) Evidenzen zu suchen, die sich dann in den Items wiederfinden: Was *macht* ein Schüler, eine Schülerin, die sich kompetent fühlt? Damit wird die Manifestation des theoretischen Konstrukts in der realen Welt gefördert. Um diese Evidenzen zu finden, wurde in die Klassen gegangen und die Experten für ihr eigenes Verhalten, nämlich die Lernenden selbst, dazu befragt. Diese Art von partizipativem Ansatz zur Fragebogenentwicklung wurde bislang in der Literatur wenig beschrieben und sichert die ökologische Validität (Fahrenberg, 2021) der Untersuchung. Die Befragung der Lernenden stellte sich als überaus fruchtbar heraus. Aus ihren Einschätzungen wurden danach Items konstruiert. Diese wurden teilweise in einem *Item Panel*, wie es Wilson (2005) vorschlägt, mit (erwachsenen) Experten der Arbeitsgruppe diskutiert, überarbeitet, geschärft oder ergänzt. Aus einer anfänglichen Vielzahl von bis zu 30 Items pro Skala kristallisierten sich dann durch explorative Faktorenanalysen und inhaltliche Analysen die treffsichersten Items heraus, die das jeweilige Konstrukt auch in seiner gesamten Breite abbilden können.

Forschungsfragen und Untersuchungsdesign

Für die bislang aktuellste Arbeit zum Thema (Pusch, 2021) ergaben sich folgende Forschungsfragen (FF):

- **FF 1:** Kann die Skala *perceived competence* trennscharf von der Skala *pressure/tension* abgegrenzt werden?
- **FF 2:** Können für ein ökonomisches Testinstrument trennscharfe Skalen mit 4 bis 5 Items je Skala gefunden werden? Ist es möglich, die Faktorstruktur in unterschiedlichen Stichproben zu reproduzieren und den Fragebogen bereits in der 6. Schulstufe einzusetzen?

Für die Beantwortung von FF 1 wurden die *Construct Maps* der beiden Skalen neu überarbeitet und durch Items aus der PISA-2015 Studie (Mang, Ustjanzew, Leßke, Schiepe-Tiska, & Reiss, 2019) ergänzt. Aufgrund der herrschenden Pandemie wurde ein *Item Panel* online einberufen und die Items finalisiert. Danach wurde, um die FF 2 zu beantworten, ein Fragebogen mit 41 Items aller Skalen zusammengestellt und an $N = 173$ Schülerinnen und Schülern getestet. Ergänzend wurden im Sommersemester 2022 noch weitere Erhebungen an wiener Schulen durchgeführt, sodass mit einer gesamten Stichprobe von $N_{\text{ges}} = 373$, davon $N_6 = 181$ Jugendlichen aus der 6. Schulstufe weitere Analysen durchgeführt werden konnten: Es wurden

jeweils zwei und mehr Skalen in unterschiedlichen Teilstichproben (nur bzw. alle außer der 6. Schulstufe; diverse Zufallsstichproben) miteinander getestet.

Ergebnisse

Zur Beantwortung der FF 1 wurde der Fragebogen mit 41 Items an N = 176 Schülerinnen und Schülern der 7. und 8. Schulstufe getestet. Es ergab sich dafür ein KMO von 0,84, wobei die Items der Skalen intern zufrieden stellend hohe Korrelationen von 0,62 bis 0,79 zeigten und die Reliabilitäten über Cronbachs Alpha mit 0,77 bzw. 0,70 geschätzt wurde. Da die Korrelationen zwischen den Skalen niedrig ($< 0,3$) und selten signifikant waren, wurde gefolgert, dass das auf unterschiedliche Konstrukte hindeutet.

Eine Reduzierung des Messinstruments auf 4 bis 5 Items (FF 2) wurde mit N = 373 erprobt. Die einzelnen Skalen hielten in allen getesteten (Teil-) Stichproben gut zusammen, insbesondere auch in 6. Schulstufe. Bei Analyse mehrerer Skalen miteinander stellte sich heraus, dass die *effort*-Skala gegenüber *interest/enjoyment* und *perceived competence* nicht immer trennscharf abgebildet werden konnte. Insbesondere ergab sich in unterschiedlichen Teilstichproben, dass sich faktoranalytisch die Skalen *perceived competence*, *perceived choice*, *pressure/tension* und *value/usefulness* mischten, was aber von den Konstrukten her nachvollziehbar scheint, bzw. auch an der dann schon grenzwertig geringen Zahl an Probenaden liegen kann.

Analysiert man unter Ausschluss der *relatedness*-Items explorativ nach dem Kaiser-Kriterium, ergibt sich in der gesamten Stichprobe, wie in unterschiedlichen Teilstichproben immer die gewünschte Zahl an Faktoren.

Bei der gemeinsamen Analyse aller Skalen in der Gesamtstichprobe ist die theoretisch geforderte Faktorstruktur reproduzierbar, sieht man von den *effort/importance*-Items ab.

Nimmt man allerdings nur 6. Schulstufe her, ergeben sich drei Faktoren: *perceived competence* und *pressure/tension – perceived choice* – und die restlichen Items.

Die Beantwortung der Forschungsfrage 1 kann somit bei älteren Lernenden (höher als 7. Schulstufe) dahingehend beantwortet werden, dass die beiden Skalen *perceived competence* und *pressure/tension* sehr wohl unterschiedliche Konstrukte betreffen, allerdings unterstützen die Ergebnisse in der 6. Schulstufe diesen Befund nicht. Das gleiche gilt für die Reduktion auf 4 bis 5 Items pro Skala. Ein sehr ermutigendes Ergebnis ist es, dass die Faktorstruktur in den unterschiedlichsten Arbeiten immer reproduziert werden konnte. Auch wenn die Skalen in der 6. Schulstufe keine derart klare Trennung ergeben wie bei den Älteren, also die Teilkonstrukte etwas verschwimmen – was aber auch inhaltlich begründbar ist – kann doch vorsichtig gefolgert werden, dass das Testinstrument auch bereits hier eingesetzt werden kann.

Zusammenfassung und Ausblick

Der hier gewählte Weg eines partizipativen Ansatzes zum Finden von Evidenzen und zur anschließenden Konstruktion von Items kann als durchaus erfolgreich angesehen werden. Alle Skalen des IMI konnten neu konstruiert und zumindest paarweise trennscharf abgebildet werden. In den Faktorenanalysen zeigt sich, dass die Items zur Skala *effort/importance* nicht gut funktionieren, weshalb eine Überarbeitung dieser angestrebt wird. Ebenso wird angedacht, die nun erhaltenen Items auf ihre Eignung für ältere Lernende der Sekundarstufe 2 zu erproben, bzw. eine gewisse kulturelle Unabhängigkeit der Items zu überprüfen, indem sie z.B. auch in Deutschland eingesetzt werden.

Literatur

- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2003). Intrinsic Motivation Inventory. Retrieved from <http://selfdeterminationtheory.org/edu/scales/category/5-intrinsic-motivation-inventory>, 09.09.2022
- Fahrenberg, J. (2021). ökologische Validität. In M. A. Wirtz (Ed.), *Dorsch. Lexikon der Psychologie*. Bern: Hogrefe AG.
- Klingenböck, A. (2016). *Ermittlung der intrinsischen Motivation von SchülerInnen der Unterstufe in der Elektrizitätslehre*. Masterarbeit. Universität Wien, Wien.
- Korner, M. (2015). *Cross-Age Peer Tutoring in Physik. Evaluation einer Unterrichtsmethode*. (Vol. 186). Berlin: Logos.
- Korner, M., Schmidt, F., & Hopf, M. (2018). *Weiterentwicklung eines Messinstrumentes zur Motivation*. Beitrag zum Tagungsband der Jahrestagung der GDGP, Regensburg.
- Mang, J., Ustjanzew, N., Leßke, I., Schiepe-Tiska, A., & Reiss, K. (2019). *PISA 2015 Skalenhandbuch. Dokumentation der Erhebungsinstrumente*. Münster, New York: Waxmann.
- Niemiec, C. P., & Ryan, R. M. (2009). Autonomy, competence, and relatedness in the classroom: Applying self-determination theory to educational practice. *School Field*, 7(2), 133-144. doi:10.1177/1477878509104318
- Pieler, J. (2018). *Entwicklung der Skala relatedness des IMI zur Bestimmung der intrinsischen Motivation von SchülerInnen*. Masterarbeit. Universität Wien, Wien.
- Pusch, J. (2021). *Weiterentwicklung eines ökonomischen, validen Erhebungsinstrumentes zur Bestimmung der intrinsischen Motivation von Schülerinnen und Schülern*. Masterarbeit. Universität Wien, Wien.
- Schmidt, F. (2017). *Entwicklung weiterer Skalen eines Messinstrumentes zur Bestimmung der intrinsischen Motivation von SchülerInnen*. Masterarbeit. Universität Wien, Wien.
- Wilson, M. (2005). *Constructing Measures - An Item Response Modeling Approach*. New York: Taylor & Francis.

Kevin Kärcher¹
Hans-Dieter Körner¹

¹Pädagogische Hochschule
Schwäbisch Gmünd

Vergleich motivationaler Aspekte in Chemie und Mathematik

In der Chemie, wie auch in anderen (Natur-)Wissenschaften, wird sehr häufig die Mathematik zur Beschreibung von Regeln und Gesetzen verwendet. Es ist also der Fall, dass mathematische Kompetenzen elementar für die Beschäftigung mit Chemie sind. Allerdings stellen verschiedene Forschungsergebnisse aus der Chemie- und Physikdidaktik heraus, dass der Umgang mit Mathematik in den jeweiligen Unterrichts- und Studienfächern problembehaftet ist (Geyer, 2020; Kimpel, 2018). Ein möglicher Einflussfaktor könnte in den Einstellungsmerkmalen der Lernenden gegenüber den Fächern liegen, da ein positiver Zusammenhang zwischen Wertvorstellungen und dem Leistungserfolg in anderen Fächern bereits empirisch belegt ist (Gaspard, Nagengast & Trautwein, 2019). Deshalb werden im vorliegenden Beitrag die motivationalen Aspekte von Schüler:innen in Chemie, Mathematik und differenzierten Aktivitäten der Chemie, u.a. dem chemischen Rechnen, beleuchtet.

Theoretischer Hintergrund

Nach Gaspard, Nagengast & Trautwein, (2019) sind fachbezogene, kognitive Wertkomponenten, wie bspw. die empfundene Wichtigkeit, von Schüler:innen zentraler Bestandteil ihrer Motivation gegenüber einem Schulfach. Sie basieren auf der Erwartungs-Wert-Theorie (EWT) von Eccles (2005) und beeinflussen danach ebenso wie das fachliche *Selbstkonzept* das leistungsbezogene Verhalten von Schüler:innen in einem Fach, einem bestimmten Teilbereich oder hinsichtlich bestimmter Aktivitäten. Zu differenzieren sind dabei:

- Der *Intrinsic Value*, bei welchem sich Parallelen zum emotionalen Teil des persönlichen Interesses in der Person-Gegenstands-Theorie ziehen lassen (Gaspard, Nagengast & Trautwein, 2019; Krapp, 1992).
- Der *Attainment Value*, gleichzusetzen mit der persönlich empfundenen Wichtigkeit. Dieser weist eine Ähnlichkeit zum wertbezogenen Bereich des persönlichen Interesses in der o.g. Person-Gegenstands-Theorie (Gaspard, Nagengast & Trautwein, 2019; Krapp, 1992) auf.
- Die Nützlichkeit (*Utility Value*). Sie bezieht sich darauf, welchen Wert die Beschäftigung mit einem Fach(gebiet) für das persönliche Vorankommen in bestimmten Teilbereichen des Lebens hat. Somit können Parallelen zur extrinsischen Motivation gezogen werden (Gaspard, Nagengast & Trautwein, 2019).
- Abschließend die Kosten (*Cost*), die mit der Beschäftigung einhergehen.

Die sich aus diesen Komponenten ergebende Wertüberzeugung gegenüber einem Schulfach zeigt, wie bereits erwähnt, einen positiven Zusammenhang sowohl mit Leistungen als auch mit Erfolgserwartungen und erweist sich als zuverlässiger Prädiktor der Anstrengungsbereitschaft für Aktivitäten innerhalb dieses Fachs. Daraus lässt sich für die eingangs beschriebene problembehaftete Anwendung von Mathematik im Chemieunterricht ableiten, dass die Wertüberzeugung gegenüber Mathematik und/oder Chemie einen Einfluss

auf die Einstellung gegenüber chemischer Mathematik haben kann. Zur Erfassung der beschriebenen Wertkomponenten bieten Gaspard und Kolleg:innen ein umfassendes, validiertes und erprobtes Testinstrument zum Einsatz in der Schule an, welches sich auf verschiedene Fächer anpassen lässt (Gaspard, Brisson et al., 2019; Gaspard, Nagengast & Trautwein, 2019).

Das als *Tübinger Skalen zur Erfassung von Wertüberzeugungen* (im Folgenden: TSEW) bekannte Instrument wurde bereits 2012/2013 in der Studie MoMa (Motivationsförderung im Mathematikunterricht) für das Fach Mathematik (Gaspard, Brisson et al., 2019) und 2014/15 in einer weiteren Studie (Gaspard et al., 2017) für die Fächer Mathematik, Deutsch, Englisch, Biologie und Physik eingesetzt. Das Fach Chemie wurde bislang nicht in den Blick genommen. Leider sehen die TSEW keine Möglichkeiten zur Ausdifferenzierung spezifischer Aktivitäten in einem Fach vor.

Forschungsfragen und Studiendesign

Die fehlenden Kenntnisse der Wertüberzeugungen von Schüler:innen in Chemie, macht die Adaption der Skalen auf das Fach notwendig. Darüber hinaus soll eine Ergänzung des Erhebungsinstruments um Items zur Einstellung gegenüber spezifischen Aktivitäten in der Chemie erfolgen. Es lassen sich daraus folgende Forschungsfragen ableiten:

- FF1: Welche fachspezifischen Unterschiede hinsichtlich des *Selbstkonzepts* sowie der Wertkomponenten, *Intrinsic Value*, *Attainment Value*, *Utility Value* und *Cost* treten auf?
- FF2: Welche Unterschiede hinsichtlich dieser Dimensionen treten in unterschiedlichen Teilstichproben (Geschlecht, Schulart, Klassenstufe, Kurswahl) auf?
- FF3: Lassen sich die ergänzten Items zu Skalen zusammenfügen?
- FF4: Ergeben sich Zusammenhänge zwischen den originären Skalen der TSEW und den ergänzten Skalen?

Nach Anpassungen und Ergänzungen resultiert ein Erhebungsinstrument mit je 41 Items zum Selbstkonzept und den Wertkomponenten in Chemie und Mathematik und 16 Items zur Einstellung gegenüber spezifischen Aktivitäten der Chemie (chemisches Rechnen, Auseinandersetzung mit theoretischen Inhalten und Experimentieren). Als Antwortoption wurde wie im Instrument von Gaspard und Kolleg:innen eine vierstufige Likertskala („stimmt gar nicht“ bis „stimmt genau“) angeboten.

Da die Schüler:innen bereits Erfahrung mit dem chemischen Rechnen im Chemieunterricht gesammelt haben sollten, wurde die Erhebung in den Klassenstufen 10 und höher an Gemeinschafts- und Realschulen, sowie allgemeinbildenden und beruflichen Gymnasien im Ostalbkreis Baden-Württembergs durchgeführt. Die Fragebögen wurden sowohl in einer Paper & Pencil Version als auch in einem Onlineformat eingesetzt.

Ergebnisse

Am Ende des Erhebungszeitraums (Mai bis Juli 2022) lagen N=193 auswertbare Fragebögen aus verschiedenen Schulformen (ca. 89% Gymnasium und 11% Real-/Gemeinschaftsschule) vor. Dabei verteilten sich die Proband:innen zu knapp 30 Prozent auf die zehnte Klasse und zu 70 Prozent auf die Kursstufe. Die Geschlechterverteilung lag bei ca. 52% weiblichen, ca. 46% männlichen und 2% diversen Teilnehmer:innen.

Vergleiche zwischen den Skalenmittelwerten aller erhobenen Dimensionen zeigen bis auf den Skalenwert für *Cost* einen signifikant höheren Wert für die Mathematik gegenüber der Chemie auf. Ein Vergleich der Angaben zur Mathematik mit den Ergebnissen aus der MoMa-Erhebung (Gaspard, Brisson et al., 2019) zeigt bis auf den Skalenwert für *Cost* keine signifikanten Unterschiede auf. In der vorliegenden Erhebung erzielten die Proband:innen jedoch einen höheren Wert für die Kosten als in der MoMa-Erhebung (Gaspard, Brisson et al., 2019). Das könnte auf den großen Anteil von Kursstufenschüler:innen in der vorliegenden Stichprobe zurückgeführt werden, da diese im Erhebungszeitraum vor abiturrelevanten Klausuren standen. Alle Ergebnisse der Mittelwertvergleiche der Angaben für Chemie und Mathematik sind in Tabelle 1 dargestellt. Forschungsfrage 1 lässt sich also dahingehend beantworten, dass die Proband:innen in Mathematik, sowohl für das Selbstkonzept als auch für alle Wertkomponenten, ausgenommen der Kosten, signifikant höhere Werte aufweisen als in Chemie. Für die Unterschiede im *Selbstkonzept* und dem *Intrinsic Value* zwischen den Fächern zeigen sich hohe Effektstärken (Cohen, 1988). Für die Unterschiede im *Attainment* und *Utility Value* zeigen sich mittlere Effekte (ebd.).

Tab. 1: Skalenmittelwerte und Ergebnisse der Mittelwertvergleiche

| Skala | Mathematik | Chemie | t-Test |
|------------------|------------|--------|------------------------------------|
| Selbstkonzept | 2,62 | 2,23 | t(191)=5,23; $p < .001$; d=1,02 |
| Intrinsic Value | 2,22 | 2,00 | t(191)=2,76; $p < .01$; d=1,13 |
| Attainment Value | 2,82 | 2,15 | t(191)=12,12; $p < .001$; d=0,77 |
| Utility Value | 2,56 | 1,78 | t(191)=17,347; $p < .001$; d=0,62 |
| Cost | 2,55 | 2,43 | t(192)=1,971; $p = n.s.$ |

Um die explorative zweite Forschungsfrage zu beantworten, wurden innerhalb der Fächer Proband:innen von unterschiedlichen Geschlechtern, Schularten und Klassenstufen verglichen. Dabei ergab sich lediglich für die weiblichen Teilnehmenden ein signifikant höherer *Attainment Value* in der Mathematik als ihn die männlichen Teilnehmenden aufwiesen (ANOVA mit Post-Hoc-Vergleich Bonferroni: Diff.: 0,32511; $F(2,188)=5,669$; $p < .01$)

Aus den 16 hinzugefügten Items konnten nach einer explorativen Faktorenanalyse 3 Skalen gebildet werden (Forschungsfrage 3). Besonders von Interesse ist dabei die Skala zur Einstellung gegenüber dem chemischen Rechnen, die nach der Faktorenanalyse 5 Items enthielt und eine Reliabilität nach Cronbachs alpha von $\alpha = .862$ aufweist. Für die gesamte Stichprobe konnte ein Skalenmittelwert von $M=1,98$ ($SD = 0,76$) bestimmt werden. Um Einflüsse auf ebendiesen zu identifizieren (Forschungsfrage 4), wurden zwei lineare Regressionen durchgeführt. In der ersten Regression zeigten sich signifikante Einflüsse des *Intrinsic Values Mathematik*, dem *Selbstkonzept Chemie* und dem *Utility Value Chemie* auf die Einstellung zum chemischen Rechnen. Daraufhin wurden unter den identifizierten Einflussvariablen Moderatorvariablen bestimmt und die Daten einer erneuten Regression unterzogen. Dabei stellte sich ein moderierender Effekt des *Intrinsic Values Mathematik* auf den Einfluss des *chemischen Selbstkonzepts* heraus. Durch die Hinzunahme der Moderationsvariable verbessert sich die Varianzaufklärung des Modells.

Tab. 2: Linear Regression ($R^2_{\text{korr.}}=.551$; $F(4,187)=59,636$, $p<.001$)

| Variable | Beta | t-Wert | Signifikanz |
|---|-------|--------------|-------------|
| Intrinsic Value (IV) Mathematik | 0,275 | t(187)=5,264 | p<.001 |
| Selbstkonzept (SK) Chemie | 0,468 | t(187)=7,822 | p<.001 |
| Utility Value Chemie | 0,166 | t(187)=2,928 | p<.01 |
| Moderationsvariable SK Chem. & IV Math. | 0,130 | t(187)=2,646 | p<.01 |

Zusammenfassung

Die Ergebnisse zeigen, dass das *Selbstkonzept* und die Wertkomponenten *Intrinsic Value*, *Attainment Value* und *Utility Value* von Schüler:innen gegenüber Chemie signifikant niedriger ausfallen als gegenüber Mathematik. Innerhalb der beiden Fächer zeigen sich dabei aber kaum geschlechts- oder schulartspezifischen Unterschiede.

Abschließend kann berichtet werden, dass eine reliable Skala zur Einstellung gegenüber dem chemischen Rechnen erstellt wurde und deren Ausprägung insbesondere durch das *Selbstkonzept* in Chemie vorhergesagt werden kann. Dieser Einfluss wird durch den *Intrinsic Value* in Mathematik moderiert. Daneben nimmt der *Utility Value Chemie* eine vorhersagende Funktion ein.

Literatur

- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates.
- Eccles, J. S. (2005). Subjective Task Value and the Eccles et al. Model of Achievement-Related Choices. In *Handbook of competence and motivation* (S. 105–121). Guilford Publications.
- Gaspard, H., Brisson, B., Häfner, I., Dicke, A.-L., Flunger, B., Parrisius, C., Nagengast, B. & Trautwein, U. (2019). *Motivationsförderung im Mathematikunterricht (MoMa 1.0): Skalendokumentation Schülerfragebogen*. Universität Tübingen - Hector-Institut für Empirische Bildungsforschung. <https://www.iqb.hu-berlin.de/fdz/studies/MoMa>
- Gaspard, H., Häfner, I., Parrisius, C., Trautwein, U. & Nagengast, B. (2017). Assessing task values in five subjects during secondary school: Measurement structure and mean level differences across grade level, gender, and academic subject. *Contemporary Educational Psychology*, 48, 67–84. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2016.09.003>
- Gaspard, H., Nagengast, B. & Trautwein, U. (2019). *Erfassung von Wertüberzeugungen*. <https://bibliographie.uni-tuebingen.de/xmlui/handle/10900/92534>
- Geyer, M.-A. (2020). *Physikalisch-mathematische Darstellungswechsel funktionaler Zusammenhänge. Studien zum Physik- und Chemielernen: Bd. 291*. Logos Verlag. http://www.content-select.com/index.php?id=bib_view&ean=9783832587277
- Kimpel, L. (2018). *Aufgaben in der Allgemeinen Chemie: Zum Zusammenspiel von chemischem Verständnis und Rechenfähigkeit. Studien zum Physik- und Chemielernen: Bd. 249*. Logos Verlag. http://www.content-select.com/index.php?id=bib_view&ean=9783832590833
- Krapp, A. (1992). Das Interessenkonstrukt: Bestimmungsmerkmale der Intetessenhandkung und des individuellen Interesses aus der Sicht der Person-Gegenstands-Konzeption. In A. Krapp & M. Prenzel (Hrsg.), *Interesse, Lernen, Leistung: Neuere Ansätze der pädagogisch-psychologischen Interessenforschung*. Aschendorff.

Julius Weckler^{1,2}
 Jonas Gabi¹
 Andreas Vorholzer²
 Claudia von Aufschnaiter¹

¹Justus-Liebig-Universität Gießen
²Technische Universität München

Selbstreguliertes Lernen in einer aufgabenbasierten Lernumgebung

Unter Studienanfänger*innen lässt sich in den Naturwissenschaften eine vergleichsweise hohe Abbruchquote des Studiums feststellen (Heublein & Schmelzer, 2018); dafür werden häufig (auch) fachspezifische Schwierigkeiten als Ursache gesehen (Herfter, Grüneberg & Knopf, 2015; Schiefele, Streblov & Brinkmann, 2007). Von Hochschulen werden deshalb u. a. digitale Lernangebote vorgehalten, die Studierende selbstständig nutzen können, um ihre fachspezifischen Kenntnisse zu verbessern. Vorteile solcher Angebote liegen unter anderem darin, dass sie Lernenden die Möglichkeit zum Lernen in individuellem Tempo und mit einer hohen räumlichen und zeitlichen Flexibilität bieten. Gleichzeitig stellen solche Angebote jedoch hohe Anforderungen an die Lernenden, da diese ihren Lernprozess selbst regulieren müssen. Forschungsergebnisse zeigen, dass die selbstbestimmte Bearbeitung von online vorgehaltenen Lernangeboten häufig nicht sehr persistent erfolgt (Bawa, 2016; Kizilcec & Halawa, 2015), dies gilt insbesondere bei ungünstigen Lernvoraussetzungen (zsf. Boelens, Wever & Voet, 2017; Scheiter & Gerjets, 2007). Als eine mögliche Ursache für fehlende Persistenz werden unzureichende Fähigkeiten der Selbstregulation angesehen. Selbstregulation umfasst dabei u. a., sich selbst Ziele für den Lernprozess zu setzen sowie das eigene Verhalten und die eigene Motivation zu planen, zu monitorieren und zu kontrollieren (Pintrich, 2000).

Eine zentrale Herausforderung bei der Untersuchung des Zusammenhangs von Selbstregulationsfähigkeiten und Lernerfolg ist, dass häufig eine Diskrepanz zwischen den von Lernenden *berichteten* und den tatsächlich im Lernprozess *genutzten* Strategien der Selbstregulation vorliegt (z. B. Foerst, Klug, Jöstl, Spiel & Schober, 2017; Maldonado-Mahauad, Pérez-Sanagustín, Kizilcec, Morales & Munoz-Gama, 2018). Um dieser Herausforderung zu begegnen, werden seit einiger Zeit verstärkt die tatsächlich *genutzten* Strategien in den Blick genommen. Untersuchungen zeigen hier einen positiven Zusammenhang zwischen *genutzten* Strategien und dem Lernerfolg (z. B. Bannert, Reimann & Sonnenberg, 2014). Jedoch werden in entsprechende Studien primär Bearbeitungsprozessen in informationsbasierten, linearen Lernumgebungen untersucht (z. B. Azevedo, 2005; DiBenedetto & Zimmerman, 2010). Unklar ist deshalb, wie Bearbeitungsprozesse von Aufgaben und damit verbundene Regulationsprozesse in einer offenen Lernumgebung aussehen (bspw. Wahl von zum eigenen Wissensstand passenden Aufgaben). Gerade solche Erkenntnisse sind für das naturwissenschaftsbezogene Lernen jedoch von hoher Relevanz, da das Lösen von Aufgaben und Problemen hier eine zentrale Rolle einnimmt.

Im Rahmen des hier berichteten Forschungsvorhabens wird das Nutzungsverhalten von Studierenden in einer online vorgehaltenen, aufgabenbasierten Lernumgebung analysiert sowie Zusammenhänge dieser *Bearbeitungsprozesse* mit den *Dispositionen* der Studierenden (z. B. Zielorientierung, Vorwissen) und ihren *Lernerfolgen* untersucht.

Design und Methoden

Die Stichprobe umfasst $N = 35$ Studienanfänger*innen mit Kernfach Physik (B. Sc. Physik, B. Sc. Materialwissenschaften, B. Sc. Physik und Technologie für Raumfahrtanwendungen, Lehramt mit Fach Physik). Im Rahmen eines Präsenzvorkurses arbeiteten die Studierenden an zwei Tagen für jeweils ca. 90 Minuten in einer Online-Lernumgebung, die inhaltlich auf die Grundlagen der Mechanik ausgerichtet ist.

Die Lernumgebung setzt sich aus sechs inhaltlichen Blöcken mit „Grundwissen“ zusammen (u. a. Grundgrößen zur Kraft, Kraft und Rotationsbewegung, Reibungskräfte). In drei Blöcken ist neben dem Grundwissen außerdem ein Abschnitt mit erweitertem Wissen ausgewiesen. Jeder inhaltliche Block besteht aus unterschiedlichen Bearbeitungselementen, welche die Studierenden in beliebiger Reihenfolge bearbeiten können. Die Elemente umfassen kurze Erklärungstexte (*Instruktionen*), *Beispielaufgaben*, *Kurzaufgaben* mit zugehörigem Lösungsweg, *Übungsaufgaben* in drei unterschiedlichen Schwierigkeitsgraden mit zugehöriger Musterlösung sowie *Tests* (Multiple-Choice-Aufgaben, für die eine Rückmeldung (richtig/falsch) gegeben wird).

Die Datenerhebung erfolgte im Ein-Gruppen Prä-Post-Design. Vor der ersten 90-minütigen Instruktionsphase wurden als Dispositionen das Fachwissen im Bereich der Newtonschen Axiome sowie weitere potenziell relevante Personenmerkmale erhoben. Diese Merkmale umfassen: Das Fähigkeitsselbstkonzept, die Zielorientierung, das Fachinteresse, die Selbstwirksamkeit und die Selbstwertkontingenz in Bezug auf das Fach Physik. Im Posttest nach der zweiten Instruktionsphase wurde erneut das Fachwissen erhoben; zudem wurden die verwendeten Lernstrategien in Bezug auf das Fach Physik erfasst. Die verwendeten Instrumente wurden ausgehend von bestehenden Instrumenten für das Fach Physik adaptiert; eine Prüfung der psychometrischen Kennwerte zeigte gute Übereinstimmungen. Für die Untersuchung des Zusammenhangs von Bearbeitungsprozessen und Lernzuwachs wurden die Seitenaufrufe innerhalb der Lernumgebung aufgezeichnet und in Logdateien gespeichert. Zusätzlich fand eine Sicherung der eingegebenen Antworten und der angefertigten Zeichnungen bei Kurz- und Übungsaufgaben sowie der Testergebnisse und Lösungen bei Testaufgaben statt.

Ergebnisse und Diskussion

Mit der Auswertung der Daten werden die Zusammenhänge zwischen *Dispositionen* von Studierenden sowie Merkmalen von *Bearbeitungsprozessen* und dem Lernzuwachs in der Lernumgebung untersucht; die Ergebnisse werden im Folgenden dargestellt.

Teil I: Dispositionen und Lernzuwachs

Die Studierenden zeigen einen deutlichen Lernzuwachs zwischen Prä- und Posttest; der Zuwachs entspricht einem mittleren Effekt ($t(34) = 3.846, p < .001, d = 0.65$). Auffällig ist, dass der Lernzuwachs nur mit einer Facette der Zielorientierung korreliert: Studierende mit höherer Arbeitsvermeidung zeigen einen größeren Lernzuwachs ($r = .427, p = .011$). Korrelationen zwischen weiteren Personenmerkmalen und dem Lernzuwachs konnten nicht festgestellt werden. Weiterführende Regressionsanalysen zeigen einen signifikanten Interaktionseffekt zwischen dem Vorwissen und der Arbeitsvermeidung ($\beta = 0.71, p < .001$). Zu beachten ist allerdings, dass die Stichprobe keine Studierenden mit sehr hoher Arbeitsvermeidung enthält: Auf

einer Skala von 1 (sehr niedrig) bis 5 (sehr hoch), stellt 3 die höchste Ausprägung dar. Ein großer Lernzuwachs ergibt sich demzufolge insbesondere dann, wenn mittlere Arbeitsvermeidung und ein hohes Vorwissen zusammenfallen.

Teil II: Bearbeitungsprozesse und Lernzuwachs

Die Analyse der Logdateien zeigt, dass die Elemente der Umgebung (Instruktionen, Übungsaufgaben, etc.) im Mittel in ähnlichem Umfang genutzt werden. Es lässt sich in der Nutzung der Elemente jedoch eine eher große Varianz zwischen Personen feststellen. In einer ersten qualitativen Analyse der Bearbeitungsprozesse konnten zwei Profile identifiziert werden: Studierende mit Profil A bearbeiten größtenteils Instruktionen, Beispiele und Kurzaufgaben; Profil B zeichnet sich durch eine überwiegende Bearbeitung von Übungsaufgaben und Tests aus. Ein Vergleich der Profile zeigt, dass Studierende mit Profil A einen niedrigen bis mittleren Lernzuwachs erzielen, während der Lernzuwachs bei Studierenden mit Profil B sehr unterschiedlich ausfällt. Dieser Befund deutet darauf hin, dass es sich beim Üben um eine notwendige, aber keine hinreichende Bedingung für Lernerfolg handelt (vgl. Hattie, 2009). Bei der Betrachtung der Bearbeitungsprozesse aller Studierenden mit hohem Lernzuwachs fällt auf, dass diese in vielen Aspekten (z. B. Inhalt und Auswahl der bearbeiteten Inhaltsblöcke, Nutzung der Elemente) eine hohe Varianz aufweisen. Gemeinsam haben diese Personen jedoch, dass sie neben Grundwissen auch vertiefende Inhalte bearbeitet haben („erweitertes Wissen“). Entsprechend zeigt sich eine positive Korrelation zwischen dem Umfang der Bearbeitung von erweitertem Wissen und dem Lernzuwachs ($r = .342, p = .044$).

Weiterführende Analysen der Logdateien zeigen, dass die Studierenden bei der Bearbeitung überwiegend der Anlage der Lernumgebung zu folgen scheinen. Dies könnte ein möglicher Hinweis für fehlende Regulation des Lernprozesses sein, da die Studierenden ihr Bearbeitungsverhalten nicht an ihre individuellen Bedarfe anzupassen scheinen. Erste Analysen zeigen jedoch keine Korrelation zwischen der Linearität des Bearbeitungsprozesses und dem Lernzuwachs.

Zusammenfassung und Ausblick

Unsere Ergebnisse deuten insgesamt darauf hin, dass Bearbeitungsprozesse und Zusammenhänge zwischen Dispositionen der Lernenden und dem Lernerfolg vor allem von eher hoher Varianz geprägt sind. Darin scheint dem Üben aber eine notwendige Funktion für Lernerfolg zuzukommen. In weiteren Untersuchungen sollen vertiefende qualitative Analysen der Bearbeitungsprozesse vorgenommen werden. Der Fokus soll dabei auf der Identifikation von Merkmalen gelingender Bearbeitungen und von auftretenden Herausforderungen liegen. Es stellt sich bspw. die Frage, wie die Bearbeitung nach richtiger/falscher Lösung einer Aufgabe fortgesetzt wird und ob die Angemessenheit der eigenen Aufgabenlösung realistisch eingeschätzt wird. Darüber hinaus soll untersucht werden, ob sich weitere Bearbeitungsprofile finden lassen, die Rückschlüsse auf Dispositionen und Lernerfolg ermöglichen.

Literatur

- Azevedo, R. (2005). Using hypermedia as a metacognitive tool for enhancing student learning? The role of self-regulated learning. *Educational Psychologist*, 40(4), 199–209.
- Bannert, M., Reimann, P. & Sonnenberg, C. (2014). Process mining techniques for analysing patterns and strategies in students' self-regulated learning. *Metacognition Learning*, 9(2), 161–185.
- Bawa, P. (2016). Retention in online courses: Exploring issues and solutions — A literature review. *SAGE Open*, 6(1), 1–11.
- Boelens, R., Wever, B. de & Voet, M. (2017). Four key challenges to the design of blended learning: A systematic literature review. *Educational Research Review*, 22, 1–18.
- DiBenedetto, M. K. & Zimmerman, B. J. (2010). Differences in self-regulatory processes among students studying science: A microanalytic investigation. *The International Journal of Educational and Psychological Assessment*, 5(1), 2–24.
- Foerst, N. M., Klug, J., Jöstl, G., Spiel, C. & Schober, B. (2017). Knowledge vs. action: Discrepancies in university students' knowledge about and self-reported use of self-regulated learning strategies. *Frontiers in psychology*, 8, 1288.
- Hattie, J. (2009). *Visible learning. A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*. London: Routledge.
- Herfter, C., Grüneberg, T. & Knopf, A. (2015). Der Abbruch des Lehramtsstudiums – Zahlen, Gründe und Emotionserleben. *Zeitschrift für Evaluation*, 14(1), 57–82.
- Heublein, U. & Schmelzer, R. (2018). *Die Entwicklung der Studienabbruchquoten an den deutschen Hochschulen. Berechnungen auf Basis des Absolventenjahrgangs 2016*. Hannover: Deutsches Zentrum für Hochschul- und Wissenschaftsforschung.
- Kizilcec, R. F. & Halawa, S. (2015). Attrition and achievement gaps in online learning. In G. Kiczales, D. M. Russell & B. Woolf (Hrsg.), *Proceedings of the Second (2015) ACM Conference on Learning @ Scale* (S. 57–66). New York, NY: ACM.
- Maldonado-Mahauad, J., Pérez-Sanagustín, M., Kizilcec, R. F., Morales, N. & Muñoz-Gama, J. (2018). Mining theory-based patterns from Big data: Identifying self-regulated learning strategies in Massive Open Online Courses. *Computers in Human Behavior*, 80, 179–196.
- Pintrich, P. R. (2000). The role of goal orientation in self-regulated learning. In M. Boekaerts, P. R. Pintrich & M. Zeidner (Hrsg.), *Handbook of self-regulation* (S. 451–502). San Diego: Academic Press.
- Scheiter, K. & Gerjets, P. (2007). Learner control in hypermedia environments. *Educational Psychology Review*, 19(3), 285–307.
- Schiefele, U., Streblov, L. & Brinkmann, J. (2007). Aussteigen oder Durchhalten. Was unterscheidet Studienabbrecher von anderen Studierenden? *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 39(3), 127–140.

Alexander Engl
Björn Risch

Rheinland-Pfälzische Technische
Universität Kaiserslautern Landau,
Campus Landau

Die Einstellung zu Chemie und Natur: Validierung eines Messinstruments

„Chemiefreies Leben“, „Gut in Bio. Schlecht in Chemie“, „Natur statt Chemie“ – die Liste dieser aus der Werbung entnommenen Slogans ließe sich beliebig erweitern. Konsumgüter werden häufig mit Slogans beworben, um sich gezielt von „Chemie“ abzugrenzen und sich das positive Bild von „Natur“ zu Nutze zu machen (Gröger et al. 2014; Schummer 2017). Dass Chemie als Naturwissenschaft allerdings der Beschreibung der Natur dient, um deren Stoffe und Stoffumwandlungen zu erfassen, ist dem Laien selten bewusst. Hierzu geben Janich und Rüchardt (1996) in ihrem Buch „Natürlich, technisch, chemisch. Philosophie und Wissenschaft“ einen umfassenden Überblick. Dieser scheinbare Antagonismus von Chemie und Natur ist in den Köpfen der Öffentlichkeit fest verankert (Lehmann-Riekert 1999; Fischer 2017). Dabei findet Chemie überall statt, insbesondere in der Natur. Diese antagonistische Sichtweise von Chemie und Natur kann beispielsweise durch inhaltliche und methodische Änderungen im Chemieunterricht bewusstgemacht werden (Kaufmann 2000). Kaufmann (2000) schlägt vor, Inhalte zu thematisieren, die mit „Natur“ assoziiert werden und gleichzeitig „Chemie“ behandeln. Dies berücksichtigte Krischer (2015) bei der Gestaltung des Unterrichtskonzepts „...natürlich Chemie!“ und entwickelte Lerneinheiten, die die Natur als Forschungsgegenstand und die Chemie als Werkzeug zur Erklärung verwenden. Daran anknüpfend entstand das Unterrichtskonzept „Chemie Pur – Unterrichten in der Natur“, welches im Sinne von Outdoor Education mit naturnahen Kontexten den Chemieunterricht ins Freiland verlagert und so die Einstellung zu Chemie und Natur von Lernenden der Sekundarstufe II langfristig positiv beeinflusst (Engl 2020). Allerdings liegt hierfür das Forschungsdesiderat vor, dass aktuell kein Messinstrument zur zusammenhängenden Erfassung der Einstellung zu Chemie und Natur existiert. Folglich gilt es ein Messinstrument zu entwickeln und zu validieren. Dafür wird auf die nachfolgende theoretische Rahmung zurückgegriffen.

Die Einstellung zu Chemie und Natur

Die Einstellung zur Wissenschaft Chemie hat sich in den letzten 40 Jahren gewandelt. In den 1980er Jahren wurde Chemie mit Begriffen wie gefährlich, bedrohlich und beängstigend assoziiert (Demuth und Gradert 1988). Müller-Harbach et al. (1990a) stellten in ihrer Untersuchung mit 2.226 Realschülerinnen und Realschülern der zehnten Jahrgangsstufe fest, dass Probanden, die eine positive Einstellung zum Chemieunterricht haben, auch der Wissenschaft Chemie gegenüber aufgeschlossen sind. Weiterhin zeigte sich bei Jungen kein Zusammenhang zwischen der Einstellung zur Wissenschaft Chemie und der Einstellung zu Umweltproblemen, während Schülerinnen, mit einer positiven affektiven Haltung gegenüber Umweltproblemen eine negative Einstellung zur Wissenschaft Chemie aufwiesen und umgekehrt (Müller-Harbach et al. 1990a): „Die bei den Mädchen beobachtete Einstellung entspricht der landläufigen Meinung: Wer sich ökologisch engagiert, lehnt die Chemie ab oder wer Chemie gut findet, hat nichts für die Umwelt übrig.“ (Müller-Harbach et al. 1990a, S: 249). In diesem Spannungsfeld der antagonistischen Einstellungen zu den Bereichen Chemie und Umwelt beziehungsweise Natur entstanden in den letzten 30 Jahren ebenfalls mehrere Replikationsstudien. Werth (1991) hat in seiner Studie 132 Chemiestudierende des ersten Semesters hinsichtlich ihrer Einstellung zu Chemie und Natur befragt. Bei dieser Stichprobe kann ein naturwissenschaftliches Interesse vorausgesetzt werden (Scharf 1994), sodass die minimal positive Einstellung zur Wissenschaft Chemie im Vergleich zur Natur zu einer

Differenz von lediglich 0.65 Punkten führte. Bei 356 fachfremden Studierenden des Grundschullehramts und der Wirtschaftswissenschaften zeigte Kaufmann (2000) eine deutlich größere Kluft von geschätzt 1.9 Punkten. In einer internationalen Vergleichsstudie befragten Krischer et al. (2016) 822 Schülerinnen und Schüler der achten Klasse aus Argentinien, Deutschland, Irland und den USA. Die antagonistische Einstellung zur Wissenschaft Chemie und Natur unterschied sich um 1.39 Punkte. Eine vergleichbare Differenz von 1.22 Punkten wird von Engl (2020) anhand von 149 Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe II bestätigt. Diese Ergebnisse verdeutlichen die ausnahmslos positive Einstellung zur Natur in Abgrenzung zur negativen bis geringfügig positiven Einstellung zur Wissenschaft Chemie: „Die meisten Schüler gaben an, dass „natürlich“ und „chemisch“ einen Gegensatz bildeten, sich sogar ausschlossen. Andererseits wußten (!) sie ja, daß die meisten natürlichen Vorgänge auch chemische Vorgänge seien und umgekehrt.“ (Scharf und Werth 1989, S: 64). Das Konstrukt der Einstellung zu Chemie und Natur lässt sich anhand der qualitativen Daten von 249 Schülern der Sekundarstufe I zur Definition der Begriffe Chemie und Natur konkretisieren (Krischer 2015): Die häufigsten Nennungen zum Begriff Chemie umfassten Experimente (116-mal), chemische Reaktionen (74-mal), die Betrachtung, Untersuchung oder Lehre von Stoffen (63-mal) sowie Formeln oder ähnliches (41-mal). Die Definition von Natur ließ sich in die Kategorien von assoziativen Bezügen (165-mal), positive bis romantisierende Wertungen (64-mal), eine Abgrenzung zu Mensch und Kultur (63-mal) sowie ein umfassender Naturbegriff (57-mal) einteilen (Krischer 2015).

Hieraus lässt sich die Notwendigkeit der Analyse von Einstellungsänderungen zu Chemie und Natur durch spezifische Interventionsmaßnahmen ableiten. Dafür ist ein valides Messinstrument notwendig, dessen Testkonstruktion bereits in Engl (2020) beschrieben wurde. Im Folgenden werden das zugrundeliegende Validitätskonzept sowie die Schritte der Validierung dargelegt. Die Validität stellt das wichtigste Gütekriterium eines Tests dar. Sie beschreibt die Gültigkeit des Messvorgangs (Hartig et al. 2012). Die Validierung des Instruments beruht auf dem Konzept der argumentativen Validität nach Messick (1995) und Kane (2001), das theorie- und evidenzbasiert bewertet, inwieweit die Testwertinterpretation für den jeweiligen Verwendungszweck valide ist. Im konkreten Fall wurden die Testwertinterpretationen als Indikatoren für die Einstellung zu Chemie und Natur von Lernenden der Sekundarstufe II festgelegt. Der Verwendungszweck entspricht der Analyse von Einstellungsänderung durch Interventionen (z. B. Outdoor Education Chemie Pur nach Engl 2020). Dieses Validitätskonzept sieht die Konstruktvalidität als Bezugsrahmen, in welches Inhalts- und Kriteriumsvalidität integriert werden (Messick 1995; Kane 2001). Im Rahmen der fachdidaktischen Bildungsforschung sind drei Ebenen von Validitätsaspekten besonders relevant (von Aufschnaiter und Vorholzer 2019):

- (1) Ebene der Aufgaben oder des Settings: Inhaltliche und kognitive Validität z. B. Augenscheinvalidität oder Antwortprozesse
- (2) Ebene der Antworten oder des Verhaltens: Strukturelle und externe Validität z. B. konstruktinmanente Annahmen, diskriminante, konvergente, retrospektive oder prädiktive Validität
- (3) Ebene der Schlussfolgerungen oder des Transfers: Generalisierbarkeit und konsequentielle Validität z. B. Vergleich bekannter Gruppen oder intendierte und unerwünschte (Neben-)Wirkungen

Validierung des Messinstruments

Da die Inhaltsvalidität mehr das Ziel der Testkonstruktion und weniger ein Testgütekriterium darstellt (Schmiemann und Lücken 2014), zielt die Datenerhebung primär auf die Ebene der Antworten oder des Verhaltens sowie auf die Ebene der Schlussfolgerung oder des Transfers ab. Die Datenerhebung gliedert sich in zwei Teilstudien, in denen das Messinstrument zur Erfassung der Einstellung zu Chemie und Natur eingesetzt wurde: An der Teilstu-

die I nahmen 191 Probanden aus 13 Chemie Grund- und Leistungskursen der Jahrgangsstufe elf und zwölf von drei städtischen, allgemeinbildenden Gymnasien teil (Alter: $M = 17$ Jahre, $SD = 0.8$; $\bar{\eta} = 49\%$, $n_{\bar{\eta}} = 90$). Neben demografischen Daten wurden Zeugnisnoten zur Prüfung der retrospektiven Kriteriumsvalidität und die Einstellung zur Wissenschaft Chemie, die Einstellung zur Natur (Kaufmann 2000; Weßnigk 2013; Krischer 2015) mit semantischen Differenzialen sowie die Naturverbundenheit (Schultz 2002; Roczen 2011) zur Prüfung der diskriminanten Konstruktvalidität erfasst. Zur konvergenten Konstruktvalidität wurde zusätzlich das Einzelitem von Schultz (2002) der überlappenden Kreise mit den Beschriftungen „Chemie“ und „Natur“ eingesetzt. In der Teilstudie II wurden 130 Bachelor-Studierenden der ersten Semester in naturwissenschaftlichen und nicht-naturwissenschaftlichen Studiengängen befragt teil (Alter: $M = 22$ Jahre, $SD = 3.1$; $\bar{\eta} = 68\%$, $n_{\bar{\eta}} = 89$). Die Datenauswertung erfolgte anhand von Korrelationsanalysen und Unterschiedsprüfungen. Der lineare Zusammenhang zwischen unterschiedlichen Variablen wurde anhand einer Produkt-Moment-Korrelation nach Pearson berechnet (Luhmann 2015). Beispielsweise wurden zur Prüfung der diskriminanten Konstruktvalidität vergleichbare Konstrukte – nicht zu ähnlich aber auch nicht zu verschieden – in Beziehung gesetzt, um Zusammenhänge der Einstellung zu „Chemie und Natur“ mit der Einstellung zur Wissenschaft Chemie zu identifizieren. Die Unterschiedsprüfung wurde mittels t-Test zwischen der Gruppe von Studierenden naturwissenschaftliche Fächer im Vergleich zur Gruppe von Studierenden nicht-naturwissenschaftliche Fächer durchgeführt.

Die Korrelationsanalysen zeigen als Indiz für die diskriminante Konstruktvalidität nur geringe Korrelationen und vernachlässigbare Effekte der Testergebnisse des Instruments mit vergleichbaren Konstrukten:

- Korrelation mit Einstellung zur Wissenschaft Chemie (Semantische Differenziale):
 $t(182) = 2.77, p = 0.006, r = 0.20$
- Korrelation mit Einstellung zur Natur (Semantische Differenziale):
 $t(183) = -0.45, p = 0.05, r = -0.03$
- Korrelation mit Naturverbundenheit (Skala):
 $t(183) = 0.69, p > 0.05, r = 0.05$
- Korrelation mit Naturverbundenheit (Einzelitem überlappende Kreise):
 $t(183) = 0.82, p > 0.05, r = 0.06$

Als Indiz für die konvergente Konstruktvalidität liefert die Korrelationsanalyse der Testergebnisse des Instruments mit dem Konstrukt der Einstellung zu Chemie und Natur (Einzelitem überlappende Kreise) einen signifikanten Zusammenhang mit einem großen Effekt ($t(183) = 7.78, p < 0.001, r = 0.50$). Als Indiz für die retrospektive Kriteriumsvalidität ergeben die Korrelationsanalysen der Testergebnisse des Instruments mit den Zeugnisnoten fachspezifisch gerichtete signifikante Zusammenhänge mit kleinen und mittleren Effekten:

- Korrelation mit Zeugnisnote Fach Chemie: $t(179) = -4.76, p < 0.001, r = -0.34$
- Korrelation mit Zeugnisnote Fach Biologie: $t(178) = -4.07, p < 0.001, r = -0.29$
- Korrelation mit Zeugnisnote Fach Geografie: $t(170) = -2.66, p = 0.009, r = -0.20$
- Korrelation mit Notendurchschnitt: $t(161) = -3.18, p = 0.002, r = -0.24$

Als Indiz der Generalisierbarkeit deckt die Unterschiedsprüfung zwischen der Gruppe von Studierenden naturwissenschaftlicher Fächer (z. B. B.Sc. Umweltwissenschaften) im Vergleich zur Gruppe von Studierenden nicht-naturwissenschaftlicher Fächer (z. B. B.Arts Erziehungswissenschaften) signifikante Unterschiede mit einem mittleren Effekt in den Testergebnissen des Instruments auf ($t(128) = -3.92, p < 0.001, d = 0.54$).

Die aufgeführten Indizien dienen als Argumente für die Validität des Messinstruments. Die Validität kann in fortführenden Studien weiter ausgeschärft werden, wenn das Instrument bei anderen Zielgruppen und Interventionsmaßnahmen oder flankiert von anderen methodischen Zugängen eingesetzt wird.

Literatur

- Demuth, R. & Gradert, B. (1988). Schulabschluss und Bild der Chemie: Ergebnisse einer empirischen Untersuchung zum Bild der Chemie in der Öffentlichkeit. *Chemie für Labor und Betrieb*, 39 (12), 602–604.
- Fischer, R. A. (2017). Chemie: Künstliche Natur oder natürliche Kunst?. In A.-D. Weitze, J. Schummer & T. Geelhaar (Hrsg.), *Zwischen Faszination und Verteufelung: Chemie in der Gesellschaft*. Berlin: Springer.
- Gröger, M., Krischer, D. & Spitzer, P. (2014). Chemieunterricht? Draußen!. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 144 (6), 2–7.
- Hartig, J. Frey, A. & Jude, N. (2012). Validität. In H. Moosbrugger & A. Kelava (Hrsg.), *Testtheorie und Fragebogenkonstruktion*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Janich, P. & Rüdhardt, C. (Hrsg.) (1996). *Natürlich, technisch, chemisch: Verhältnisse zur Natur am Beispiel der Chemie*. Berlin: Gruyter.
- Kane, M. T. (2001). Current Concerns in Validity Theory. *Journal of Educational Measurement*, 38 (4), 319–342.
- Kaufmann, H. (2000). Chemieunterricht und das Problem der antagonistischen Sicht von „Natur“ und „Chemie“. In A. Gramm, N. Just, K. Möller, M. Soostmeyer, J. Schlichting & E. Sumfleth (Hrsg.), *Naturwissenschaften und Technik – Didaktik im Gespräch*. Münster, Hamburg, London: Lit.
- Krischer, D. (2015). „...natürlich Chemie!“ *Chemieunterricht in naturnaher Umgebung und naturbezogenen Kontexten. Ein Unterrichtskonzept für die Sekundarstufen I und II*. Siegen: Universität Siegen.
- Krischer, D., Spitzer, P. & Gröger, M. (2016). „Chemistry is Toxic, Nature is Idyllic“ – Investigation of Pupils' Attitudes. *The Journal of Health, Environment & Education*, 8 (1), 7–13. doi: 10.18455/08002.
- Lehmann-Riekert, A. (1999). Chemie und Öffentlichkeit – der (leicht) gestörte Frieden. *Nachrichten aus Chemie, Technik und Laboratorium*, 47 (7), 797–800.
- Luhmann, M. (2015). *R für Einsteiger Einführung in die Statistiksoftware für die Sozialwissenschaften*. Weinheim: Beltz.
- Messick, S. (1995). Validity of Psychological Assessment. Validation of Inferences From Person's Responses and Performance as Scientific Inquiry Score Meaning. *American Psychologist*, 50 (9), 741–749.
- Müller-Harbach, G., Wenck, H. & Bader, H.-J. (1990a). Die Einstellung von Realschülern zum Chemieunterricht, zu Umweltproblemen und zur Chemie. Teil II: Ergebnisse einer empirischen Untersuchung an einer Stichprobe von 2200 Realschülern in Nordrhein-Westfalen. *Chimica didactica Zeitschrift für Didaktik der Chemie*, 16 (4), 233–253.
- Roczen, N. (2011). *Environmental competence. The interplay between connection with nature and environmental knowledge in promoting ecological behavior*. Eindhoven: Eindhoven University of Technology.
- Scharf, V. & Werth, S. (1989). Einstellungen und Chemieunterricht - Was bleibt eigentlich. *Chimica didactica Zeitschrift für Didaktik der Chemie*, 15 (1), 55–70.
- Scharf, V. (1994). Urteile und Vorurteile über Chemie. *CHEMKON*, 1 (1), 8–14. doi: 10.1002/ckon.19940010103.
- Schmiemann, P. & Lücken, M. (2014). Validität – Misst mein Test, was er soll?. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Schultz, P. W. (2002). Inclusion with nature: The psychology of human-nature relations. In P. Schmuck & W. P. Schultz (Eds.), *The psychology of sustainable development*. New York: Kluwer.
- Schummer, J. (2017). Einführung. In A.-D. Weitze, J. Schummer & T. Geelhaar (Hrsg.), *Zwischen Faszination und Verteufelung: Chemie in der Gesellschaft*. Berlin: Springer.
- Von Aufschnaiter, C. & Vorholzer, A. (2019) Welche Methoden braucht die Bildungsforschung? Eine fachdidaktische Perspektive. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 30 (58), 57–63
- Werth, S. (1991). *Mensch-Chemie-Natur: grundlegende Einstellungen von Lernenden und ihre Bedeutung*. Essen: Westarp-Wiss.
- Weßnigg, S. (2013). *Kooperatives Arbeiten an industrienahen außerschulischen Lernorten*. Kiel: Universitätsbibliothek Kiel.

Katja Plicht¹
 Hendrik Härtig²
 Alexandra Dorschu¹

¹Hochschule Ruhr West
²Universität Duisburg-Essen

Problemlösestrategien statt Rechnen? Evaluation eines Übungskonzepts

Expert:innen-Noviz:innen-Vergleich

Die Expertiseforschung bietet Erkenntnisse über die Unterschiede von Expert:innen und Noviz:innen, welche genutzt werden können, um den Lernprozess von Noviz:innen gezielt zu unterstützen. Dabei kennzeichnet sich der Problemlöseprozess von Expert:innen durch eine Problemrepräsentation, die sich auf die Tiefenstruktur des Problems konzentriert (Chi et al., 1981), sowie die Verwendung von Problemschemata, welche eine Entlastung des *Cognitive Load* ermöglichen (Sweller, 1988). Letztere stellen kognitive Strukturen dar, die Informationen über Problemtypen, Problemmerkmale und Lösungsansätze beinhalten. Das Modell des wissenszentrierten Problemlösens von Friege (2001), welches dieser Arbeit zugrunde gelegt wird, beschreibt die Entwicklung der Problemschemata anhand der Erarbeitung einer Vielzahl von Beispielproblemen sowie der Vernetzung des zugrundeliegenden Faktenwissens. Noviz:innen, die diese Strukturen noch nicht ausgebildet haben, lassen sich durch Oberflächenmerkmalen ablenken und nutzen fehleranfällige Lösungsstrategien (z.B. Brandenburger, 2016). Der Expertiseerwerb wird dabei als ein langwieriger Prozess angesehen, der auf etwa 10 Jahre abgeschätzt wird (z. B. Ericsson, 2018).

Worked Examples

Eine etablierte Methode zur Förderung der Problemlösekompetenz stellt der Einsatz von Worked Examples dar. Dabei handelt es sich um Aufgaben, die neben der Problemstellung ebenfalls eine schrittweise Erklärung der Lösung beinhalten. Besonders zu Beginn des Expertiseerwerbs konnte diese Methode wiederholt höhere Lernzuwächse im Vergleich zum eigenständigen Problemlösen zeigen. Diese Beobachtung wird als *worked-example effect* bezeichnet (Sweller & Cooper, 1985).

Ausgangslage

Derzeit wird das Lösen physikalischer Probleme an den meisten deutschen Universitäten im Rahmen von Physikübungen thematisiert, wobei das Vorrechnen von Physikaufgaben im Fokus liegt (Haak, 2016) und Problemlösestrategien höchstens implizit adressiert werden (Woitkowski, 2018). Es lässt sich darüber hinaus feststellen, dass die Problemlösefähigkeiten der Studierenden auch nach den ersten Semestern als ungenügend beschrieben werden müssen (Woitkowski, 2020), sodass eine stärkere Ausrichtung auf die Problemlösekompetenz der Studierenden vielversprechend erscheint.

Forschungsziel und -methode

Ziel der Studie war die Ausarbeitung eines neuen Übungskonzepts mit dem Fokus auf der Entwicklung von Problemschemata und der Vermittlung von Problemlösestrategien. Da sich die Methode der Worked Examples in diesem Bereich bereits bewährt hat, baut das

instruktionale Strategietraining auf entsprechendem Übungsmaterial auf. Die Intervention wird in einem Kontrollgruppendesign untersucht, wobei in Kontroll- und Interventionsgruppe die identischen Probleme besprochen werden. Die Evaluation des Konzepts wird anhand eines Prä-Post-Vergleichs vorgenommen, der das deklarative Wissen über Problemschemata (Single-Choice-Test, Eigenkonstruktion) sowie die Auswahl der Problemschemata (Sortieraufgaben adaptiert nach Binder et al. (2019)) der Gruppen untersucht.

Durchführung des Strategietrainings

Das Strategietraining wurde an der Hochschule Ruhr West im Wintersemester 2021/22 eingesetzt. Die Teilnehmenden ($N = 71$) waren Studierende des Studiengangs Maschinenbau im ersten Semester. Das Konzept wurde in 12 wöchentlichen Seminarsitzungen von jeweils 60 Minuten durchgeführt. Alle Studierenden haben dabei Übungsblätter erhalten, die auf einem Worked Example aufbauten. Darüber hinaus wurde die Tiefenstruktur der Aufgaben anhand einer systematischen Aufgabenanalyse abgestimmt (Plicht et al., 2020).

Die erste Sitzung fokussiert auf einem kognitiven Konflikt, der die Notwendigkeit belastbarer Lösungsstrategien motivieren soll. Dabei werden den Studierenden verschiedene Aufgaben präsentiert, die eine ähnliche Oberflächen-, aber unterschiedliche Tiefenstrukturen aufweisen, wodurch oberflächliche Strategien wie beispielsweise das *recursive plug-and-chug*-Verfahren (Tuminaro & Redish, 2005) angesprochen werden sollen, die dabei zum Scheitern des Lösungsprozesses führen. Nach der Auflösung des kognitiven Konflikts wird ein Problemlöseprozess in Anlehnung an das Modell des wissenszentrierten Problemlösens von Frieg (2001) als Alternative vorgestellt, das als Gerüst der nachfolgenden Sitzungen dient.

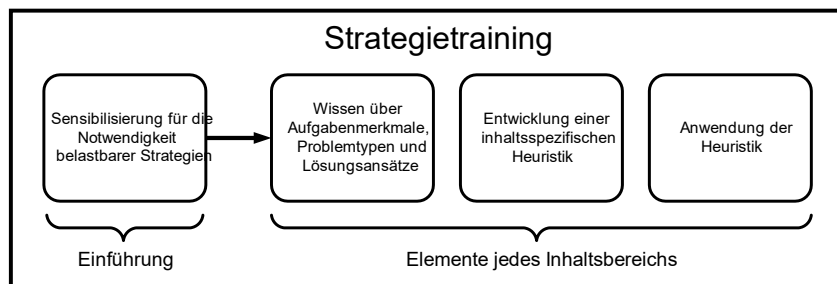


Abb.1: Struktur des Strategietrainings

Nach der Einführung werden die Themenbereiche Kinematik, Kräfte, Energie und Impuls behandelt, welche stets in die gleichen Elemente des Strategietrainings unterteilt werden (s. Abb. 1). Als Kernelement des Strategietrainings wird ein „Übersetzungsprozess“ durchgeführt, der kleinschrittig die Problemrepräsentation und Problemschemaauswahl einer Expertin bzw. eines Experten nachahmt. Ziel ist dabei die Verknüpfung problemspezifischer Informationen, welche im Sinne der Problemschemata erlernt werden sollen. Diese umfassen charakteristische Aufgabenmerkmale, konzeptuelle Merkmale und Lösungsansätze. Zusätzlich werden inhaltspezifische Heuristiken erarbeitet und angewendet, sodass eine abstrahierte Vorgehensweise zur Bearbeitung neuer Probleme bekannt ist.

Ergebnisse

Für die Evaluation des Konzepts wird zunächst der Lernzuwachs der Kontroll- und Interventionsgruppe im Hinblick auf das deklarative Wissen über Problemschemata verglichen. An dieser Stelle wird der Welch-Test verwendet, der auch bei fehlender Varianzhomogenität eine vergleichbare Macht zum ungepaarten T-Test aufweist (Kubinger et al., 2009). Dabei lässt sich ein signifikanter Unterschied beobachten, der eine hohe Effektstärke aufweist (s. Tabelle 1). Die Förderung der Entwicklung von Problemschemata durch die Intervention kann somit als erfolgreich eingeschätzt werden.

Für den Vergleich des Lernzuwachses bezüglich der Auswahl von Problemschemata lässt sich jedoch kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen feststellen (s. Tabelle 1), sodass hier kein Einfluss des Strategietrainings nachgewiesen werden kann.

Tabelle 1: Vergleich des Lernzuwachses zwischen Kontroll- und Interventionsgruppe

| Testinstrument | Welch-Test | Cohen's <i>d</i> | <i>p</i> |
|--|-----------------|------------------|----------|
| Deklaratives Wissen über Problemschemata | $t(48) = 3.248$ | .938 | .002 |
| Sortieraufgaben | $t(55) = 1.118$ | - | .268 |

Diskussion

Die Evaluation des Übungskonzepts zeigt, dass ein stärkerer Fokus auf die Vermittlung von Problemschemata und Problemlösestrategien als förderlich im Vergleich zu einem klassischen Übungskonzept bewertet werden kann. Auch wenn der positive Effekt des Strategietrainings in der derzeitigen Form nur im Bereich des deklarativen Wissens über Problemschemata nachgewiesen werden kann, ist dies in Anbetracht des langwierigen Expertiseerwerbs (z. B. Ericsson, 2018) und der hohen Relevanz der Ausbildung entsprechender Wissensstrukturen (z. B. Gruber et al., 2019) als wichtiger Entwicklungsschritt zu betrachten.

Das Ausbleiben eines solchen Effekts für die Auswahl der Problemschemata lässt dabei verschiedene Erklärungsansätze zu. Ein möglicher Aspekt besteht hier in dem deutlichen Fokus des Strategietrainings auf der Ausbildung der Problemschemata durch den beschriebenen Übersetzungsprozess sowie die Verwendung von Aufgaben sehr ähnlicher Tiefenstrukturen. Auch wenn die Vermittlung und Anwendung allgemeiner Heuristiken einen Teil der Intervention darstellten, kann im Hinblick auf den Anspruch einer Transferleistung hier diskutiert werden, ob die Gewichtung der einzelnen Elemente in einer weiteren Optimierung zu Gunsten des Anwendungsaspekts angepasst werden sollte. Dabei ist unklar, ob eine veränderte Ausrichtung des Konzepts eine verbesserte Transferleistung ermöglichen kann oder stattdessen erzielte Ergebnisse des derzeitigen Designs verhindern würden.

Darüber hinaus können die beobachteten Effekte der Entwicklung von Problemschemata durch weitere qualitative Untersuchungen unterstützt werden. Dabei wäre primär ein Fokus auf der Struktur der Problemschemata sowie der ersten beiden Phasen des Problemlöseprozesses von Interesse. Ein tieferes Verständnis könnte an dieser Stelle möglicherweise Auskunft darüber geben, wie eine Anwendung der erlernten Strukturen im Rahmen der Auswahl geeigneter Problemschemata erzielt werden kann. Insgesamt lässt sich das Übungskonzept als vielversprechende Alternative zu bestehenden Physikübungskonzepten betrachten, welches weiteren Spielraum für Optimierung zulässt, um die Problemlösekompetenz von Studierenden noch gezielter zu unterstützen.

Literatur

- Binder, T., Schmiemann, P., & Theyßen, H. (2019). Erfassung von fachspezifischen Problemlöseprozessen mit Sortieraufgaben in Biologie und Physik. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 25(1), 25-42.
- Brandenburger, M. (2016). Was beeinflusst den Erfolg beim Problemlösen in der Physik?: eine Untersuchung mit Studierenden (Vol. 218). Logos Verlag Berlin GmbH.
- Chi, M. T., Feltovich, P. J., & Glaser, R. (1981). Categorization and representation of physics problems by experts and novices. *Cognitive science*, 5(2), 121-152.
- Ericsson, K. A. (2018). An Introduction to the Second Edition of The Cambridge Handbook of Expertise and Expert Performance: Its Development, Organization, and Content. In Ericsson, K. A., Hoffman, R. R., Kozbelt, A., & Williams, A. M. (Eds.). *The Cambridge handbook of expertise and expert performance*. (2., 3-20). Cambridge University Press.
- Friege, G. (2001). Wissen und Problemlösen: eine empirische Untersuchung des wissenszentrierten Problemlösens im Gebiet der Elektrizitätslehre auf der Grundlage des Experten-Novizen-Vergleichs, Logos-Verlag, Berlin.
- Gruber, H., Scheumann, M., & Krauss, S. (2019). Problemlösen und Expertiseerwerb. In *Psychologie für den Lehrberuf* (pp. 53-65). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Haak, I. (2016). Was macht eine gute Übung aus. Ein Vergleich von Vorstellungen zum physikalischen Übungsbetrieb. *die hochschullehre*, 2, 1-25.
- Kubinger, K. D., Rasch, D., & Moder, K. (2009). Zur Legende der Voraussetzungen des t-Tests für unabhängige Stichproben. *Psychologische Rundschau*, 60(1), 26-27.
- Plicht, K., Härtig, H., & Dorschu, A. (2020). Aufgabenanalyse und Worked-Examples als Basis eines Strategietrainings. In: S. Habig (Hrsg.), *Naturwissenschaftlicher Unterricht und Lehrerbildung im Umbruch? Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung Online 2020*. (S. 453). Universität Duisburg-Essen.
- Sweller, J., & Cooper, G. A. (1985). The use of worked examples as a substitute for problem solving in learning algebra. *Cognition and instruction*, 2(1), 59-89.
- Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive science*, 12(2), 257-285.
- Tuminaro, J., & Redish, E. F. (2005). Student Use of Mathematics in the Context of Physics Problem Solving: A cognitive model. U. of Maryland preprint.
- Woitkowski, D. (2018). Fachwissen und Problemlösen im Physikstudium: Vorstellung des Forschungsprojektes KEMΦ. *PhyDid B-Didaktik der Physik-Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*, 1.
- Woitkowski, D. (2020). Surveying University Students' Problem Solving Skills in Realistic Settings. In O. Levriani & G. Tasquier (Eds.), *Electronic Proceedings of the ESERA 2019 Conference.: The Beauty and Pleasure of Understanding: Engaging With Contemporary Challenges Through Science Education* (pp. 2008–2014). Bologna: University of Bologna.

Rita Krebs¹
Anja Lembens¹

¹Universität Wien

Säure-Base-Reaktionen in der SEK II – Evaluierung einer Lernumgebung

Säure-Base-Reaktionen begegnen einem im alltäglichen Leben und sind ein klassisches Beispiel für Reaktionen, die nach dem Donator-Akzeptor-Prinzip ablaufen. Daher werden sie als ein zentrales Thema im Chemieunterricht behandelt. Es ist jedoch eine Herausforderung, das Thema so zu unterrichten, dass Lernende ein anwendbares und anschlussfähiges Wissen erwerben (Krebs et al., 2022; Reiners, 1997). Zu den Ursachen für diese Herausforderung zählen unter anderem historisch gewachsene Konzepte und Termini (Häusler, 1987; Krebs & Hofer, 2022), die kontextabhängig und aus heutiger Sicht verwirrend und wenig anschlussfähig sind. Dies spiegelt sich in zahlreichen Lernendenvorstellungen zum Thema wider, die im Widerspruch zu fachlich angemessenen Konzepten stehen (Hoe & Subramaniam, 2016). Um zu einer kohärenten, fachlich angemessenen und anschlussfähigen Einführung von Säure-Base-Reaktionen in der Sekundarstufe II beizutragen, verfolgt das hier vorgestellte Design-Based Research (DBR) Projekt (Haagen-Schützenhöfer & Hopf, 2020) das Ziel, eine mittels didaktischer Rekonstruktion entwickelte Lernumgebung (LU) für die Sekundarstufe II zum Säure-Base-Konzept nach Brønsted zu evaluieren.

Die entwickelte Lernumgebung

Wie bereits erwähnt, birgt das Unterrichten von Säure-Base-Reaktionen in der Sekundarstufe II einige Herausforderungen. Um diesen konstruktiv zu begegnen, wurden folgende Design-Entscheidungen getroffen:

- Der Electron Pushing Formalism wird verwendet, um den Reaktionsmechanismus zu verdeutlichen (Ghosh & Berg, 2014; Sieve & Bittorf, 2016) und auf das Donator-Akzeptor-Konzept im Zuge der Reaktion fokussiert.
- „Säure“ und „Base“ werden als an der Reaktion beteiligte Teilchen eingeführt; es wird deutlich gemacht, dass es sich dabei um keine inhärente Teilcheneigenschaft, sondern um ein „Verhalten“ im Zuge der Reaktion handelt.
- Becherglasmodelle (Barke, 2015) und Simulationen (Watson et al., 2020) werden eingesetzt, um Aspekte wie Säure- und Basenstärke zu verdeutlichen.

Insgesamt soll so eine bessere Anschlussfähigkeit an das Lewis-Konzept sowie andere Reaktionstypen (Redox-Reaktionen, organische Reaktionsmechanismen) ermöglicht werden.

Forschungsdesign und Methoden

Das hier vorgestellte DBR-Projekt wurde in zwei Phasen durchgeführt, einer Vor- und Hauptstudie (Abb. 1). Im Zuge der Vorstudie ($N=18$) wurde ein einfaches mehrteiliges Erklärungsangebot zum Thema Säure-Base-Reaktionen in der Sekundarstufe II entwickelt (Krebs et al., 2022) und evaluiert. In der Hauptstudie ($N=52$) wurde aus dem Erklärungsangebot eine größere Lernumgebung für die Zielgruppe entworfen und in Form einer Interventionsstudie überprüft. Um zu evaluieren, ob der Zielgruppe das entwickelte Erklärungsangebot angemessen und plausibel (Posner et al., 1982) erscheint, wurden in einer

Vorstudie mehrere Runden Akzeptanzbefragungen (Jung, 1992) mit Schüler*innen ($N_1=7$, $N_2=4$, $N_3=7$) durchgeführt. Hierbei wurde den Teilnehmenden eine Erklärung aus dem Erklärungsangebot präsentiert (1). Diese Erklärung wurde dann von den Lernenden bezüglich Nachvollziehbarkeit und Verständlichkeit evaluiert (2), paraphrasiert (3) und abschließend auf eine oder mehrere Aufgaben steigender Schwierigkeit angewendet (4). Die gewonnenen Daten wurden mittels skalierender Inhaltsanalyse (Kuckartz, 2018) ausgewertet.

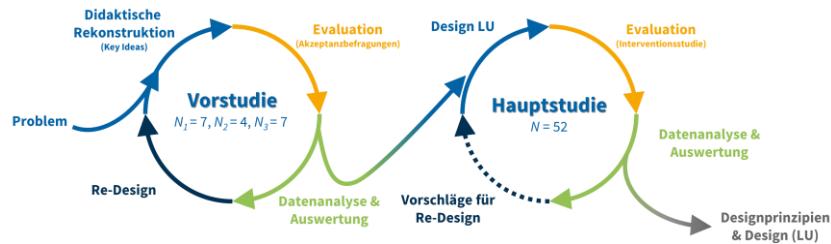


Abb. 1: Überblick über das Forschungsdesign (Reeves, 2006; Zloklikovits & Hopf, 2018).

Im Zuge der Interventionsstudie ($N=52$) kam schließlich ein selbstentwickelter, Rasch-skaliertes Multiple-Choice-Wissenstest zu Säure-Base-Reaktionen nach Brønsted und sechs offene Fragen zum Säure-Base-Konzept nach Brønsted sowie drei Fragen zum Interesse für die Lernumgebung und drei Items zum akademischen Selbstkonzept aus der PISA-Studie 2000 (Kunter et al., 2002) zum Einsatz. Die Interventionsstudie lief in vier Phasen ab: Zunächst wurden drei Chemielehrerinnen der Sekundarstufe II darin unterwiesen, wie sie die Lernumgebung in ihrem Chemieunterricht einsetzen sollen, anschließend absolvierten die teilnehmenden Schüler*innen ($N = 85$) den Pretest (11 Multiple-Choice-Aufgaben, sechs offene Fragen zu zentralen Aspekten des Themas, drei Items zum akademischen Selbstkonzept). In einem dritten Schritt wurde die Lernumgebung von den Lehrerinnen im Unterricht eingesetzt. Abschließend bearbeiteten die Schüler*innen den Posttest (verbleibende 11 Multiple-Choice-Aufgaben sowie dieselben sechs offenen Fragen wie im Pretest und drei Fragen zum Interesse). Die mittels thematischer Analyse (Braun & Clarke, 2019) auszuwertenden Antworten auf die offenen Fragen sollen in weiterer Folge die quantitativen Daten aus dem Rasch-skalierten Wissenstest ergänzen.

Ergebnisse

In den ersten beiden Interviewrunden konnte eine gute bis befriedigende Akzeptanz des Erklärungsangebotes erzielt werden. Auf Basis dieser Ergebnisse wurde das Konzept weitreichend umgestaltet und teilweise vereinfacht. In der Folge konnten die Ergebnisse der dritten Runde Akzeptanzbefragungen als sehr erfolgreich gewertet werden (siehe Abb. 2 als Beispiel).

| | | LA | MARIE | BITTERBEILY | JO | APPLE | KONAS | MAX | SERENA | MONKEY | SUPERVIS | PAUL | ANSTROM | BIRNWARD | PAT | LEA | SEN | KANAK | JAKE |
|--|-------------|----|--------------|-------------|----|-------|------------|-----|--------|--------|----------|------|---------|----------|-----|-----|-----|-------|------|
| Säure-Base-Reaktion | Bewertung | + | ✓ | ✓ | - | - | - | ✓ | | | | | | | | | | | |
| | Paraphrase | + | ✓ | ✓ | - | - | - | ✓ | | | | | | | | | | | |
| | Aufgabe 1 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | | | | | | | | | | | |
| | Aufgabe 2 | + | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | | | | | | | | | | | |
| Säure-Base-Reaktion mit EPF | Bewertung | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| | Paraphrase | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| | Aufgabe 1 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| | Aufgabe 2 | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| Säuren und Basen als Teilchen definieren | Bewertung | ✓ | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| | Paraphrase | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| | Aufgabe 1 | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| | Aufgabe 2 | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| | erfolgreich | ✓ | befriedigend | + | - | - | mangelhaft | + | | | | | | | | | | | |

Abb. 2. Ergebnisse für die Erklärungen 1 und 2 aus den Akzeptanzbefragungen (Jung, 1992).

In einem nächsten Schritt wurde eine größere Lernumgebung auf Basis des oben angeführten Erklärungsangebots evaluiert. Mit einem Rasch-skalierten Fachwissenstest wurde der Lernzuwachs der teilnehmenden Schüler*innen nachverfolgt. So konnte beispielsweise bei den Personenfähigkeiten der Lernenden im Gruppenvergleich mittels robusten t-Tests im Durchschnitt ein signifikanter Anstieg festgestellt werden (Abb. 3).

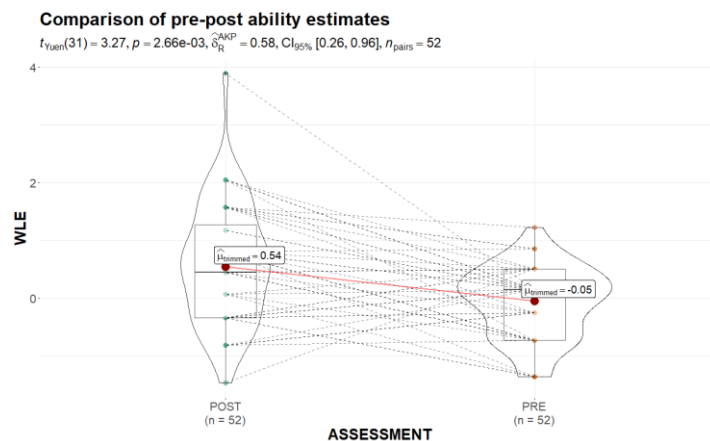


Abb. 3. Vergleich von Personenfähigkeiten der Lernenden ($N=52$) im Prä- und Post-Test.

Zusammenfassung und Ausblick

In Anbetracht der geringen Stichprobengröße können wir nur vorsichtige Aussagen über die Akzeptanz des Erklärungsangebotes sowie der Korrelation zwischen einem Punktezuwachs im Post-Test und dem Unterricht zum Thema treffen. Insgesamt bietet der entwickelte Ansatz zum Unterrichten von Säure-Base-Reaktionen jedoch ein lernendenorientiertes und praxistaugliches Setting, welches zumindest bei der Stichprobe zu einem guten Lernzuwachs geführt hat. Um Aussagen über die Entwicklung des Wissens der Lernenden auf konzeptueller Ebene treffen zu können, werden im nächsten Schritt die quantitativen Daten aus der Interventionsstudie mit den Antworten auf die offenen Fragen aus der laufenden thematischen Analyse kontrastiert. Diese sollen dann in weiterer Folge in eine neue Überarbeitungs- und Evaluationsschleife münden, um das Konzept in einem größeren Rahmen zu testen.

Literatur

- Barke, H.-D. (2015). Brönsted-Säuren und Brönsted-Basen. *Chemie & Schule*, 30(1), 10–15.
- Braun, V. & Clarke, V. (2019). Reflecting on reflexive thematic analysis. *Qualitative Research in Sport, Exercise and Health*, 11(4), 589–597. <https://doi.org/10.1080/2159676X.2019.1628806>
- Ghosh, A. & Berg, S. (2014). *Arrow pushing in inorganic chemistry: A logical approach to the chemistry of the main-group elements*. John Wiley & Sons Inc. <https://doi.org/10.1002/9781118924525>
- Haagen-Schützenhöfer, C. & Hopf, M. (2020). Design-based research as a model for systematic curriculum development: The example of a curriculum for introductory optics. *Physical Review Physics Education Research*, 16(2). <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.16.020152>
- Häusler, K. (1987). Die historische Entwicklung der Säure-Base-Konzepte. *Naturwissenschaften im Unterricht / Chemie*, 35(27), 2–6.
- Hoe, K. Y. & Subramaniam, R. (2016). On the prevalence of alternative conceptions on acid–base chemistry among secondary students: insights from cognitive and confidence measures. *Chemistry Education Research and Practice*, 17(2), 263–282. <https://doi.org/10.1039/C5RP00146C>
- Jung, W. (1992). Probing acceptance: A technique for investigating. In R. Duit (Hrsg.), *IPN: Bd. 131. Research in physics learning: Theoretical issues and empirical studies* (S. 278–295). IPN.
- Krebs, R. E. & Hofer, E. (2022). Von den „scharfen Wässern“ zu den „harten Säuren“ – ein Streifzug durch die Geschichte der Säure-Base-Modelle. *Plus Lucis*(3), 8–11.
- Krebs, R. E., Hofer, E. & Lembens, A. (2022). „Protonen bei chemischen Reaktionen?“ – didaktische Rekonstruktion des Säure-Base-Konzepts nach Brønsted für die Sekundarstufe II. *CHEMKON*, 29, 1–7. <https://doi.org/10.1002/ckon.202200045>
- Kuckartz, U. (2018). *Qualitative Inhaltsanalyse: Methoden, Praxis, Computerunterstützung* (4. Aufl.). *Grundlagentexte Methoden*. Beltz Juventa.
- Kunter, M., Schümer, G., Artelt, C., Baumert, J., Klieme, E., Neubrand, M., Prenzel, M., Schiefele, U., Schneider, W., Stanat, P., Tillmann, K.-J. & Weiß, M. (2002). *PISA 2000: Dokumentation der Erhebungsinstrumente*. Max-Planck-Institut für Bildungsforschung.
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W. & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2), 211–227. <https://doi.org/10.1002/sce.3730660207>
- Reeves, T. C. (2006). Design research from a technology perspective. In J. J. H. van den Akker, K. Gravemeijer, S. McKenny & N. Nieven (Hrsg.), *Educational design research* (S. 52–66). Routledge.
- Reiners, C. S. (1997). Systemische Aspekte und Säure-Base-Konzepte. *MNU*, 50(3), 135–141.
- Sieve, B. F. & Bittorf, R. M. (2016). Protonenübergang oder Elektronenpaarübertragung? Säure-Base-Reaktionen sachgerecht darstellen. *Naturwissenschaften im Unterricht / Chemie*, 155, 47–48.
- Watson, S. W., Dubrovskiy, A. V. & Peters, M. L. (2020). Increasing chemistry students' knowledge, confidence, and conceptual understanding of pH using a collaborative computer pH simulation. *Chem. Educ. Res. Pract.*, 21(2), 528–535. <https://doi.org/10.1039/c9rp00235a>
- Zloklikovits, S. & Hopf, M. (2018). *Elektromagnetische Strahlung in der Sek. I unterrichten* [Poster]. GDGP. https://homepage.univie.ac.at/sarah.zloklikovits/Poster_Zlo_GDCP2018.pdf

Sebastian Nell¹
Heidrun Heinke¹

¹RWTH Aachen University

Interessensförderung zur Quantenphysik im Nebenfach-Praktikum Physik

Einleitung

Quantenphysik und Quantentechnologien stellen einen wichtigen Forschungsschwerpunkt für die kommenden Jahre dar. Von der Europäischen Union wird die Forschung an Technologien wie dem Quantencomputer in einem sog. Flagship-Projekt mit einem Gesamtfördervolumen von circa einer Milliarde Euro gefördertⁱ. Hierbei werden Projekte zur Grundlagenforschung, zur technischen Umsetzung und zur Anwendung von Quantentechnologien finanziert, mit dem Ziel, diese zur Lösung von Problemen in vielfältigen Bereichen der Technik, aber auch des Alltags einsetzen zu können. Beteiligt sind Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler vieler verschiedener Disziplinen, u. a. aus Physik, Ingenieurwissenschaften und Informatik.

Zusätzlich zur Finanzierung von Forschungsaktivitäten müssen auch Menschen für das Thema begeistert werden, die die Forschung betreiben wollen und können. In der Schule sollen Quantenphysik und Quantentechnologien Schülerinnen und Schülern nähergebracht und damit ihr Interesse geweckt werden, sich intensiver mit diesem Thema zu beschäftigen. In verschiedenen Studiengängen kann ebenfalls eine vertiefende inhaltliche Ausbildung erfolgen, um (zukünftige) Forscherinnen und Forscher für das Fachgebiet zu gewinnen.

Im Rahmen des Schülerlabors Physik der RWTH Aachen, SCIphyLABⁱⁱ, werden in Zusammenarbeit mit dem Exzellenzcluster ML4Qⁱⁱⁱ aktuell Angebote für Physik-Leistungskurse entwickelt. Parallel dazu wird unter Nutzung von Synergien für die universitäre Lehre ein Projekt entwickelt, mit dem Studierende mit Nebenfach Physik für die Beschäftigung mit Quantentechnologien interessiert werden sollen. Hierzu werden ausgewählten Studierenden der Chemie, Informatik und Materialwissenschaften im Rahmen ihres obligatorischen Nebenfach-Praktikums Physik vom SCIphyLAB entwickelte spezielle Versuche zu Grundlagen der Quantenphysik und Quantentechnologie zum eigenständigen Experimentieren angeboten. Dieser Beitrag stellt die Rahmenbedingungen sowie das Design des Projektes vor und beschreibt Ergebnisse aus den ersten Durchläufen.

Die Ausbildung im Nebenfach Physik an der RWTH Aachen

Wie an vielen anderen Hochschulen auch, ist auch an der RWTH Aachen die Nebenfachausbildung Physik für einige Studiengänge fächerübergreifend in einem Modul „Physik für Naturwissenschaftler und Ingenieure“ unter anderem für die Fächer Chemie und Materialwissenschaften organisiert. Zu diesem Modul gehören zwei aufeinander aufbauende Vorlesungen sowie ein physikalisches Praktikum. Je nach Studiengang werden die zweite Vorlesung Physik II und das physikalische Praktikum zeitgleich oder nacheinander belegt, sodass die typische Nebenfachausbildung Physik zwei oder drei Semester lang ist.

Aufgrund der Betreuung in Gruppen von wenigen Studierenden eignet sich ein physikalisches Praktikum prinzipiell deutlich besser für die Förderung einzelner Studierender als Vorlesungen. Dabei ist das hier diskutierte Praktikum für Studierende mit Nebenfach Physik (Nebenfach-Praktikum) als klassisches Versuchspraktikum nach Westphal (vgl. Westphal, 1970) aufgebaut, wobei die Studierenden die Versuche in Gruppen à maximal 8 Personen durchführen. In Abbildung 1 ist der Verlaufsplan des Praktikums dargestellt. Zunächst führen die Studierenden einen einführenden Versuch zur Auswertung von Messdaten („MEDA“) durch, wo sie vor allem das Thema Messunsicherheiten detailliert kennenlernen. Das erworbene Wissen wenden sie in drei Versuchsblöcken zu unterschiedlichen Themengebieten der klassischen Physik an, wobei jeder Versuchsblock aus einem Tutorium (z.B. T1) und drei Versuchen (z.B. V1, V2, V3) besteht. Durch Vertauschen der Reihenfolge der einzelnen Versuche sowie der drei großen Versuchsblöcke können 9 Gruppen mit jeweils 8 Studierenden das Praktikum gleichzeitig durchlaufen. Bei mehreren Praktikumstagen je Woche erhöht sich die Kapazität.



Abb. 1: Schematischer Ablauf des Nebenfach-Praktikums Physik an der RWTH Aachen

Da die Studierenden das Praktikum im Regelfall als Pflichtveranstaltung belegen (Ausnahme Informatik, hier Wahlpflicht), sind die fachlichen und methodischen Voraussetzungen unter den Teilnehmenden auch eines Studiengangs stark heterogen. Teilweise hatten die Studierenden in der Schule das Fach Physik überhaupt nicht, teilweise haben sie Physik im Leistungskurs gewählt. Dies führt dazu, dass einzelne Studierende bereits früh im Semester die wesentlichen methodischen Lernziele des Praktikums erreichen. Für diese Studierenden wird das nachfolgend vorgestellte neu entwickelte Projekt angeboten.

Design des Projekts

Das Projekt ist vollständig in die jeweiligen Regelpraktika der entsprechenden Studiengänge integriert und ähnelt diesen daher in der Logistik. An den letzten sechs Terminen, d.h. ab Termin V5 in Abb. 1, werden ausgewählten Studierenden Versuche zu Grundlagen der Quantenphysik und Quantentechnologien mit folgenden Themenschwerpunkten angeboten:

- Linearer / eindimensionaler Potentialtopf (Analogieversuch)
- Tunneleffekt (Anwendung in der Rastertunnelmikroskopie)
- Welle-Teilchen-Dualismus (Doppelspaltversuch mit wenigen Photonen)
- Hong-Ou-Mandel Effekt (Einzelphotonenexperiment)

Zusätzlich werden Besuche in zwei Forschungslaboren aus dem Themenfeld der Quantentechnologien angeboten. An den Versuchen und Laborbesuchen können jeweils maximal 8 Studierende teilnehmen. In den ersten Wochen des Praktikums wird dieses Projekt in den Praktikumsgruppen beworben, sodass sich interessierte Studierende melden können. Für diese Studierenden wird anhand der bis dahin erstellten Versuchsberichte und eines mündlichen Gesprächs sichergestellt, dass die Studierenden die wichtigsten methodischen Lernziele des Praktikums bereits erreicht haben. Konkret wird überprüft, ob sie Messunsicherheiten in Experimenten abschätzen, korrekt angeben und damit rechnen können. Sollten sich mehr als 8 interessierte Studierende melden, wird unter anderem auf Grundlage des Gesprächs ausgewählt,

wer am Projekt teilnehmen darf. Die Teilnehmenden bilden dann eine zusätzliche Praktikumsgruppe und führen die Versuche zu den oben beschriebenen Themen und die Laborbesuche im normalen Zeitraster des Praktikums durch.

Leitfragen und erste Ergebnisse

Ziel des Projektes ist es, bei Studierenden mit Nebenfach Physik Interesse für eine intensivere Beschäftigung mit Themen der Quantenphysik und Quantentechnologie zu wecken. Deshalb soll neben Fragestellungen zur Umsetzung des Projekts in der Praxis auch die Frage untersucht werden, inwiefern sich durch die Förderung im Projekt das Interesse der Studierenden mit Nebenfach Physik an Quantentechnologien entwickelt. Der Begriff Interesse wird hier im Sinne der Person-Gegenstands-Beziehung (vgl. Prenzel, Krapp & Schiefele, 1986) und der vier Phasen der Interessensentwicklung (vgl. Hidi & Renninger, 2006) verstanden. Die Untersuchung erfolgt qualitativ auf Grundlage verschiedener Datenerhebungen im Projektverlauf:

- Die Studierenden beschreiben bei der Anmeldung zum Projekt in einem kurzen Motivations-text, welche Bedeutung Quantenphysik und Quantentechnologien für sie haben und weshalb sie an dem Projekt teilnehmen möchten.
- Die Studierenden beantworten vor jedem Versuchstag kurze Fragen zu ihren Erwartungen an die einzelnen Versuche. Nach jedem Versuchstag reflektieren sie kurz schriftlich, inwiefern ihre Erwartungen erfüllt worden sind.
- In einem Interview reflektieren die Studierenden nach Ende des Praktikums zusammenfassend ihre Erfahrungen im Projekt und ziehen ein Fazit aus ihrer Teilnahme.

Bislang wurde das Projekt im WS 21/22 und im SS 22 in Nebenfach-Praktika für drei Studiengänge durchgeführt. Konkret gab es folgende Teilnehmende:

- im WS 21/22 7 Teilnehmende aus 80 adressierten Chemie-Studierenden,
- im SS 22 4 Teilnehmende aus 16 adressierten Studierenden der Materialwissenschaften,
- im SS 22 2 Teilnehmende aus 32 adressierten Informatik-Studierenden.

Die teilnehmenden Studierenden haben insgesamt ein positives Feedback gegeben. Ihnen zufolge konnten die Experimente erfolgreich zum Erlernen und Vertiefen verschiedener Fachinhalte genutzt werden. Die Studierenden haben an verschiedenen Stellen Verbesserungen einzelner Versuche oder der Projekt-Organisation vorgeschlagen, die bereits in das Projekt eingeflossen sind. Da insbesondere im Nebenfach-Praktikum für Informatik-Studierende nur wenige Studierende teilgenommen haben, wurde hier untersucht, inwiefern das Projekt genügend Interessantheit (vgl. Krapp, 1992, S. 749) bietet. Daher wurden alle Informatik-Studierenden im Praktikum im SS 2022 gefragt, inwiefern sie eine Teilnahme am Projekt erwogen haben und wieso sie sich (fast alle) gegen eine Teilnahme entschieden haben. Insgesamt haben 23 Studierende eine Rückmeldung gegeben, 20 von ihnen haben Interesse bekundet. Die meisten Studierenden gaben an, dass das Projekt nach zu viel Arbeitsbelastung klang oder ihnen zu schwer erschien, sodass sie sich nicht gemeldet haben. Gleichzeitig haben die teilnehmenden Studierenden am Ende des Projekts berichtet, dass das Projekt bei ihnen keineswegs einen höheren Aufwand als die Teilnahme am „normalen“ Praktikum verursacht hat. Diese Einschätzung wird in die Gestaltung der Teilnehmendenakquise für zukünftige Jahrgänge einfließen, um ein realistisches Bild vom erwartbaren Aufwand zu zeichnen.

Ausblick

Für die folgenden drei Semester (WS 22/23, SS 23 und WS 23/24) sind weitere Durchführungen des Projekts geplant. Neben weiteren Optimierungen bei der praktischen Umsetzung des Projekts soll dabei insbesondere die Untersuchung der Interessensentwicklung der Studierenden in den Vordergrund rücken.

Literatur

- Hidi, S. & Renninger, K.A. (2006). The Four-Phase Model of Interest Development. In: Educational Psychologist 41 (2006) 2, S. 111 – 127.
- Krapp, A. (1992). Interesse, Lernen und Leistung. Neue Forschungsansätze in der Pädagogischen Psychologie. In: Zeitschrift für Pädagogik 38 (1992) 5, S. 747 – 770.
- Prenzel, M., Krapp, A., & Schiefele, H. (1986). Grundzüge einer pädagogischen Interessentheorie. In: Zeitschrift für Pädagogik 32 (1986) 2, S. 163 – 173.
- Westphal, W. H. (1970). Physikalisches Praktikum (13. Aufl.). Braunschweig, Fried. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH.

ⁱ <https://qt.eu/>

ⁱⁱ <https://sciphylab.de/>

ⁱⁱⁱ <https://ml4q.de/>

Julia Welberg¹
 Daniel Laumann¹
 Susanne Heinicke¹

¹Westfälische Wilhelms-Universität Münster

Empathisierendes und systematisierendes Denken in der Sekundarstufe I

Einleitung

Das Interesse am Physikunterricht wurde seit den 1980ern ausführlich untersucht, wobei u.a. geschlechterspezifische Unterschiede aufgezeigt wurden (Hoffmann et al., 1998). Das Wissen über die zugrundeliegenden Ursachen für das geringe Interesse an Physikunterricht ist dabei noch immer begrenzt. Es stellt sich außerdem die Frage, ob das Geschlecht für Unterschiede im Interesse ein adäquates und aufklärungsmächtiges Merkmal darstellt oder ob andere Persönlichkeitsmerkmale das Interesse im Physikunterricht besser aufklären. Ein möglicher Ansatz sind die Konstrukte der „Empathizing-Systemizing Theory“ (EST) (Baron-Cohen, 2002, 2004). Im deutschsprachigen Raum untersuchten Albert Zeyer et al. (2012) den Zusammenhang zwischen der Motivation Naturwissenschaften zu lernen („Science Motivation Questionnaire“, SMQ) und diesen Konstrukten. Sie stellten fest, dass es zwischen SMQ und dem Geschlecht keinen Zusammenhang gibt, ein Zusammenhang zwischen den Konstrukten der EST und dem SMQ jedoch existiert (Zeyer et al., 2012). Zeyer untersuchte dabei insbesondere Lernenden der Sekundarstufe II und fokussierte nicht konkret auf das Fachinteresse Physik. Daher sollen in nachfolgenden Untersuchungen Lernende der Sekundarstufe I in den Fokus genommen und die Zusammenhänge zwischen Fachinteresse und EST analysiert werden. Dabei stellt sich die Frage, welche Zusammenhänge es konkret zwischen Fachinteresse Physik und den Konstrukten der EST gibt und inwieweit eine Unterscheidung durch diese Konstrukte die Bezüge zum Fachinteresse Physik besser abbilden als eine Unterscheidung nach Geschlecht. Da bisherige Arbeiten vor allem Lernende in der Sekundarstufe II und Studierende betrachtet haben, werden in der hier vorgestellten Untersuchung die Zusammenhänge zwischen EST und Fachinteresse (FI) von Schülerinnen und Schülern der achten und neunten Jahrgangsstufe eines Gymnasiums betrachtet.

Empathisierendes und Systematisierendes Denken („Brain Type“)

Die EST hat ihren Ursprung im Autismus-Forschungszentrum der Universität Cambridge (Baron-Cohen, 2002). Die Theorie nimmt an, dass im menschlichen Gehirn zwei Dimensionen existieren: Die Dimension des „Empathisierens“ und die Dimension des „Systematisierens“. Empathisieren beschreibt die Fähigkeit, die Gefühle und Emotionen anderer Menschen zu verstehen und ihr Verhalten richtig zu interpretieren und vorherzusagen. Die Stärke dieser Dimension wird über den Empathisierungs-Quotienten (EQ) gemessen. Systematisieren beschreibt die Fähigkeit, Aspekte des Alltags und der Umwelt als System zu verstehen und logische „wenn-dann“-Aussagen zu treffen (Baron-Cohen, 2004). Die Stärke dieser Dimension wird über den Systematisierungs-Quotienten (SQ) gemessen. Die beiden Dimensionen variieren in ihrer jeweiligen Stärke von Person zu Person. Als Gesamtmaß beider Dimensionen wird häufig die Differenz („D-Wert“) betrachtet, der die Bestimmung des „Brain Types“ einer Person ermöglicht. Dabei wird zwischen folgenden Brain Types unterschieden:

- Typ E (Empathisierend): Der EQ ist stärker ausgeprägt als der SQ.
- Typ S (Systematisierend): Der SQ ist stärker ausgeprägt als der EQ.

- Typ B (Balanced / Ausgeglichen): Der EQ und SQ sind etwa gleich stark ausgeprägt. Neben der Betrachtung der Brain Types hat es sich als nützlich erwiesen, die Dimensionen des Empathisierens und Systematisierens getrennt zu betrachten (Svedholm-Häkkinen & Lindeman, 2016). Im Folgenden werden die beiden Dimensionen dabei einfach als Persönlichkeitsmerkmale verwendet, ohne die Frage nach den möglichen neurologischen Ursachen zu stellen.

EST in naturwissenschaftsdidaktischer Forschung

Die Forschungsgruppe aus Cambridge um Baron-Cohen stellte fest, dass bei Studierenden die Fähigkeit des Systematisierens ein signifikanter Prädiktor unabhängig vom Geschlecht für die Entscheidung zugunsten eines naturwissenschaftlichen Studiums ist (Billington et al., 2007). Zeyer stellte ähnliche Zusammenhänge bei Lernenden der Sekundarstufe II fest und visualisierte seine Ergebnisse in einem Strukturgleichungsmodell (s. Abb. 1). Er konnte ebenfalls keine direkten Einflüsse des Geschlechts auf die Motivation Naturwissenschaften zu lernen feststellen (Zeyer et al., 2012; Zeyer & Dillon, 2019).

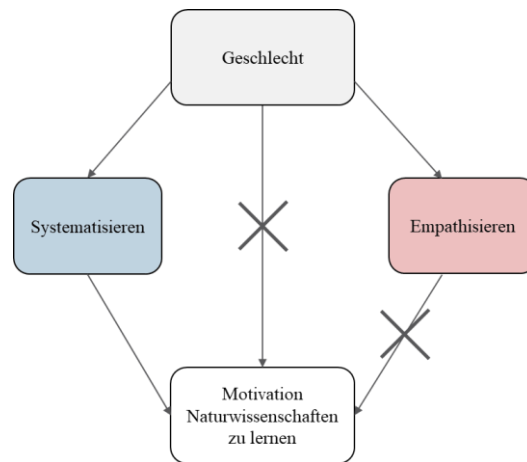


Abb. 1: Das „Gender-Systemizing-Empathizing-Motivation“ (GSEM) Modell eigene Darstellung nach (Zeyer et al., 2012; Zeyer & Dillon, 2019).

Das GSEM beschreibt dabei zunächst die Zusammenhänge zwischen der allgemeinen Motivation Naturwissenschaften zu lernen. Weitere Untersuchungen zeigten, dass das Modell auch für die Einzelbetrachtung von Physik und Chemie gilt, bei Biologie jedoch andere Zusammenhänge gelten (Zeyer, 2018)

Interesse

In der Person-Gegenstands-Theorie (Krapp, 1992b) wird das Interesse als eine Beziehung zwischen einer Person und einem Gegenstand bzw. Objekt verstanden. Gegenstände sind unterscheidbare Objekte aus der Umwelt und dem Alltag. Im Bezugsrahmen Schule oder Physikunterrichts können Gegenstände als Inhalte oder Wissensgebiete, aber auch als Tätigkeiten verstanden werden (Krapp, 1992a). Im Laufe der Entwicklung von Kindern und Jugendlichen

bilden sich Präferenzen für bestimmte Themenbereiche heraus, die dann individuell als "interessant" oder "uninteressant" bewertet werden. Es wird daher zwischen individuellem Interesse und situativem Interesse unterschieden, wobei diese Begriffe nicht eindeutig voneinander abgrenzbar sind (Krapp, 1992b). Wenn sich eine Person mit einem (Lern-)Objekt beschäftigt, kommt es zu einer Interaktion zwischen dem Objekt (situatives Interesse) und der Person (dispositionelles Interesse). Dies wird nach dieser Theorie als aktuelles Interesse bezeichnet.

Forschungsdesign und Stichprobe

Zur Untersuchung der Zusammenhänge wurden insgesamt 255 Lernende befragt ($n_{\text{männlich}} = 113$; $n_{\text{weiblich}} = 142$; Alter $M = 14,2$ Jahre). In einem Online-Fragebogen wurden Geschlecht, EST (adaptierte Fassung von (Samson & Huber, 2010)) und FI im regulären Physikunterricht erhoben.

Ergebnisse

Fachinteresse

Das Fachinteresse Physik der befragten Schülerinnen und Schüler zum einen unterteilt nach Brain Type und zum anderen nach Geschlecht ist in Abbildung 2 dargestellt. Insgesamt weisen die Mädchen ein geringeres Interesse am Physikunterricht auf als die Jungen. Bei einer Unterteilung nach Brain Types ergibt sich ein differenzierteres Bild. Diese Typen unterschieden sich hinsichtlich des geäußerten Fachinteresses deutlicher voneinander als Mädchen und Jungen.

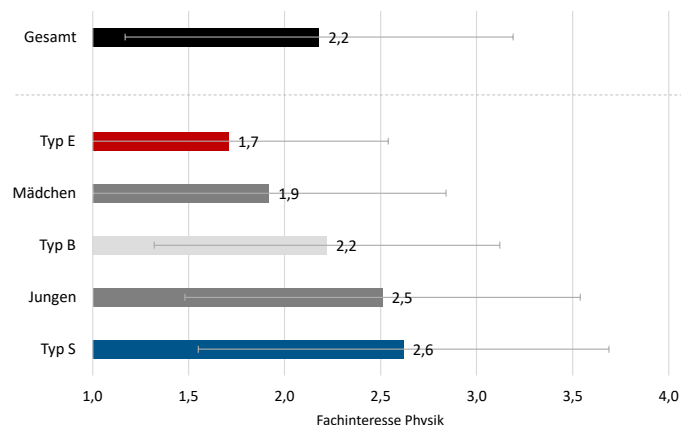


Abb. 2: Fachinteresse Physik von Mädchen, Jungen und Lernenden unterschiedlicher Brain Types (1: niedriges Interesse, 4: hohes Interesse).

Zusammenhänge zwischen EST und Fachinteresse

In der beschriebenen Studie wurden weiter die in Abbildung 1 gezeigten Zusammenhänge des GSEM überprüft und konnten in der betrachteten Stichprobe ebenfalls festgestellt werden: Es existiert ein Zusammenhang zwischen Geschlecht und Systematisieren ($r = -.545^{***1}$) und

¹ Signifikanzniveau: * $p \leq .05$, ** $p \leq .01$, *** $p \leq .001$.

Empathisieren ($r = .238^{***}$). Ein direkter Zusammenhang zwischen Geschlecht und Fachinteresse ist nicht zu erkennen ($r = .000$). Analog zu Zeyer ist jedoch ein Zusammenhang zwischen Systematisieren und Fachinteresse ($r = .521^{***}$) aber kein Zusammenhang zwischen Empathisieren und Fachinteresse ($r = .042$) festzustellen.

Fazit und Ausblick

Die Korrelationen zwischen Brain Type, insbesondere dem Systemisierungs-Quotienten, Fachinteresse und auch die Replikation des GSEM zeigen, dass diese Konstrukte für eine Untersuchung des Interesses am Physikunterricht zielführender sein können als eine alleinige Betrachtung des Geschlechts. Daher werden diese Zusammenhänge in der folgenden Hauptstudie genauer untersucht. Darüber hinaus wird die Stichprobe um Physikstudierende und Lehramtsstudierende, sowie Lehrkräfte erweitert, um prospektiv und retrospektiv das Wahlverhalten und die Korrelationen zwischen EST und Fachinteresse zu untersuchen.

Literatur

- Baron-Cohen, S. (2002). The extreme male brain theory of autism. *Trends in Cognitive Sciences*, 6(6), 248–254. [https://doi.org/10.1016/s1364-6613\(02\)01904-6](https://doi.org/10.1016/s1364-6613(02)01904-6)
- Baron-Cohen, S. (2004). *The essential difference*. London: Penguin.
- Billington, J., Baron-Cohen, S. & Wheelwright, S. (2007). Cognitive style predicts entry into physical sciences and humanities: Questionnaire and performance tests of empathy and systemizing. *Learning and Individual Differences*, 17(3), 260–268. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2007.02.004>
- Hoffmann, L., Häußler, P. & Lehrke, M. (1998). *Die IPN-Interessenstudie Physik* (IPN, Bd. 158). Kiel: IPN.
- Krapp, A. (1992a). Interesse, Lernen und Leistung. Neue Forschungsansätze in der Pädagogischen Psychologie. *Zeitschrift für Pädagogik*, 38(5), 747–770.
- Krapp, A. (1992b). Das Interessenkonstrukt Bestimmungsmerkmale der Interessenhandlung und des individuellen Interesses aus der Sicht einer Person-Gegenstands-Konzeption. In A. Krapp & M. Prenzel (Hrsg.), *Interesse, Lernen, Leistung. Neuere Ansätze der pädagogisch-psychologischen Interessenforschung*. (S. 297–329). Münster: Aschendorff.
- Samson, A. C. & Huber, O. W. (2010). Short German Versions of Empathizing and Systemizing Self-Assessment Scales. *Swiss Journal of Psychology*, 69(4), 239–244. <https://doi.org/10.1024/1421-0185/a000028>
- Svedholm-Häkkinen, A. M. & Lindeman, M. (2016). Testing the Empathizing-Systemizing theory in the general population: Occupations, vocational interests, grades, hobbies, friendship quality, social intelligence, and sex role identity. *Personality and Individual Differences*, 90, 365–370. <https://doi.org/10.1016/j.paid.2015.11.044>
- Zeyer, A. (2018). Gender, complexity, and science for all: Systemizing and its impact on motivation to learn science for different science subjects. *Journal of Research in Science Teaching*, 55(2), 147–171. <https://doi.org/10.1002/tea.21413>
- Zeyer, A., Bölsterli, K., Brovelli, D. & Odermatt, F. (2012). Brain Type or Sex Differences? A structural equation model of the relation between brain type, sex, and motivation to learn science. *International Journal of Science Education*, 34(5), 779–802. <https://doi.org/10.1080/09500693.2011.635165>
- Zeyer, A. & Dillon, J. (2019). The role of empathy for learning in complex Science|Environment|Health contexts. *International Journal of Science Education*, 41(3), 297–315. <https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1549371>

Sarah Zöchling^{1,2}
 Martin Hopf¹
 Julia Woithe²
 Sascha Schmeling²

¹Universität Wien
²CERN, Genf

Interessenstypen von Schüler*innen an Inhalten der klassischen und der modernen Physik

In einer Kooperation der Universität Wien und des CERN wird ein Forschungsprojekt zu den Interessenstypen von Schüler*innen an Physik durchgeführt. Ziel des Projekts ist herauszufinden, in welche Typen von Interesse an Mechanik und an Teilchenphysik Schüler*innen kategorisiert werden können. Die gefundenen Interessenstypen werden mit den Ergebnissen der „IPN Interessenstudie Physik“ (Häussler, Lehrke & Hoffmann, 1998) verglichen. Außerdem wird untersucht, wie interessant verschiedene Kontexte relativ zueinander innerhalb der verschiedenen Interessentypen sind. Verschiedene Kontexte werden verglichen, um diejenigen zu identifizieren, die interessant für die meisten Schüler*innen sind, und Implikationen für die Praxis zu ziehen.

Forschungsrahmen

Die Förderung des Interesses von Schüler*innen an Physik ist ein wesentlicher Bestandteil des Physikunterrichts, der in internationalen Bildungsempfehlungen genannt wird (National Research Council, 2013; OECD, 2017). Frühere empirischen Studien haben gezeigt, dass das Interesse der Schüler*innen an verschiedenen Inhaltsbereichen der Physik (z. B. Optik) unterschiedlich groß ist (Häussler et al., 1998; OECD, 2007, 2016; Sjøberg & Schreiner, 2012). Jedoch ist der Kontext (z. B. der Bezug zum menschlichen Körper), in den ein physikalischer Inhalt eingebettet ist, für die Förderung des Interesses der Schüler*innen entscheidend (Häussler et al., 1998; Sjøberg & Schreiner, 2012). Darüber hinaus wurden in der sogenannten „IPN Interessenstudie Physik“ Interessenstypen von Schüler*innen an Physik eingeführt (Häussler et al., 1998; Sievers, 1999). Im Wesentlichen wurden dabei Schüler*innen, die allgemeines und hohes Interesse an Inhalten der Physik haben, von denjenigen unterscheiden, die lediglich ein hohes Interesse an Inhalten der Physik haben, wenn sie in einen Kontext mit Bezug zu Mensch, Natur, Anwendungen oder Gesellschaft gesetzt werden (Sievers, 1999).

Forschungsinteresse

In früheren Studien zum Interesse von Schüler*innen wurden Inhalte der modernen Physik, wie etwa Teilchenphysik, nicht miteinbezogen. Außerdem wurde in der IPN-Studie nicht beschrieben, wie interessant verschiedene Kontexte relativ zueinander sind innerhalb der verschiedenen Interessentypen der Schüler*innen. Daher führen wir eine Kohorten-Querschnittsstudie durch, die von zwei Forschungsfragen geleitet wird:

FF1: In welche verschiedenen Typen von Interesse an Physik können deutschsprachige Schüler*innen im Alter von 14 bis 16 Jahren kategorisiert werden für einen klassischen und einen modernen Inhaltsbereich der Physik (Mechanik und Teilchenphysik)?

FF2: Welche Kontexte sind mehr (oder weniger) interessant Schüler*innen der verschiedenen Interessenstypen?

Wir nehmen an, (1) dass die Interessenstypen der IPN-Studie für heutige Schüler*innen und für klassische und moderne Inhaltsbereiche gelten und (2) dass innerhalb jedes Interessenstyps verschiedene Kontexte relativ zueinander mehr oder weniger interessant sind.

Forschungsdesign

Um das Interesse von Schüler*innen zu erforschen, wurde ein Online-Messinstrument bestehend aus zwei Teilen eingesetzt: Zur Erhebung von Interesse an Mechanik wurde das entsprechende Messinstrument aus der IPN-Studie verwendet (Häussler et al., 1998). Zur Erhebung von Interesse an Teilchenphysik wurde das Messinstrument „IPPI“ (Instrument to measure Particle Physics Interest) in Anlehnung an die IPN-Studie entwickelt und durch Think-aloud Interviews mit Schüler*innen ($N = 16$, April-Mai 2020) und einen Feldtest ($N = 99$, Juni 2020) validiert (Zoechling, Hopf, Woithe & Schmeling, 2022). Jeder Teil besteht aus einem Einführungstext zum Inhaltsbereich und 11 Items. Die Items präsentieren Physik in verschiedenen Kontexten. Die Schüler*innen drücken ihr Interesse an jedem Item auf einer 5-stufigen Rating Skala aus, die von „Mein Interesse daran ist ...“ *sehr groß* (= 5) bis *sehr gering* (= 1) reicht. Mit diesem Online-Messinstrument haben wir eine Kohorten-Querschnittsstudie durchgeführt. Eine Einladung zur Studienteilnahme wurde direkt an mehrere Lehrende in AT, CH und DE sowie über zwei Mailing-Listen (AT: „Plus Lucis“, DE: „Netzwerk Teilchenwelt“) ausgesandt. Insgesamt haben 1214 Schüler*innen im Alter von 14 bis 16 Jahren aus AT ($N = 798$), DE ($N = 233$) und CH ($N = 183$) von Juni bis September 2021 an der Studie teilgenommen.

Analyse und Ergebnisse

Die gesammelten Daten wurden getrennt für die beiden Inhaltsbereiche mithilfe von Mixed Rasch Rating Scale Modellen analysiert. Die Analyseergebnisse von Modellen mit unterschiedlicher Anzahl latenter Gruppen wurden verglichen, wobei quantitative und qualitative Methoden kombiniert wurden. Als quantitatives Modellgütekriterium wurde der BIC-Wert herangezogen. Ein Modell mit einem kleineren BIC-Wert beschreibt die Daten besser als andere Modelle mit höheren BIC-Werten. Qualitativ wurde untersucht, ob das gefundene Modell interpretierbar ist.

Für den Inhaltsbereich Mechanik, ergab die Analyse, dass der BIC-Wert des 3-Gruppen-Modells am kleinsten ist. Die qualitative Analyse zeigte jedoch, dass die Daten am besten mit einem 2-Gruppen-Modell interpretiert werden können. Deshalb entschieden wir uns, die Schüler*innen in zwei Gruppen zu kategorisieren. Danach wurden die Item-Hierarchien der zwei Gruppen analysiert, die aus der Mixed Rasch Rating Scale Analyse resultierten. Eine Item-Hierarchie zeigt, welche Items mehr (oder weniger) interessant sind relativ zueinander innerhalb einer Gruppe. Wir fanden, dass die Item-Hierarchien der Gruppen 1_M (49 %) und 2_M (51 %) äquivalent sind. Dann untersuchten wir, wie Schüler*innen der Gruppen 1_M und 2_M die Kategorien der Rating Skala verwenden (in Anlehnung an Wetzel, Böhnke, Carstensen, Ziegler & Ostendorf, 2013). Wir fanden, dass Schüler*innen der Gruppe 1_M kaum Extremwerte der Rating Skala verwenden, wohingegen Schüler*innen der Gruppe 2_M häufig Extremwerte verwenden. Schüler*innen der Gruppen 1_M und 2_M unterscheiden sich also lediglich in ihrem Antwortverhalten, aber nicht in der Item-Hierarchie.

Für den Inhaltsbereich Teilchenphysik, ergab die Analyse, dass der BIC-Wert des 4-Gruppen-Modells am kleinsten ist. Allerdings konnten die Daten am besten qualitativ interpretiert werden mit einem 3-Gruppen-Modell. Deshalb entschieden wir uns, die Schüler*innen in drei Gruppen zu kategorisieren. Wir fanden, dass die Item-Hierarchien der Gruppen 1_{TP} (45 %) und 2_{TP} (34 %) äquivalent sind, aber verschieden von Gruppe 3_{TP} (21 %), und dass Schüler*innen der Gruppe 1_{TP} kaum Extremwerte der Rating Skala verwenden, wohingegen Schüler*innen der Gruppe 2_{TP} häufig Extremwerte verwenden. Die Schüler*innen der Gruppe 3_{TP} verwenden hauptsächlich die positiven Werte der Rating Skala und haben das größte mittlere Interesse an Teilchenphysik im Vergleich zu den Gruppen 1_{TP} und 2_{TP}.

Vergleicht man die Item-Hierarchien der Gruppen 1_M und 2_M mit den Gruppen 1_{TP} und 2_{TP}, zeigt sich, dass für beide die relative Interessantheit der verschiedenen Kontexte gleich ist. Zum Beispiel sind Items in einem Kontext mit Bezug zum menschlichen Körper interessanter als Items in einem technischen oder wissenschaftlichen Kontext. Deshalb argumentieren wir, dass die Schüler*innen der Gruppen 1_M und 2_M und der Gruppen 1_{TP} und 2_{TP} mit einem einzigen Interessentyp beschrieben werden können, nämlich dem Typ von Schüler*innen, der sich nur für Physik in bestimmten Kontexten interessiert. Die Interessantheit verschiedener Kontexte kann für diesen Interessentyp mit der Konzeptualisierung von Interesse beschrieben werden, die als Ergebnis unseres Feldtests ursprünglich für den Inhaltsbereich Teilchenphysik eingeführt wurde (Zoechling et al., 2022).

Die Schüler*innen der Gruppe 3_{TP} unterscheiden sich in ihrer Item-Hierarchie von diesem Interessentyp und sie haben das höchste mittlere Interesse an Teilchenphysik. Für sie sind Items in rein wissenschaftlichen Kontexten interessanter als Items in technischen Kontexten oder in Kontexten mit Bezug zum menschlichen Körper. Deshalb argumentieren wir, dass die Schüler*innen der Gruppe 3_{TP} mit einem anderen, zweiten Interessentyp beschrieben werden können. Dieser Interessentyp kann auch als Physikliebhaber*innen-Typ bezeichnet werden, da sich Schüler*innen dieses Typs mehr für Physik in rein wissenschaftlichen Kontexten interessieren. Wir konnten diesen Interessentyp von Schüler*innen nur für Teilchenphysik, nicht aber für Mechanik finden.

Konklusion, nächste Schritte und Implikationen für die Praxis

Bezüglich unserer Forschungsfragen wurde klar, dass die meisten Schüler*innen mit einem Interessentyp beschrieben werden können. Schüler*innen dieses Interessentyps sind nur an Physik in bestimmten Kontexten interessiert. Die Interessantheit verschiedener Kontexte relativ zueinander kann mit unserer Konzeptualisierung beschrieben werden (Zoechling et al., 2022). Nur für Teilchenphysik wurde zusätzlich noch ein zweiter Interessentyp gefunden. Schüler*innen dieses Interessentyps sind vor allem an Teilchenphysik in rein wissenschaftlichen Kontexten interessiert

Unsere nächsten Schritte sind, die in unserer Studie ebenfalls erhobenen Charakteristika der Schüler*innen (physikbezogenes Selbstkonzept, Geschlecht und Vorerfahrung mit dem Inhaltsbereich) zu untersuchen und für die beiden Interessentypen zu vergleichen.

Für die Praxis implizieren wir, dass Lehrende, die das Interesse ihrer Schüler*innen steigern möchten, ihre Lerneinheiten an unsere Konzeptualisierung von Interesse an Physik anpassen (Zoechling et al., 2022). Sie beschreibt das Interesse der Schüler*innen, die an Physik nur in bestimmten Kontexten interessiert sind. Sie besagt, dass die meisten Schüler*innen an Physik in Kontexten mit Bezug zum eigenen Körper, gesellschaftlicher Relevanz und existentiellen

Fragen der Menschheit interessiert sind. Weniger Schüler*innen sind zusätzlich an Physik in Alltagskontexten, insbesondere an konkreten Alltagsbeispielen, interessiert. Noch weniger Schüler*innen sind zusätzlich an Physik in rein wissenschaftlichen und technischen Kontexten interessiert.

Literatur

- Häussler, P., Lehrke, M. & Hoffmann, L. (1998). Die IPN-Interessenstudie Physik. Kiel: IPN.
- OECD. (2007). PISA 2006 science competencies for tomorrow's world. Volume 1. Analysis. PISA. OECD Publishing.
- OECD. (2016). PISA 2015 results (volume I): excellence and equity in education. PISA, OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264266490-en>.
- OECD. (2017). PISA 2015 assessment and analytical framework: Science, reading, mathematic, financial literacy and collaborative problem solving. PISA, OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264281820-en>.
- National Research Council. (2013). Next generation science standards: For states, by states. The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/18290>.
- Sievers, K. (1999). Struktur und Veränderung von Physikinteressen bei Jugendlichen. Universität Kiel.
- Sjøberg, S., & Schreiner, C. (2012). Results and perspectives from the ROSE project: Attitudinal aspects of young people and science in a comparative perspective. In D. Jorde, & J. Dillon (Eds.), Science education research and practice in Europe. Cultural perspectives in science education, 5 (pp. 203–236). Sense Publishers. https://doi.org/10.1007/978-94-6091-900-8_9.
- Wetzel, E., Böhnke, J. R., Carstensen, C. H., Ziegler, M., & Ostendorf, F. (2013). Do individual response styles matter? Assessing differential item functioning for men and women in the NEO-PI-R. *Journal of Individual Differences*, 34(2), 69. <http://doi.org/10.1027/1614-0001/a000102>.
- Zoechling, S., Hopf, M., Woithe, J. & Schmeling, S. (2020). Students' interest in particle physics: conceptualisation, instrument development, and evaluation using Rasch theory and analysis, *International Journal of Science Education*, <https://doi.org/10.1080/09500693.2022.2122897>.

Sabine Seidl¹
 Martin Gröger²
 Bernhard Schmölzer¹

¹Pädagogische Hochschule Kärnten
²Universität Siegen

„Das mein‘ ich ja! – Oder doch nicht?“ Qualitative Analyse von Redebeiträgen im chemieunterrichtlichen Diskurs

Eine qualitätsvolle, mündliche Kommunikation von Lernenden stellt einen wichtigen Bestandteil des ohnehin mündlich geprägten Chemieunterrichts dar. Die chemische Fachsprache ist jedoch Lernmedium und Lernziel zugleich, und deren Erwerb führt in Folge unweigerlich zu Verständnis- und Formulierungsschwierigkeiten.

Die chemische Fachsprache beinhaltet neben einer hohen Informationsdichte auch morphologische und syntaktische Besonderheiten, welche zu Formulierungs- und Verständnisschwierigkeiten führen können. Zusätzlich stellen chemiespezifische Symbole und ikonischen Darstellungen weitere Stolpersteine auf dem Weg von der Alltags- über die Bildungs- zur Fachsprache dar. Die verbale Rekonstruktion inhaltlicher Kontexte ist für Lernende eine große Herausforderung, da Fachsprache parallel zum Erwerb der Fachinhalte erworben wird. Das Erlernen einer soliden Fachsprache im chemieunterrichtlichen Diskurs ist somit mit Begriffsnot, unpräzisen Formulierungen und sprachlichen Vermeidungsstrategien verbunden. Dementsprechend sind fachsprachlich defizitäre Formulierungen oder sprachliche Vermeidungsstrategien von hohem Forschungsinteresse, denn fachsprachliche Defizite können fachlich problematische Vorstellungen erzeugen (Sieve, 2021).

Eine Untersuchung (fach-)sprachlicher Formulierungen unter Fachperspektive ist folglich ein klares Forschungsdesiderat. Vor diesem Hintergrund stellt die hier geschilderte Untersuchung eine solche (fach-)sprachliche Analyse von Redebeiträgen von Lernenden der Sekundarstufe I im chemieunterrichtlichen Diskurs einer Population zweier Schulen dar. Die Arbeit liefert eine Bestandsaufnahme sprachlicher Strategien und fachsprachlicher Schwierigkeiten im Bereich der mündlichen Sprachhandlungen von Lernenden im Chemieunterricht.

Forschungsfragen

Folgende Forschungsfragen liegen zugrunde:

- Welche sprachlichen Strategien wenden Lernende in ihren Redebeiträgen im Themenbereich *Grundlagen der chemischen Bindung* an?
- Welche fachsprachlichen Schwierigkeiten können dabei differenziert werden?
- Welche Tendenzen dieser Merkmale können innerhalb der Population gesichtet werden?

Methodisches Vorgehen

Die Ergebnisse basieren auf einer Leitfadestudie, welche in fünf Klassen mit insgesamt 82 Lernenden durchgeführt wurde. Für die Stimulationsfragen wurden über eine Vorstudie Kriterien erarbeitet, um möglichst ergiebige Antworten der Lernenden zu provozieren. Diese Planungsentscheidungen wurden aufgrund entsprechender Fachliteratur hinsichtlich der Formulierung von *Hervorlockern* (Schmidt and Parchmann, 2011), der Vermeidung von

wenig aussagekräftigen Ein-Wort-Antworten (Ahlers et al., 2009), der Berücksichtigung der Zone der proximalen Entwicklung (Vygotskij et al., 1977) sowie der Berücksichtigung der kalkulierten Herausforderung (Leisen, 2019) getroffen. Fragestellungen und Formulierungen basierten inhaltlich auf der Durchsicht der Kapitel *Chemischer Bindungsmodelle* verschiedener Chemieschulbücher der Sekundarstufe I (Frühauf und Tegen, 2014; Haim und Müller, 2016; Kechajas and Voitic, 2014). Die Population der Vorstudie umfasste 59, die der Leitfadestudie 82 Lernende (Sekundarstufe I, erstes Lernjahr Chemie) zweier österreichischer Gymnasien. Die Datenauswertung erfolgte mittels induktiver qualitativer Analyse nach Mayring (Mayring, 2015). Die Transkription und die gesamte Auswertung erfolgte computergestützt und unterlag den Gütekriterien qualitativer Forschung mit Fokus auf der Interoderreliabilität und *Intracoderreliabilität*, garantiert durch die Mitarbeit zweier Fachdidaktikerinnen aus den Bereichen Chemie und Deutsch. Die Prüfung der Interoderreliabilität ergab κ -Werte von 0,80 und 0,89, die *Intracoderreliabilität* einen κ -Wert von 0,70 und bestätigte damit ein zuverlässiges Codesystem.

Ergebnisse

Die Klassen wurden von unterschiedlichen Lehrpersonen, mit unterschiedlichen Schulbüchern und Methoden unterrichtet; dennoch wurden in allen geführten Interviews die gleichen sprachlichen Phänomene und Schwierigkeiten gesichtet. Durch induktive Analyse wurde ein Kategoriensystem generiert, welches die (fach-)sprachlichen Herausforderungen der Population repräsentiert. Drei Hauptbereiche konnten gesichtet werden: (I) Eine fehlende, klare Verbindung zwischen Fach- und Verweiswort, (II) Problematische Wechsel zwischen allen vier chemischen Ebenen nach Mahaffy (Mahaffy, 2006) und (III) eine ambivalente Verwendung des Begriffs *Element*.

Abbildung 1 zeigt einen Interviewauszug mit dem ersten Hauptbereich sprachlicher Schwierigkeiten, der problematischen Verbindung zwischen Fach- und Verweiswort. Es ist evident, dass das verwendete Verweiswort „sie“ nicht auf ein korrektes Fachwort (Bezugswort) referiert; die Rückfrage im Interview konnte dies bestätigen.

I: Die dritte Frage war: „Was bedeutet denn der Satz „**Ionen** sind geladene Teilchen?“
B: Ähm, ja (....) Also ich verstehe den Satz nicht.
I: Also, „Ionen sind geladene Teilchen.“ Sie haben eine Ladung. Was könnte das bedeuten?
B: Also, so **sie** sind Leiter?
I: Wer?
B: Die Ionenbindung.

Abb. 1. Auszug aus einem Interview mit problematischer Verbindung zwischen Bezugs- und Verweiswort. I=Interviewführende Person, B=Befragte.

Die Daten belegen, dass ein überwiegender Teil der Population Verweiswörter verwendet, die keine klare Referenz zu einem Bezugswort zeigen (Forschungsfrage 1). Die Ergebnisse weisen auch darauf hin, dass innerhalb der Population Sender und Empfänger nicht immer auf das gleiche Bezugswort referierten bzw. ein ausgeprägter Teil der Population auf ein falsches Bezugswort referierte (vgl. Abbildung 1). Ob dieser häufige Einsatz von Verweiswörtern im

mündlichen Diskurs von Lernenden eingesetzt wird, um als Vermeidungsstrategie mangelndes Fachwissen zu kaschieren, bleibt ungeklärt. Es ist ebenso unklar, ob diese Vermeidungsstrategie bewusst oder unbewusst eingesetzt wird. Der zweite Bereich der fachsprachlichen Herausforderungen liegt im Wechsel zwischen allen vier chemischen Konzeptebenen nach Mahaffy (Forschungsfrage 2). Die Population zeigt eine starke Ausprägung von problematischen Wechseln zwischen der lebensweltlichen und der Teilchenebene, gefolgt vom klassischen Zwiedenken der Chemie (Sommer et al., 2018), dem fachgerechten Wechsel zwischen der Stoff- und der Teilchenebene. Die verbleibenden Wechsel zwischen den chemiespezifischen Ebenen Teilchen-Symbol, Stoff-Lebenswelt, Symbol-Lebenswelt, Symbol-Stoff sind ebenso gesichtet worden. Abbildung 2 zeigt einen Interviewauszug mit einem problematischen Wechsel zwischen der Teilchen- und der lebensweltlichen Ebene.

I: Also, die Frage war einfach: „Warum binden sich **Atome** überhaupt?“

B: Ja, weil es, sie sonst keine volle Valenzschale haben. Und **dann sind sie halt sozusagen traurig oder halt sie fühlen sich allein**, und deshalb müssen sie sich binden, damit sie dann volle Valenzschalen haben.

Abb.2. Auszug aus einem Interview mit problematischem Wechsel zwischen der Teilchen- und der lebensweltlichen Ebene.

Schließlich wurde der dritte Bereich als Unschärfeproblem Elementbegriff definiert (Forschungsfrage 2), um die in der Population auftretende, ambivalente Verwendung des Terminus Element abzubilden. Die Datenauswertung bestätigt einen synonymen Einsatz des Terminus Element für Begriffe wie z. B. Atom, Ion oder Stoff. Die Auswertung einer Code-Matrix konnte belegen, dass alle gesichteten, (fach-)sprachlichen Schwierigkeiten in der Population homogen verteilt und nicht nur auf wenige Interviews akkumuliert sind (Forschungsfrage 3).

Zusammenfassung und Ausblick

Im chemieunterrichtlichen Kontext ist Sprache insbesondere über das Schreiben und Lesen solide in der Forschungslandschaft implementiert. Nun gilt es auch, das Stiefkind *Sprechen* in den Forschungsfokus zu richten. Dabei ist vor einer seriösen Förderung eine gehaltvolle Diagnose unter Fachperspektive notwendig; denn die gesprochene Sprache unterliegt anderen Parametern als jene der geschriebenen Sprache. Ziel der Untersuchung ist die Generierung einer detaillierten Bestandsaufnahme sprachlicher und fachsprachlicher Herausforderungen im chemieunterrichtlichen Diskurs zwischen Lernenden und Lehrenden. Neben der Generierung dieser Bestandsaufnahme gilt es ebenso, Tendenzen der gesichteten Merkmale aufzuzeigen. Die Daten erlauben im nächsten Schritt eine differenzierte, sprachbewusste Intervention im mündlichen Diskurs mit Lernenden, um einen aktiveren, differenzierten Umgang mit der Fachsprache (Aleksov et al., 2021) und eine qualitätsvolle Teilnahme an der Kommunikation im Chemieunterricht zu ermöglichen.

Literatur

- Ahlers, T., Oberst, T., Nentwig, P., 2009. Redeanteile von Lehrern und Schülern im Chemieunterricht nach ChiK. ho, Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 15, 331–342.
- Aleksov, R., Fischer, H., Krabbe, H., Härtig, H., 2021. Sprachbewusster Physikunterricht. MNU Journal 74, 279–286.
- Frühauf, D., Tegen, H. (Eds.), 2014. Treffpunkt Chemie, 6th ed. Dorner, Wien.
- Haim, K., Müller, A., 2016. Expedition Chemie 4, 6. Auflage. ed. Dorner, Wien.
- Kechajas, T., Voitic, E., 2014. Mehrfach Chemie. [4. Klasse]. Veritas, Linz.
- Leisen, J., 2019. Das Prinzip der kalkulierten Herausforderung. Schulmagazin 5-10 7, 10–13.
- Mahaffy, P., 2006. Moving Chemistry Education into 3D: A Tetrahedral Metaphor for Understanding Chemistry. Union Carbide Award for Chemical Education. J. Chem. Educ. 83, 49. <https://doi.org/10.1021/ed083p49>
- Mayring, P., 2015. Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken, 12., überarbeitete Auflage. ed. Beltz Verlag, Weinheim Basel.
- Schmidt, S., Parchmann, I., 2011. Schülervorstellungen - Lernhürde oder Lernchance? PdN, PdN Chemie in der Schule 60, 15–20.
- Sieve, B., 2021. Fallen und Stolpersteine in der Verwendung der chemischen Fachsprache - Ideen für die Aus- und Fortbildung von Chemielehrkräften. CUS, Chemie und Schule 17–21.
- Sommer, K., Wambach-Laicher, J., Pfeifer, P. (Eds.), 2018. Konkrete Fachdidaktik Chemie: Grundlagen für das Lernen und Lehren im Chemieunterricht, 1. Auflage, vollständige Neubearbeitung. ed, Unterricht Chemie. Friedrich, Aulis, Seelze.
- Vygotskij, L.S., Helm, J., Vygotski, L.S., 1977. Denken und Sprechen, Unveränd. Abdr. der 5., korr. Aufl. 1974. ed, Fischer-Taschenbücher Bücher des Wissens. Fischer-Taschenbuch-Verl, Frankfurt am Main.

Andreas Helzel¹
Thorid Rabe¹

¹Universität Halle

Wie reflektieren Lehramtsstudierende ‚Sprache im Physikunterricht‘?

Der Titelfrage nähert sich das Teilprojekt ‚Sprache(n) im Physikunterricht‘ des QLB Projekts ‚KALEI² – Professionalisierung durch Heterogenitätssensibilisierung‘ der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg in einer qualitativen Studie im Rahmen einer strukturtheoretischen Perspektive, die die in der Physikdidaktik üblichere kompetenzorientierte Perspektive komplementiert.

Sprachliche Praktiken tragen wesentlich zur Hervorbringung von Differenzen im Unterricht bei. Sprachbewusstheit als eine Dimension von Heterogenitätssensibilisierung soll Lehrkräfte dazu befähigen, Sprache im Fachunterricht differenzbewusst und lernförderlich einzusetzen. Dazu gehört nicht nur Wissen über, sondern auch die Reflexion von sprachlichen Praktiken im Unterricht. Die Ausprägung einer Haltung der Reflexivität gilt in verschiedenen professionstheoretischen Ansätzen als eine zentrale Komponente von Lehrkräfteprofessionalisierung.

Theoretische Einbettung

Nur sehr knapp wird im Folgenden der kompetenzorientierte und der strukturtheoretische Ansatz kontrastierend dargestellt. Blömeke et al. (2015) strukturiert die Kompetenz in drei Bereiche, die als Kontinuum verstanden werden sollen. In einer gegebenen Situation führen die ‚Dispositionen‘ einer Person anhand ‚situativer Fähigkeiten/Denkprozesse‘ zu einer bestimmten ‚Performanz‘. Professionelle Kompetenzen von Lehrkräften können in niedrigerer Stufe vorliegen und graduell und beginnend im Studium aufgebaut werden.

Dagegen wird der Lehrkräftehabitus im strukturtheoretischen Ansatz bestimmt durch die Orientierungen und Praktiken einer Lehrperson in einem bestimmten Feld/Erfahrungsraum (Helsper 2018). Der Lehrkräftehabitus wird nicht graduell aufgebaut, sondern erst im professionellen Umfeld gebildet und verhält sich komplementär zum Schülerhabitus. Für die Zeit des Studiums wird häufig vom Studierendenhabitus gesprochen, der sich zwar strukturell von Schüler- und Lehrkräftehabitus unterscheidet, in dem sich allerdings (berufsfeldbezogene) habituelle Dispositionen ausbilden (Wittek, te Poel, Lischka-Schmidt & Leonhard, 2022). Strukturtheoretisch sollen in der Lehrkräftebildung die entsprechenden Orientierungen und Praktiken angebahnt werden, die später zur Entwicklung eines professionellen Lehrkräftehabitus führen. Eine Veränderung und Bearbeitung von Orientierungen kann beispielsweise durch das Durchleben von Krisen stattfinden. Krisen können dabei eine Inkongruenz zwischen verschiedenen Orientierungen oder zwischen Normen und Orientierungen darstellen. Man kann hier auch von einem Orientierungsproblem sprechen. Das Bearbeiten und Bewältigen solcher Krisen versteht Helsper (2018) als bestimmend für Reflexivität bzw. den reflexiven Habitus.

Die Titelfrage impliziert die normative Forderung, Sprache im Physikunterricht reflektieren zu müssen. Eine krisenhafte Auseinandersetzung Studierender mit dieser Norm zeigt Orientierungen zu Sprache und Unterricht auf, die damit in Konflikt stehen. Eine gelingende Krisenbearbeitung lässt Aussagen zum sprachbezogenen reflexiven Habitus zu. Diese

Orientierungen und Praktiken, die professionelles sprachliches Handeln und die Reflexion sprachlicher Praktiken ermöglichen, verstehen wir aus einer strukturtheoretischen Perspektive als Sprachbewusstheit. Dieses Verständnis erscheint anschlussfähig an die Kritisch-reflexive Sprachbewusstheit nach Tajmel (2017).

Aus diesen Überlegungen ergibt sich unser Forschungsinteresse: Was bedeutet die normative Forderung des Reflektierens von Sprache im Physikunterricht für Lehramtsstudierende und inwieweit ergeben sich dadurch Krisen für die Studierenden?

Um diese Frage zu bearbeiten, nutzen wir die Dokumentarische Methode, die einen Einblick in das entsprechende handlungsleitende Wissen und die Orientierungsinkongruenzen ermöglicht (Asbrand & Martens, 2018; Przyborski & Wohlrab-Sahr, 2014; Bohnsack, 2010).

Forschungsdesign

Die Auseinandersetzung mit normativen Forderungen dokumentiert sich in der studentischen Praxis, die wir im Rahmen dieser Studie anhand der Bearbeitung einer Gruppenaufgabe durch Studierende zum Thema ‚Sprache im Physikunterricht‘ betrachten. Die Gruppenaufgabe ist Teil einer Begleitveranstaltung einer Praxisphase, die dieses Thema fokussiert (siehe Helzel & Rabe 2021). In der Gruppenaufgabe sollten sprachliche Praktiken anhand der Erlebnisse im Schulpraktikum mithilfe von Reflexionsfragen reflektiert werden. Die Gruppenaufgabe wurde in einem Online-Meeting in Break-Out-Räumen mit je drei Studierenden durchgeführt. Die Studierenden haben zu diesem Zeitpunkt gerade die letzte Praxisphase des Studiums beendet und sind zumindest im fünften Semester. Drei der videographierten und transkribierten Aufgabebearbeitungen wurden für diese Studie herangezogen.

Die Reflexionsfragen basieren auf Arbeiten von Thürmann & Vollmer (2020), Brauns & Abels (2021) und Tajmel (2017). Analog zum Inklusionsraster nach Booth et al. (2002) wurden die Fragen ausgewählt und strukturiert, um nicht nur unterrichtsinterne sprachliche Praktiken, sondern auch schulweite sprachbezogene Strukturen, Kulturen und Wertvorstellungen zu adressieren. Die Fragen sind geschlossen formuliert, eine positive Antwort repräsentiert das normativ erwünschte Verhalten. Sie sollen den Studierenden als Diskussionsanlass in Bezug auf ihre eigenen Erfahrungen dienen.

Erste Ergebnisse

In ersten Ergebnissen stellen wir die Orientierungen und Orientierungsprobleme vor, die sich in allen drei Gruppen zeigen. Ein Überblick ist in Abbildung 1 dargestellt. Unterschiede zwischen den Gruppen und Studierenden, vor allem in Bezug auf die Bearbeitung dieser Probleme/Krisen, werden für diese Arbeit noch nicht betrachtet.

Sehr übergreifend erscheint die Orientierung, sprachliche Praktiken im Unterricht vornehmlich unter fachphysikalischen Aspekten zu betrachten (a). Auf Sprache achten erscheint dabei nahezu identisch zum Achten auf fachliche Korrektheit. Es wird damit auch sprachlichen Äußerungen zugesprochen, trennscharf entweder korrekt oder inkorrekt zu sein. Es zeigt sich auch eine Ausrichtung sprachlicher Praktiken im Unterricht an normativen Forderungen aus Lehrplan bzw. Bildungsstandards (b). Es kann nicht rekonstruiert werden, wer als Ausgangspunkt dieser Norm wahrgenommen wird – Schule, Kultusministerium oder Studium – es deuten sich aber institutionelle Bezüge in dieser Norm an.

Die fachphysikalische Ausrichtung wird in den Gruppen auch in Orientierungsproblemen besprochen. Die Studierenden nehmen beispielsweise die Norm wahr, als fachsprachliche

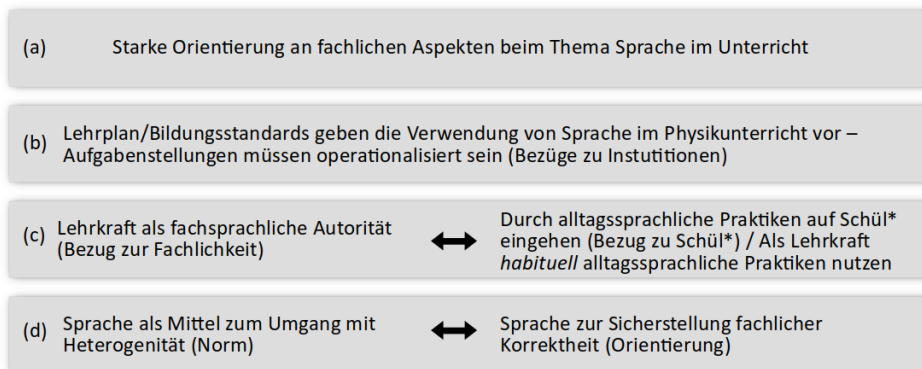


Abb. 1: Überblick über Orientierungen und Inkongruenzen

Autoritäten im Unterricht wirken zu müssen (c). Das steht zum einen im Konflikt mit der Norm, auf die Schüler*innen durch (alltags-)sprachliche Praktiken einzugehen, um ihr Lernen zu fördern. Zum anderen sehen die Studierenden ihre eigenen *habituell* alltagssprachlichen Praktiken im Konflikt mit dieser Norm.

Ein weiteres Orientierungsproblem im Zusammenhang mit der Orientierung, Sprache nur zur Sicherstellung fachphysikalischer Korrektheit zu verwenden, ergibt sich zur normativen Forderung, durch Sprache auch einen heterogenitätssensiblen Unterricht zu gestalten (d).

Die Orientierung (a) deutet an, dass Studierende sprachliche Praktiken im Unterricht *habituell* einer Sachlogik unterordnen, und dass diese Sachlogik für sie im Konflikt mit lernpsychologischen Kriterien (c und d) steht, die nur als (akzeptierte) normative Forderungen an sie herangetragen werden.

Die empfundene Norm (c links), als Lehrkräfte die fachsprachliche Autorität im Unterricht zu sein, findet sich nicht in den Reflexionsfragen. Der Ursprung dieser Norm konnte nicht aus dem Material abgeleitet werden, könnte aber in Verbindung mit der Orientierung (a) bzw. fachwissenschaftlichen Lehrveranstaltungen stehen.

Diskussion der Ergebnisse

In der Bearbeitung der Gruppenaufgabe dokumentieren sich Orientierungen, Normen und krisenhaft dargestellte Orientierungsprobleme, die von den Studierenden geteilt werden. Strukturtheoretisch sind solche krisenhaften Orientierungsprobleme ein Ausgangspunkt von Lernprozessen und Reflexion. Sie müssen dabei aber auch überwunden werden. Die Bearbeitung dieser Krisen scheint sich zwischen den Studierenden allerdings zu unterscheiden und weiterführende Analysen sind notwendig, um eine entsprechende Typik zu entwickeln. Daraus sollte sich ein detaillierteres Bild der Entwicklung von Sprachbewusstheit ergeben und ableiten lassen, wie diese weiter erforscht werden kann und welche hochschuldidaktischen Maßnahmen ergriffen werden können, um sie zu fördern.

Es deutet sich aber schon an diesen ersten Ergebnissen an, dass die sach- bzw. fachkulturelle Logik der sprachlichen Praktiken der Studierenden eine kritische Reflexion verlangt. Möglichkeiten einer solchen Reflexion sollte den Studierenden obligatorisch im Studium gegeben werden, wie beispielsweise in Helzel & Rabe (2021) beschrieben.

Literatur

- Asbrand, B. & Martens, M. (2018). *Dokumentarische Unterrichtsforschung*. Wiesbaden: Springer VS.
- Blömeke, S., Gustafsson, J.-E. & Shavelson, R.J. (2015). Beyond Dichotomies. Competence Viewed as Continuum. *Zeitschrift für Psychologie*, 223 (1), 3–13.
- Bohnsack, R. (Ed.), Pfaff, N. (Ed.), Weller, W. (Ed.) (2010). *Qualitative analysis and documentary method in international educational research*. Opladen: B. Budrich.
- Booth, T., Ainscow, M., Boban, I., Hinz, A. (2003). Index für Inklusion Lernen und Teilhabe in der Schule der Vielfalt entwickeln. Centre for Studies on Inclusive Education (CSIE). Im Internet: <https://www.eenet.org.uk/resources/docs/Index%20German.pdf>
- Brauns, S. & Abels, S. (2021). Die Anwendung naturwissenschaftlicher Untersuchungsmethoden inklusiv gestalten – Naturwissenschaftsdidaktische Theorie und Empirie erweitern mit dem Kategoriensystem inklusiver naturwissenschaftlicher Unterricht (KinU). In *ZfDN*, S. 231–249.
- Helsper, W. (2018). Lehrerhabitus – Lehrer zwischen Herkunft, Milieu und Profession. In *Ungewissheit als Herausforderung für pädagogisches Handeln*, S. 105–140. Wiesbaden: Springer.
- Helzel, A. & Rabe, T. (2021). Sprachbewusstheit unterstützen durch ein kasuistisches Lehrformat. In: Habig, S. [Hrsg.]: *Naturwissenschaftlicher Unterricht und Lehrerbildung im Umbruch? Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung Online 2020* (S. 629).
- Przyborski, A. & Wohlrab-Sahr, M. (2014). *Qualitative Sozialforschung*. Oldenburg: De Gruyter.
- Wittek, D., te Poel, K., Lischka-Schmidt, R., Leonhard, T. (2022). Habitusreflexion und reflexiver Habitus im Widerstreit. Grundlagentheoretische Überlegungen und empirische Annäherungsversuche. In: Reintjes, C. [Hrsg.] & Kunze, I. [Hrsg.]: *Reflexion und Reflexivität in Unterricht, Schule und Lehrer:innenbildung*. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt, S. 39–57.
- Tajmel, T. (2017). *Naturwissenschaftliche Bildung in der Migrationsgesellschaft*. Wiesbaden: Springer VS.
- Thürmann, E. & Vollmer, H. (2020). Checkliste zu sprachlichen Aspekten des Fachunterrichts. Online.

Vanessa Lang¹
 Christine Eckert¹
 Christopher W. M. Kay^{1,2}
 Johann-Nikolaus Seibert^{1,3}

¹Universität des Saarlandes
²University College London
³Technische Universität Kaiserslautern

Förderung der Modellbildungskompetenz im Chemieunterricht

Modelle sind für den Chemieunterricht als Prognose- oder Anschauungswerkzeuge unumgänglich (Barke, Harsch, Kröger & Marohn 2018). Bei Schüler*innen zeigen sich allerdings häufig Präkonzepte, die den Bedeutungsumfang von Modellen in den Naturwissenschaften unterschätzen. Der Wechsel zwischen verschiedenen Modellen im Verlauf des schulischen Curriculums ist nur für wenige Schüler*innen nachvollziehbar (Graf, 2002). Diese Abweichungen der Schüler*innenvorstellungen von dem naturwissenschaftlichen Bedeutungsumfang von Modellen bildet den Ausgangspunkt des folgend vorgestellten Dissertationsvorhabens. Das Vorhaben gliedert sich in drei Teile. Im ersten Teil wurde ein Modellierungsprozess für die Chemie entworfen, auf dem die Unterrichtseinheit, welche im zweiten Teil entwickelt wurde, aufbaut. Der letzte Teil reichert die Unterrichtseinheit mit Aspekten der Digitalisierung und des Scaffoldings an.

Unterrichtseinheit zur Förderung der Modellbildungskompetenz in der Chemie

Modellierungsprozesse haben sich bereits in einigen Förderansätzen als hilfreich zur Förderung der Modellbildungskompetenz erwiesen (z.B. Grünkorn, 2014, Caspari, Weber-Peukert & Graulich, 2018). Daher wurde im ersten Teil des Forschungsvorhabens ein Modellierungsprozess für die Chemie (Abb. 1) als Grundlage für die Unterrichtseinheit entwickelt (Abb. 1).

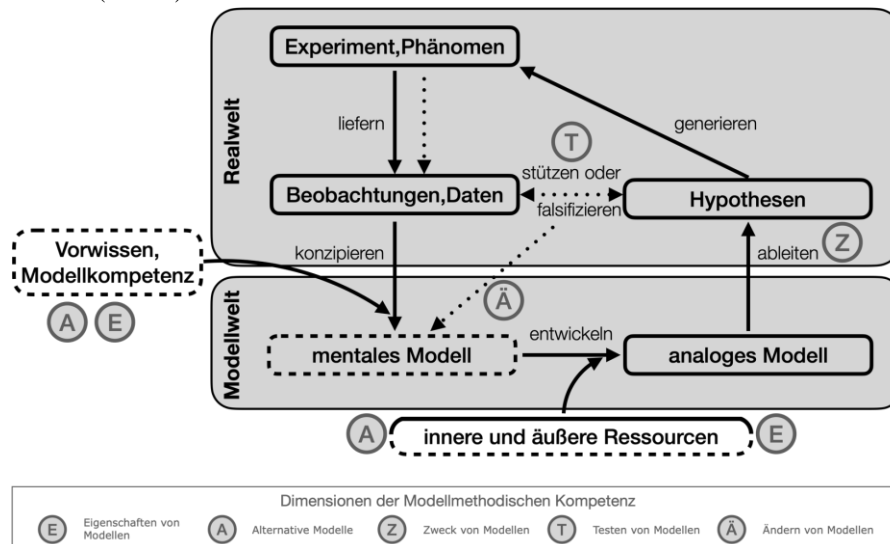


Abb. 1: Modellierungsprozess für die Chemie (Lang, Eckert, Perels, Kay & Seibert, 2020) mit Bezug zur Modellmethodischen Kompetenz

Beschreibung der Unterrichtseinheit

Die Unterrichtseinheit unterteilt sich in eine vorbereitende und eine Haupteinheit. Im Zuge der vorbereitenden Einheit, soll das Vorwissen gesichert und eine erste Auseinandersetzung mit dem Modellierungsprozess durch die Schüler*innen vollzogen werden. Dabei werden die Dimensionen *Eigenschaften von Modellen* (Modelle als idealisierte Repräsentationen von etwas, Stufe II; Upmeier zu Belzen & Krüger, 2010) und *Alternative Modelle* (Verschiedene Fragestellungen ermöglichen unterschiedliche Modelle von etwas, Stufe II, ebd.) an Alltagsbeispielen thematisiert, während die Schüler*innen in einer ersten Modellierungsaufgabe, den Inhalt eines Überraschungseis herauszufinden, ohne dieses zu öffnen (Jesgarz, 2022). In der anschließenden Haupteinheit wird durch die Verbrennung von Streichhölzern im offenen System als experimenteller Zugang gängige Präkonzepte, u.a. das Vernichtungskonzept (Barke, 2006), adressiert und instrumentalisiert, um den Modellierungsprozess in Gang zu setzen. Aus den Beobachtungen des Experiments leiten die Schüler*innen anschließend mit Hilfe ihres Vorwissens einen Erklärungsansatz auf Teilchenebene ab. Dabei wird der Übergang von der makroskopischen zur submikroskopischen Ebene durch die Farbgebung (makroskopisch: orange, submikroskopisch: grün) und Reflexionsfragen (Upmeier zu Belzen & Krüger, 2019) expliziert. Im Anschluss daran leiten die Schüler*innen eine Hypothese, wie es sich mit der Masse bei der Verbrennung von Streichhölzern in einem geschlossenen System verhält, ab. Dieses Experiment wird danach durchgeführt, beobachtet und wieder auf Teilchenebene erklärt. In den hieran anschließenden Reflexionsfragen vergleichen die Schüler*innen die beiden Experimentalaufbauten miteinander, um schließlich zur Erkenntnis zu gelangen, dass bei der Reaktion Kohlenstoffdioxid als Gas entstanden ist, was auch eine Masse hat, aber aufgrund der unterschiedlich beschaffenen Systeme nur im zweiten Experiment gewogen werden konnte. Die Schüler*innen sollen damit ihre Präkonzepte (z.B. Vernichtungskonzept) an wissenschaftliche Vorstellungen angleichen, um das Gesetz der Erhaltung der Masse abzuleiten.

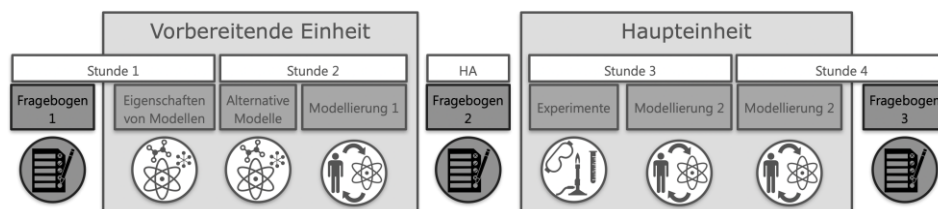


Abb. 2: Unterrichtseinheit entsprechend des Modellierungsprozesses für den Anfangsunterricht im Fach Chemie

Forschungsfragen

- Erhöht der Einsatz eines Reflexionsschemas entsprechend des Modellierungsprozesses in der Chemie die Modellbildungskompetenz (MBK) und das Fachwissen von Schüler*innen?
- Wie viel der Varianz kann in der MBK und dem Fachwissen durch kognitive Variablen (Modellkompetenz, Vorwissen), motivationale Variablen (Fachinteresse, naturwissenschaftliches Fähigkeitsselbstkonzept) und leistungsbezogene Variablen (Schulleistungen in den Naturwissenschaften) aufgeklärt werden?

Methode

In einem quasi-experimentellen 2-Gruppen-Design wurden neben dem Einfluss des eingesetzten Reflexionsschemas (unabhängige Variable=UV) auch motivationale, leistungsbezogene und kognitive Einflüsse (Prädiktorvariablen) auf die Modellbildungskompetenz (MBK) und das Fachwissen (abhängige Variablen= AVs) evaluiert. Die AVs wurden zu drei Messzeitpunkten (prä- inter- post, vgl. Abb. 2) erhoben, während die Abfrage der kognitiven, motivationalen und leistungsbezogenen Variablen nur zum Zeitpunkt 1 (prä) geschah. Die Unterrichtseinheit wurde an einer Realschule in vier achten Klassen erprobt. Nach Bereinigung des Datensatzes ergab sich eine Stichprobengröße von 40 Schüler*innen (30 % männlich/ 60 % weiblich/ 10 % k.A.), die sich ungefähr zu gleichen Teilen auf die Kontroll- und Experimentalgruppe verteilen.

Ergebnisse

In Bezug auf die MBK zeigten sich einige signifikante Zusammenhänge mit ausgewählten Prädiktoren. So korrelierten die MBK zum Zeitpunkt 1 ($r = .376, p < .05$) sowie die Subdimensionen der MBK zum Zeitpunkt 1 ($.31 < r < .41, p < .05$) moderat positiv mit der Entwicklung der MBK von Zeitpunkt 2 zu 3. Bezüglich des Fachwissens konnten keine signifikanten Zusammenhänge gefunden werden. Im Rahmen einer MANOVA mit Messwiederholung konnten außerdem keine signifikanten Interaktionseffekte zwischen der Zeit und der Experimentalbedingung gefunden werden ($F(10, 28) = .934, p = .518$, partielles $\eta^2 = .25$, Wilk's $\Lambda = .75$). Es zeigten sich allerdings Haupteffekte der Zeit für die beiden AVs (Fachwissen und MBK). Bei genauerer Betrachtung konnten signifikant positive Entwicklungen des Fachwissens (AV_1) und der MBK (AV_2) von Zeitpunkt 1 zu 3 sowie von Zeitpunkt 2 zu 3 belegt werden; während sich AV_1 und AV_2 zu den beiden Zeitpunkte 1 und 2 nicht signifikant unterschieden.

Diskussion

Grundsätzlich konnte gezeigt werden, dass sich die Lerneinheit in Anlehnung an den Modellierungsprozess eignet, um das Fachwissen und die MBK zu fördern, da ein Kompetenzzuwachs hin zum dritten Messzeitpunkt belegt werden konnte. Die nahezu identischen Werte zu den Zeitpunkten 1 und 2 legten allerdings nahe, dass der Einfluss der vorbereitenden Einheit überschätzt wurde. Daher wird die vorbereitende Einheit derart verkürzt, dass die Modellierungsaufgabe aus dem ersten Teil entfällt, um in der Haupteinheit mehr Platz zur kognitiven Aktivierung und für weitere Anreicherungen zu schaffen.

Ausblick

Zur stärkeren Strukturierung werden die Arbeitsblätter als interaktive Datei umgesetzt, die ebenso die weiteren Anreicherungen integrieren. In diesem Zusammenhang werden zum einen digitale Modelldarstellungen (UV_1) integriert, um den Schüler*innen bei der analogen Umsetzung ihrer mentalen Modelle einen größeren Spielraum zu ermöglichen, und zum anderen Unterstützungsmaßnahmen (UV_2) umgesetzt. Als Ausprägungen der UV_1 werden zusätzlich statische oder dynamische Modelldarstellungen von den Schüler*innen entwickelt, während bei der UV_2 die Unterstützungsmaßnahmen entweder den Fachwissens- oder den Modellbildungskompetenzerwerb adressieren. Daraus ergibt sich für die anschließende Studie ein 2x2-Design zur Ableitung von Gelingensbedingungen zur Förderung der Modellbildungskompetenz im Chemieunterricht.

Literatur

- Barke, H.-D. (2006). *Chemiedidaktik: Diagnose und Korrektur von Schülervorstellungen*. Springer.
- Barke, H.-D., Harsch, G., Kröger, S., & Marohn, A. (2018). *Chemiedidaktik kompakt*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-56492-9>
- Caspari, I., Weber-Peukert, G., & Graulich, N. (2018). Der Einsatz von Modellen zum Erkenntnisgewinn— Eine Unterrichtseinheit zur Förderung der Modellkompetenz im Kontext „Batterie“ unter explizitem Einbezug von Schülervorstellungen. *CHEMKON*, 25(1), 23–34. <https://doi.org/10.1002/ckon.201710313>
- Graf, E. (2002). Modelle im Chemieunterricht. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 13(67), 4–9.
- Grünkorn, J. (2014). *Modellkompetenz im Biologieunterricht -Empirische Analyse von Modellkompetenz bei Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe I mit Aufgaben im offenen Antwortformat* [Freien Universität Berlin]. <https://d-nb.info/1056908270/34>
- Jesgarz, M. (2022). Warum gibt es unterschiedliche Atommodelle? *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 189, 43–47.
- Lang, V., Eckert, C., Perels, F., Kay, C. W. M., & Seibert, J. (2021). A Novel Modelling Process in Chemistry: Merging Biological and Mathematical Perspectives to Develop Modelling Competences. *Education Sciences*, 11(10). <https://doi.org/10.3390/educsci11100611>
- Upmeier zu Belzen, A., & Krüger, D. (2010). Modellkompetenz im Biologieunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16, 41–57.
- Upmeier zu Belzen, A., & Krüger, D. (2019). Ein Fall für Erkenntnisgewinnung- Biologische Beiträge zu einem Verständnis naturwissenschaftlichen Modellierens. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 30(171), 38–41.

Tobias Przywarra¹
Björn Risch²

¹Rheinland-Pfälzische Technische
²Universität Kaiserslautern-Landau
Campus Landau

Einfluss des Modelltyps auf Fachwissen, Modellkompetenz und Interesse

Ausgangslage und Problemstellung

Im naturwissenschaftlichen Unterricht werden häufig Phänomene präsentiert, deren Deutungen eine hohe Komplexität aufweisen (Merzyn, 2008; MBWKM-V, 2010). Dies tritt vor allem dann ein, wenn die Deutung nicht mehr auf der Stoffebene, sondern auf der Teilchenebene erfolgt. So sind Deutungen auf der Teilchenebene weder mit den bloßen Sinnesorganen noch über die Beobachtung mithilfe technischer Unterstützung direkt nachvollziehbar. Daraus ergeben sich eine Abstraktheit und Komplexität, die sich herkömmlichen, kausalen Erklärungsansätzen entziehen. Modelle und ihre kohärenten Vorstellungen bilden ein Konstrukt, welches eben hierfür Erklärungsansätze zu liefern versucht. Zahlreiche Studien belegen, dass der gedankliche Übergang von der makroskopischen Ebene hin zu den Modellvorstellungen über das submikroskopische Diskontinuum für Lernende schwer nachzuvollziehen ist (Özmen, 2011; Kirman Bilgin et al., 2017). Zudem wurde festgestellt, dass Lernende jeden Alters, auch an Universitäten, über diverse alternative Vorstellungen zum Teilchenmodell verfügen (Andersson, 1990; Aydeniz & Kotowski, 2012; Yan & Talanquer, 2015; Kirman Bilgin et al., 2017). Auch wenn diese Probleme schon lange bekannt sind, wurden sie bisher noch nicht zufriedenstellend gelöst. Sie stehen daher weiterhin im Fokus naturwissenschafts-didaktischer Forschungsarbeiten (Parchmann & Schwarzer, 2016; Bittorf et al., 2017; Sieve et al., 2017; Thomas et al., 2017).

Das Hilfsmittel erster Wahl, mit dem diesen Problemen im naturwissenschaftlichen Unterricht entgegengetreten wird, sind Anschauungsmodelle. Diese unterstützen die Lernenden dabei, ein mentales Modell eines Phänomens auf Teilchenebene zu erstellen, zu erweitern oder gar gänzlich zu verändern (Gilbert et al., 2000). In den MINT-Fächern werden insbesondere drei Typen von Modellen am häufigsten eingesetzt (Ostermann et al., 2019): Ikonische Modelle, konkrete Modelle und digitale Modelle. Die Frage welcher Modelltyp am besten geeignet ist, um Schülerinnen und Schülern (SuS) die Deutung auf der Teilchenebene zu erleichtern, wird aktuell in den Naturwissenschaftsdidaktiken untersucht (z.B. Probst et al., 2021). Bisherige Studienergebnisse zum Vergleich verschiedener Modelltypen weisen jedoch eine große Diversität auf (Tversky et al., 2002). Dies beruht zumeist auf der mangelnden Vergleichbarkeit der Qualität der eingesetzten Modelle (ebd.). Neben den charakteristischen Merkmalen der Modelltypen unterscheiden sich die Modelle häufig auch im Umfang der dargestellten Informationen und im Grad der Aktivierung der Nutzerinnen und Nutzer beim Umgang mit den Modellen (ebd.). Zudem gibt es bislang keine Studien, die den Einfluss aller drei zuvor genannten Modelltypen auf das Fachwissen im Kontext chemischer Prozesse untersuchen. Daraus ergibt sich folgendes Forschungsdesiderat: Wie wirken sich in kontrolliert gleichwertigen Lernumgebungen die unterschiedlichen Modelltypen auf einen Fachwissenszuwachs aus? Der Einsatz von Anschauungsmodellen in Bezug auf das Teilchenmodell birgt jedoch auch Probleme. So kann diese Art von Modellen als Idealisierung von realen Teilchen gesehen oder mit Vergrößerungen davon verwechselt werden (Saborowski, 2000). Es besteht keine Trennschärfe zwischen Realität und Modell, sodass die SuS die Modellvorstellungen als der Realität entsprechend annehmen (Jung, 1977; Harrison & Treagust, 1996). Saborowski (2000) postuliert, dass digitale Medien, insbesondere Animationen, aufgrund einer Simulation der Wirklichkeit die Verwechslungsgefahr mit einem vergrößerten Original verringern. Der sich

dadurch ergebende verstärkte Modellcharakter solle zur klareren Trennung zwischen Realität und Modell sowie zu einer deutlicheren Darstellung der Modelleigenschaften führen (ebd.). Das Konstrukt Modellverständnis gilt als Teildimension der Modellkompetenz (Leisner, 2005; Meisert, 2008). Lernende, die über ein angemessenes Modellverständnis verfügen, weisen adäquate Vorstellungen zu vier Aspekten von Modellen auf: Die Modell-Original-Relation, die Funktion von Modellen als Mittel der Erkenntnisgewinnung, der Entwicklungscharakter von Modellen sowie die Rolle und die Intention des Modellierers (Leisner, 2005; Meisert, 2008). Somit ist ein Einfluss des Modelltyps auf das Modellverständnis der Nutzer zu erwarten. Auf Basis von Saborowskis Postulat lässt sich folglich das Desiderat ableiten, wie sich Animationen im Vergleich zu den anderen Modelltypen auf die Entwicklung des Modelverständnisses auswirken.

Forschungsdesign und Methoden

Im Rahmen einer Interventionsstudie mit 292 SuS aus 16 achten Klassen wurde der Forschungsfrage nachgegangen, wie sich unterschiedliche Modelltypen auf die Entwicklung des situationalen Interesses, der Modellvorstellungen und des Fachwissens auswirken. Dazu wurden die SuS quasi-randomisiert in Klassenverbänden drei Gruppen zugeteilt (EG 1-3). Diese führten an drei Interventionszeitpunkten jeweils zwei problemorientierte Experimente zu Lösungs- und Diffusionsprozessen durch. Zur Erarbeitung der Deutung auf Teilchenebene stand jeder Gruppe jeweils ein Modelltyp zur Verfügung:

- Haptisch-interaktive (HI) Modelle mit denen Prozesse simuliert werden (EG 1)
- Digital erweiterte Modelle durch markerbasierte Augmented-Reality-Animationen (AR) auf Tablets (EG 2) sowie
- Illustrationen (IL) in Form von Legebildern, die in die korrekte Reihenfolge gebracht werden müssen (EG 3).

Die Gleichwertigkeit der Qualität der einzelnen Modelltypen wurde zuvor mittels Expertenrating geprüft (Przywarra et al., 2021) und bei Bedarf optimiert (Przywarra & Risch, 2021). Ebenso wurden die Qualität und die Gleichwertigkeit der Lernumgebungen zwischen den Gruppen zuvor gewährleistet (Przywarra & Risch, 2022). Die Untersuchung erfolgte hypothesengeleitet. Zur Überprüfung gleicher Lernbedingungen in den Gruppen wurden folgende Hypothesen überprüft:

(H1) Die empfundene **kognitive Belastung** der einzelnen Gruppen (AR, HI, IL) ist gleich hoch.

(H2) Die empfundene **Benutzerfreundlichkeit** der einzelnen Gruppen (AR, HI, IL) ist gleich hoch.

Die Beantwortung der Forschungsfrage „Wie wirken sich unterschiedliche Modelltypen auf affektive und kognitive Konstrukte bei SuS der achten Klassenstufe aus?“ wurde durch Prüfung folgender Hypothesen geplant:

(H3) Die einzelnen Gruppen (AR, HI, IL) unterscheiden sich über den Interventionszeitraum hinweg in ihrem **situationalen Interesse**.

(H4) Das **Fachwissen** der einzelnen Gruppen (AR, HI, IL) zu Löse- und Diffusionsprozessen entwickelt sich über die einzelnen Messzeitpunkte unterschiedlich stark.

(H5) Das **Modellverständnis** der einzelnen Gruppen (AR, HI, IL) entwickelt sich über die einzelnen Messzeitpunkte unterschiedlich stark.

Die Erhebung der Daten erfolgte mittels Pencil-Paper Fragebögen. Dabei wurden die Konstrukte Fachwissen und Modellverständnis Pre-Post und die Konstrukte kognitive Belastung, Benutzerfreundlichkeit und situationales Interesse begleitend zu den drei Interventionszeitpunkten erhoben. Die Unterschiedsprüfungen der Konstrukte kognitive Belastung, Benutzerfreundlichkeit und situationales Interesse wurden mittels ANOVA vorge-

nommen. Zur Überprüfung auf Unterschiede der Konstrukte Fachwissen und Modellverständnis wurde der messwiederholte Welch-James ADF-Test verwendet.

Ausgewählte Ergebnisse

Die Itemanalyse der eingesetzten Skalen ergibt Werte im akzeptablen Bereich (Trennschärfe $r_{it} \geq 0.32$, Schiefe $-1.56 - 1.74$, Kurtosis $-2.00 - 3.19$, Schwierigkeit nach Dahl $16 > d < 81$, Cronbach's $\alpha \geq 0.72$).

Die hypothesenbezogenen Ergebnisse der Unterschiedsprüfungen sind im Folgenden aufgeführt: (H1) Die über die drei Messzeitpunkte gemittelte, **kognitive Belastung** unterscheidet sich nicht signifikant zwischen den drei Gruppen (Intrinsic Load: $F(2) = 1.70$, $p = 0.18$, $\eta_g^2 = 0.013$; Extraneous Load: $F(2) = 2.07$, $p = 0.18$, $\eta_g^2 = 0.015$; Germane Load: $F(2) = 0.32$, $p = 0.72$, $\eta_g^2 = 0.003$). (H2) Die über die drei Messzeitpunkte gemittelte **Benutzerfreundlichkeit** unterscheidet sich nicht signifikant zwischen den drei Gruppen ($F(2) = 1.00$, $p = 0.37$, $\eta_g^2 = 0.008$) (H3) Die einzelnen Gruppen unterscheiden sich über den Interventionszeitraum hinweg nicht in ihrem **situationalen Interesse** (Gruppe: $F(2) = 1.44$, $p = 0.23$, $\eta_g^2 = 0.009$; MZP: $F(2) = 18,56$, $p < 0.001$, $\eta_g^2 = 0.015$, Gruppe ~ MZP: $F(4) = 0.66$, $p = 0.62$, $\eta_g^2 = 0.001$). Die Prüfung der Lernwirksamkeit in Bezug auf das **Fachwissen** (H4) im Pre-Post-Vergleich ergab keine signifikanten Unterschiede zwischen den Vergleichsgruppen (Interaktion Pre-Post: $WJ(2) = 0.823$, $p = 0.44$; s. Abb.1). Die EG 3 (IL) weist jedoch im Pre-Test mit einem kleinen Effekt ein signifikant höheres Fachwissen die beiden anderen Gruppen auf (IL-AR: $WJ(1) = 9.866$, $p = 0.006$, $\hat{\delta}_j^{(R)} = 0.33$; IL-HI: $WJ(1) = 9.035$, $p = 0.01$, $\hat{\delta}_j^{(R)} = 0.31$; AR-HI: $WJ(1) = 0.025$, $p = 0.87$, $\hat{\delta}_j^{(R)} = 0.02$). Die Prüfung der Lernwirksamkeit in Bezug auf das **Modellverständnis** (H4) im Pre-Post-Vergleich zeigt, dass die Gruppen sich mit einem kleinen Effekt signifikant verbessert haben ($WJ(1) = 20.610$, $p < 0.001$, $\hat{\delta}_j^{(R)} = 0.43$). In EG2 (AR) hat sich das Modellverständnis im Vergleich zur EG1 (HI) mit einem mittleren Effekt signifikant stärker entwickelt (Interaktion Gruppe ~ MZP: $WJ(2) = 4.331$, $p = 0.01$; AR-HI: $p = 0.01$, $\hat{\delta}_j^{(R)} = 0.65$; IL-AR: $p = 0.19$, $\hat{\delta}_j^{(R)} = 0.28$; IL-HI: $p = 0.19$, $\hat{\delta}_j^{(R)} = 0.34$; s. Abb.1).

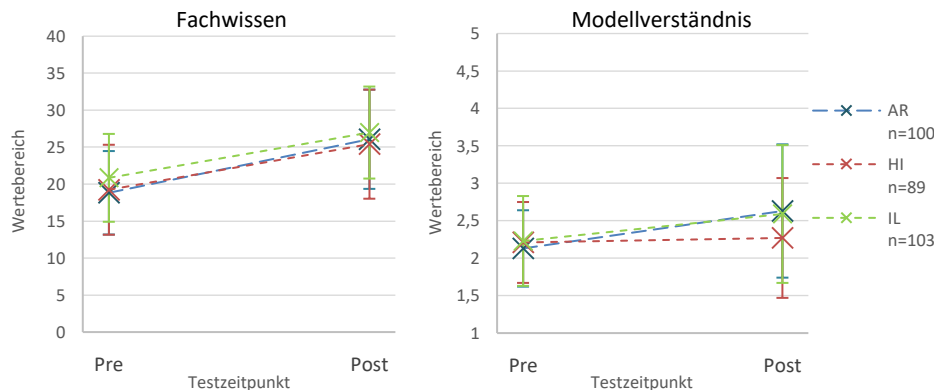


Abbildung 1: Entwicklung des Fachwissens und des Modellverständnisses zum Pre- und Post-Testzeitpunkt. AR = Augmented Reality; HI = Haptisch-Interaktiv; IL = Illustrativ

Literatur

- Andersson, B. (1990). Pupils' Conceptions of Matter and its Transformations. *Studies in Science Education*, 18:1, S. 53-85.
- Aydeniz, M., & Kotowski, E. L. (2012). What Do Middle and High School Students Know About the Particulate Nature of Matter After Instruction? Implications for Practice. *School Science and Mathematics*, 112(2), S. 59-65.
- Bittorf, R., Hallier, S., Busch, S., & Sieve, B. (2017). Modellieren mit Linsen und Kichererbsen. Diffusionsvorgänge auf der Teilchenebene visualisieren. *Naturwissenschaften im Unterricht - Chemie*, 28 (160), S. 12-15.
- Gilbert, J., Boulter, C., & Elmer, R. (2000). Positioning models in science education and in design and technology education. In J. Gilbert, & C. Boulter, *Developing models in science education* (S. 3-17). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Harrison, A. G., & Treagust, D. F. (1996). Secondary students' mental models of atoms and molecules: Implications for teaching chemistry. *Science education*, 80(5), S. 509-534.
- Jung, W. (1977). Fachdidaktische Aspekte von Theoriebegriffen. *chimica didacticae* 3(4), S. 153-168.
- Kirman Bilgin, A., Demircioğlu Yürükel, F., & Yiğit, N. (2017). The Effect of a Developed REACT Strategy on the Conceptual Understanding of Students: "Particulate Nature of Matter". *Journal of Turkish Science Education (TUSED)*, 14 (2), S. 65-81.
- Leisner, A. (2005). *Entwicklung von Modellkompetenz im Physikunterricht*. Berlin: Logos Verlag.
- Meisert, A. (2008). Vom Modellwissen zum Modellverständnis - Elemente einer umfassenden Modellkompetenz und deren Fundierung durch lernerseitige Kriterien zur Klassifikation von Modellen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 14., S. 243-261.
- Merzlyn, G. (2008). *Naturwissenschaften, Mathematik, Technik – immer unbeliebter*. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.
- Ministerium für Bildung, W. u.-V. (2010). *Rahmenplan Naturwissenschaften für die Jahrgangsstufen 5 und 6 an der Integrierten Gesamtschule sowie an der Regionalen Schule*.
- Ostermann, A., Härtig, H., Kampschulte, R., Lindmeier, A., Ropohl, M., & Schwanewedel, J. (2019). Wie nutzen MINT-Lehrkräfte Medien? Erste Ergebnisse einer Befragung. In C. Maurer (Hg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe*. Regensburg: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDCCP).
- Özmen, H. (2011). Turkish Primary students' conceptions about the particulate nature of matter. *International journal of Environmental & Science Education*, 6(1), S. 99-121.
- Parchmann, I., & Schwarzer, S. (2016). Kann man Atome sehen? Atomvorstellungen reflektieren. *Naturwissenschaften im Unterricht - Chemie* 27(153), S. 15-17.
- Probst, C., Fetzner, D., Lukas, S., & Huwer, J. (2021). Effekte von Augmented Reality (AR) zur Visualisierung eines dynamischen Teilchenmodells – virtuelle Modelle zum Anfassen. *CHEMKON*, S. 1-7.
- Przywarra, T., & Risch, B. (2021). Kugeln, Bilder oder Augmented Reality? *Nachrichten aus der Chemie*, 69(11), S. 12-15.
- Przywarra, T., & Risch, B. (2022). Interventionsstudien zum Vergleich verschiedener Modelltypen: Herausforderungen und Lösungsansätze. *CHEMKON*, 29, S. 250-254.
- Przywarra, T., Engl, A., & Risch, B. (2021). Entwicklung eines Messinstruments zur Qualitätsbestimmung von (digitalen) Anschauungsmodellen. *Empirische Pädagogik (EP)*, 35(1), S. 19-37.
- Saborowski, J. (2000). *Computervisualisierung und Modelldenken : konzeptionelle Grundlagen und fachdidaktische Konsequenzen für den Chemieunterricht*. Köln: Jörg Saborowski Verlag.
- Sieve, B., Graulich, N., Caspari, I., & Bittorf, R. (2017). Chemische Vorgänge als Prozesse erfassen. *Naturwissenschaften im Unterricht - Chemie*, 28 (160), S. 2-7.
- Thomas, J., Struckmeier, S., & Sieve, B. (2017). „Molekulares Sieben 2.0“ – vom Kontinuum zum Diskontinuum mit molekularer Küche. *Chemkon* 3/2017, S. 142–145.
- Tversky, B., Morrison, J. B., & Bétrancourt, M. (2002). Animation: can it facilitate? *International journal of human-computer studies*, 57(4), S. 247-262.
- Yan, F., & Talanquer, V. (2015). Students' Ideas about How and Why Chemical Reactions Happen: Mapping the conceptual landscape. *International Journal of Science Education* 37 (18), S. 3066-3092.

Tina Grottke¹
Rüdiger Tiemann¹

¹Humboldt-Universität zu Berlin

Repräsentationswechsel zwischen molekularen Darstellungen

Theoretischer Hintergrund

Externe Repräsentationen stellen in der Chemie für das Verständnis und die Kommunikation chemischer Phänomene und Inhalte einen essenziellen Bestandteil dar (Dickmann et al., 2019; Kozma & Russell, 1997; Taskin, Bernholt & Parchmann, 2015; Wu & Shah, 2004). Dabei kann unter anderem die molekulare Ebene durch verschiedene Darstellungsformen wie Summen- und Strukturformeln oder Kugel-Stab-Modelle repräsentiert werden, welche vielfach in bestehendem Lehr- und Lernmaterial Verwendung finden, um den Zugang zu nicht sichtbaren Prozessen zu ermöglichen (Dickmann et al., 2019; Hoffmann & Laszlo, 1991; Wu & Shah 2004). Zahlreiche Studien stellen jedoch heraus, dass Lernende Schwierigkeiten im Umgang mit eben diesen Darstellungen zeigen (Taskin & Bernholt, 2014; H.-K. Wu, Krajcik & Soloway, 2001; H.-K. Wu & Shah, 2004). Ein Schwierigkeitsbereich stellt die Translationsfähigkeit dar, welche das in Beziehung setzen von externen Repräsentationen und deren Überführung ineinander umfasst (Kozma & Russell, 1997, 2005; Keig & Rubba, 1993) und in der Repräsentationskompetenz verankert ist (Kozma & Russell, 1997, 2005). Bereits näher untersucht wurde die Strukturaufklärung der Translationsfähigkeit bei Studierenden mit Fokus auf die Übersetzung von bildhaft in symbolische Repräsentationen (Fleischer, 2017) sowie das Übersetzen zwischen chemischen Formeln, Elektronenkonfigurationen und Kugel-Stab-Modellen bei Lernenden ab der zehnten Jahrgangsstufe (Keig & Rubba, 1993). Dabei zeigten Lernende, wie bereits erwähnt, Defizite.

Forschungsinteresse und Forschungsfragen

Für die Gestaltung von Lehr- und Lernmaterial sowie für die Vermittlung von chemischen Inhalten, welche in Zusammenspiel mit der Verwendung von chemischen Repräsentationen steht, besteht ein notwendiges Interesse in der Identifikation von anspruchsvolleren Übersetzungen zwischen Darstellungsformen der molekularen Ebene sowie von Prädiktoren. Dies bildet bislang ein Forschungsdesiderat, welches zum Forschungsinteresse hinsichtlich der Untersuchung der Translationsfähigkeit bezüglich repräsentationsspezifischer Einflussgrößen auf die Übersetzungsschwierigkeit sowie bezogen auf personenbezogene Einflussgrößen auf die Fähigkeit führt. Dabei richtet sich die Untersuchung an Lernende des schulischen Bereiches zum Ende der Sekundarstufe I mit Fokus auf Moleküldarstellungen. Daraus leiten sich folgende Forschungsfragen ab:

FF1: Welche Itemeigenschaften, basierend auf repräsentationsspezifischen Eigenschaften, zeigen einen empirischen Einfluss auf die Itemschwierigkeit (Übersetzungsschwierigkeit)?

FF2: Welche Zusammenhänge bestehen zwischen der Translationsfähigkeit im chemischen Kontext und personenspezifischen Eigenschaften?

Dieser Beitrag bietet einen Einblick in die Ergebnisse von FF2, für Einblicke in FF1 sei auf den Tagungsbandbeitrag im vorangegangenen Jahr verwiesen (Grottko & Tiemann, 2022). Für die Bearbeitung von FF2 wurden theoriegeleitet positive Zusammenhänge zwischen der Translationsfähigkeit und den personenbezogenen Eigenschaften fluide Intelligenz (I),

deklaratives Fachwissen (FW), räumliches Vorstellungsvermögen (rV), Mental Effort (ME), Gewissenhaftigkeit (G) und Offenheit (O) des Big5-Modells, Need for Cognition (NfC) und Interesse an Chemie (IC) angenommen. Negative Zusammenhänge werden zu den Variablen Mental Load (ML) und subjektiv wahrgenommenes Stressempfinden (S) angenommen.

Design und Methodik

Für die Bearbeitung der Forschungsfragen wurde ein Testinstrument für die Erfassung der Translationsfähigkeit konzipiert. Dieses umfasst 90 Multiple-Choice-Aufgaben (Single-Select) zu Übersetzungen zwischen Summen-, Halbstruktur-, Valenzstrich-, Skelettformel sowie Kugel-Stab- und Kalottenmodell. Den Lernenden wurde dabei ein Molekül in einer der genannten Darstellungsweisen (z.B. Summenformel) gegeben, welche in eine andere Darstellungsweise (z.B. Skelettformel) überführt werden musste, indem diese aus den vier Antwortoptionen ausgewählt wird. Informationsfelder mit deklarativen Fachwissensaspekten wurden mit den Aufgaben präsentiert, damit die Erfassung der latenten Fähigkeit weitestgehend vom Fachwissen entlastet erhoben werden kann. Die Aufgaben wurden in einem Think-Aloud-Setting (N = 10) sowie in einer quantitativen Vorstudie (N = 225) pilotiert und validiert. Die Konzeption der Aufgaben orientierte sich dabei an erstellten Konstruktionsmanualen. Die Datenerhebung erfolgte über das digitale Umfragetool LimeSurvey, welches eine randomisierte Anordnung der Aufgaben sowie der Antwortoptionen möglich machte. Aus testökonomischen Gründen wurden die Aufgaben in einem Multi-Matrix Testheftdesign angeordnet, sodass jede Testperson 18 Aufgaben aus dem gesamten Aufgabenpool bearbeitete. Die für die FF2 vorgestellten Variablen wurden über standardisierte Testinstrumente erfasst, ausgenommen das deklarative Fachwissen, welches über einen selbst entwickelten und im Rahmen der Vorstudien pilotierten Test erhoben wurde. Für die Datenanalyse lagen 629 Datensätze von Schülern und Schülerinnen der 10. (Gymnasium) und 11. Jahrgangsstufe (ISS) der beiden in Berlin vorherrschenden weiterführenden Schulen vor, welche unter Anwendung der Item-Response-Theorie unter Rasch- und 2-PL-Annahme vorgenommen wurde. Diese eignet sich gerade für die Modellierung latenter Fähigkeiten (Hartig & Frey, 2013). Die zweite Forschungsfrage impliziert eine Zusammenhangsanalyse, welche über Plausible-Value-Ziehungen (PV) aus EAP-Verteilung der modellierten Fähigkeit (zehn Ziehungen) durchgeführt wird. Dies ermöglicht eine annähernd verzerrungsfreie Trendabschätzungen auf Populationsebene (Laukaiyte & Wiberg, 2017; von Davier et al., 2009; M. Wu, 2005). Demnach werden die Korrelations- und Regressionsanalysen in der Häufigkeit der PV-Ziehung durchgeführt und anschließend unter Anwendung der Regeln nach Rubin (1987) aggregiert.

Ergebnisse

Zunächst wurden die Aufgaben zur Erfassung der Translationsfähigkeit mit einer mittleren Bearbeitungsanzahl von 126 IRT-skaliert. Die Itemfit-Statistiken und ICCs intendieren eine gute Passung der Aufgaben zu den modellspezifischen Aufgabeneigenschaften. Dabei ist das 2-PL dem Rasch-Modell bei guter Reliabilität (EAP/PV-Reliabilität = 0.83) zu bevorzugen (Likelihood-Ratio-Test). Die Wright-Map intendiert darüber hinaus eine breite Verteilung der Aufgaben über die Personenfähigkeitsintervalle unter 1.25 Logits. Der Großteil der Aufgaben ist dem mittleren Fähigkeitsniveau gegenübergestellt. Konkludierend ist die Verwendung der Aufgaben für die weiterführenden Analysen legitimiert.

Die Korrelationsanalyse unter Verwendung von Produkt-Moment-Korrelationen nach Pearson liefert erste Hinweise zu Zusammenhängen der Translationsfähigkeit mit personenbezogenen Eigenschaften. Dabei zeigen alle Variablen bis auf Gewissenhaftigkeit und Offenheit einen statistisch bedeutsamen Zusammenhang mit starken (FW), moderaten (I, ML, S) und schwachen (rV, NfC, ME, IC) Korrelationen (Tab. 1).

In einem nächsten Schritt erfolgte die Untersuchung der einzelnen Variablen bei Konstanthaltung der anderen über eine multiple Regressionsanalyse. Die Voraussetzungen multipler Regressionen wurden zuvor geprüft und konnten als erfüllt beurteilt werden. Die Prüfung auf Multikollinearität lieferte keine Hinweise für einen Ausschluss von Variablen, sodass alle genannten in das Modell aufgenommen wurden. Insgesamt klärt das Modell mit 47 % ($R_{adj.}^2 = 0.47$) eine hohe Varianz der Translationsfähigkeit auf (Tab. 2). Dabei zeigen das räumliche Vorstellungsvermögen, Interesse an Chemie, Need for Cognition sowie Gewissenhaftigkeit und Offenheit keinen statistisch bedeutsamen Einfluss. Das deklarative Fachwissen weist einen moderaten Einfluss auf, Intelligenz, Mental Load, Mental Effort und subjektives Stressempfinden zeigen jeweils einen schwachen Einfluss auf die Translationsfähigkeit.

Tab. 1: Korrelationsanalyse

| Variable | r | p |
|---------------------------------|------|-------|
| Fluide Intelligenz | .41 | <.001 |
| Räumliches Vorstellungsvermögen | .20 | <.001 |
| Deklaratives Fachwissen | .61 | <.001 |
| Need for Cognition | .28 | <.001 |
| Mental Load | -.46 | <.001 |
| Mental Effort | .23 | <.001 |
| Subjektives Stressempfinden | -.38 | <.001 |
| Big5.Gewissenhaftigkeit | .06 | .160 |
| Big5.Offenheit | .02 | .556 |
| Interesse an Chemie | .25 | <.001 |

Tab. 2: Multiple Regressionsanalyse

| Modell | R | $R_{adj.}^2$ | | |
|---------------------------------|---------|---------------|-------|--|
| | 0.69 | 0.47 | | |
| | β | SE $_{\beta}$ | p | |
| Konstante | -0.01 | 0.04 | .210 | |
| Fluide Intelligenz | 0.14 | 0.04 | <.001 | |
| Räumliches Vorstellungsvermögen | 0.02 | 0.04 | .167 | |
| Deklaratives Fachwissen | 0.41 | 0.04 | <.001 | |
| Mental Load | -0.21 | 0.04 | <.001 | |
| Mental Effort | 0.12 | 0.03 | <.001 | |
| Need for Cognition | 0.01 | 0.04 | .175 | |
| Subjektives Stressempfinden | -0.10 | 0.04 | .004 | |
| Big5.Gewissenhaftigkeit | -0.01 | 0.04 | .221 | |
| Big5.Offenheit | -0.01 | 0.03 | .221 | |
| Interesse an Chemie | 0.01 | 0.04 | .217 | |

Anm.: Beta-Koeffizienten stellen standardisierte Regressionskoeffizienten dar

Zusammenfassung

Die Analysen zeigten, dass die Translationsfähigkeit bei molekularen Repräsentationen mit dem bei Lernenden zur Verfügung stehenden deklarativen Fachwissen einhergeht, wobei ein hoher Mental Load eine erfolgreiche Performanz behindert. Dies spiegelt sich ebenso beim subjektiv wahrgenommenen Stressempfinden wider, welches mit höherer Ausprägung eine schlechtere Translationsfähigkeit mit sich bringt. Gleichzeitig begünstigen Mental Effort und fluide Intelligenz die Translationsfähigkeit. Entgegen den theoriegeleiteten Annahmen konnten für räumliches Vorstellungsvermögen, Need for Cognition, Interesse an Chemie sowie Offenheit und Gewissenhaftigkeit unter Konstanthaltung aller anderen Variablen keine prädiktive Eigenschaft auf die Translationsfähigkeit identifiziert werden.

Literatur

- Dickmann, T., Opfermann, M., Dammann, E., Lang, M. & Rumann, S. (2019). What you see is what you learn? The role of visual model comprehension for academic success in chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 20 (4), 804-820.
- Fleischer, T. (2017). *Untersuchung der chemischen Fachsprache unter besonderer Berücksichtigung chemischer Repräsentationen*. Berlin: Logos.
- Grottko, T. & Tiemann, R. (2022). Facetten der mentalen Struktur beim Wechsel zwischen molekularen Repräsentationen. In: S. Habig & H. van Vorst (Ed.), *Unsicherheit als Element von Naturwissenschaftsbezogenen Bildungsprozessen*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, virtuelle Jahrestagung 2021. (pp. 336-339).
- Hartig, J. & Frey, A. (2013). Sind Modelle der Item-Response-Theorie (IRT) das „Mittel der Wahl“ für die Modellierung von Kompetenzen? *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 16 (1), 47-51. Zugriff auf <https://doi.org/10.1007/s11618-013-0386-0> doi: 10.1007/s11618-013-0386-0
- Hoffmann, R., & Laszlo, P. (1991). Representation in Chemistry. *Angewandte Chemie International Edition in English*, 30(1), 1-16. doi:10.1002/anie.199100013
- Keig, P. F., & Rubba, P. A. (1993). Translation of Representations of the Structure of Matter and its Relationship to Reasoning, Gender, Spatial Reasoning, and Specific Prior Knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(8), 883-903. doi:10.1002/tea.3660300807
- Kozma, R., & Russell, J. (1997). Multimedia and Understanding: Expert and Novice Responses to Different Representations of Chemical Phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(9), 949-968. doi:10.1002/(SICI)1098-2736(199711)34:9<949::AID-TEA7>3.0.CO;2-U
- Kozma, R., & Russell, J. (2005). Students Becoming Chemists: Developing Representational Competence. In J. K. Gilbert (Ed.), *Visualization in Science Education* (pp. 121-145). Dordrecht: Springer.
- Laukaiyte, I. & Wiberg, M. (2017). Using plausible values in secondary analysis in largescale assessments. *Communications in Statistics - Theory and Methods*, 46 (22), 11341-11357. Zugriff auf <https://doi.org/10.1080/03610926.2016.1267764> doi: 10.1080/03610926.2016.1267764
- Rubin, D. B. (1987). *Multiple Imputation for Nonresponse in Surveys* (Bd. 81). Wiley.
- Taskin, V., & Bernholt, S. (2014). Students' Understanding of Chemical Formulae: A review of empirical research. *International Journal of Science Education*, 36(1), 157-185. doi:10.1080/09500693.2012.744492
- Taskin, V., Bernholt, S., & Parchmann, I. (2015). An inventory for measuring student teachers' knowledge of chemical representations: design, validation, and psychometric analysis. *Chemistry Education Research and Practice*, 16(3), 460-477. doi:10.1039/C4RP00214H
- von Davier, M., Gonzalez, E. & Mislevy, R. (2009). What are Plausible Values and Why are They Useful? In von Davier, M and Hastedt, Dirk (Hrsg.), *IERI Monograph Series: Issues and Methodologies in Large-Scale Assessments* (Bd. 2). IER Institute, Educational Testing Service.
- Wu, H.-K., Krajcik, J. S. & Soloway, E. (2001). Promoting understanding of chemical representations: Students' use of a visualization tool in the classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, 38 (7), 821-842. Zugriff auf <https://doi.org/10.1002/tea.1033> doi: 10.1002/tea.1033
- Wu, H.-K., & Shah, P. (2004). Exploring Visuospatial Thinking in Chemistry Learning. *Science Education*, 88(3), 465-492. doi:10.1002/sci.10126
- Wu, M. (2005). The role of plausible values in large-scale surveys. *Studies in Educational Evaluation*, 31 (2-3), 114-128. Zugriff auf <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0191491X05000209> doi: 10.1016/j.stueduc.2005.05.005

Florian Trauten¹
Carolin Eitemüller¹
Maik Walpuski¹

¹Universität Duisburg-Essen

Feedbackgestützte Lernaufgaben im Online-Tutorium zur Allgemeinen Chemie im ersten Semester

Theoretischer Hintergrund

Die hohen Abbruchquoten in Chemiestudiengängen an deutschen Universitäten von aktuell 52 % (Heublein, Hutzsch & Schmelzer, 2022) lassen darauf schließen, dass es nur einem Teil der Studierenden gelingt, die Hürden der Studieneingangsphase zu meistern. Dabei kommt laut Heublein et al. (2017) für 84 % der Abbrechenden im MINT-Sektor den Leistungsproblemen mindestens eine „eher große Rolle“ bei der Abbruchsentscheidung zu. Sie konnten zudem zeigen, dass sich das Risiko für Studienabbruch zusätzlich erhöht, wenn fachliche Defizite nicht bereits in der Studieneingangsphase überwunden werden.

Zusätzlich sind es die Lernenden aus dem Lernort Schule gewohnt, dass Hilfestellung (z. B. in Form von Feedback) regelmäßig von der Lehrperson an sie herangetragen werden und auch der Austausch mit anderen Mitlernenden von dieser angestoßen wird. An der Hochschule muss Hilfestellung bzw. Feedback – sei es von der Lehrperson oder von anderen Studierenden – nun aktiv eingefordert werden (Heublein et al., 2017; Rost, 2018). Gerade die Studieneingangsphase ist aber von Integrationsprozessen in neue Sozialgefüge geprägt, sodass diese Ressource bestenfalls eingeschränkt zur Verfügung steht, daher „wird die Kontaktaufnahme zu anderen Studierenden und zu Lehrenden zu einem entscheidenden Faktor für den Verbleib an der Hochschule“ (Sarcelletti & Müller, 2011, S. 237). Feedback an Hochschulen wird dabei besonders selten von Studierenden aus der Gruppe der Studienabbrechenden in Anspruch genommen (Heublein et al., 2017) und Defizite im Vorwissen werden auch durch bestehende Lernangebote zurzeit nicht kompensiert (Averbeck, 2020). Zudem konnte gezeigt werden, dass auch im Folgesemester die Performance in Tests zur Organik und Anorganik „maßgeblich von dem Wissen und den Fähigkeiten im Bereich der Allgemeinen Chemie bestimmt wird, die die Studierenden bereits während der Schulzeit erlernt haben“ (Averbeck, 2020, S. 288).

Um Defizite aufarbeiten und zeit- und personenunabhängig Hilfestellung geben zu können, wurde daher ein Online-Tutorium zur Vorlesung der Allgemeinen Chemie im ersten Semester entwickelt, das den Studierenden in dieser entscheidenden Phase des Studiums im Rahmen digitaler Lernaufgaben automatisiert qualitativ hochwertiges Feedback bereitstellen kann. Denn Feedback gilt als einer der wirkmächtigsten Einflussfaktoren auf Lern- und Motivationsprozesse (Hattie & Timperley, 2007), und kann, besonders wenn es Bezug zu der Performance von Lernenden enthält, als Methode der Binnendifferenzierung genutzt werden um so den Lernerfolg zu erhöhen und damit langfristig den Studienerfolg zu verbessern.

Hattie und Timperley (2007) konnten zudem zeigen, dass Feedback kompatibel zum Vorwissen sein muss. Das Feedback Principle (Johnson & Priest, 2014; Moreno & Mayer, 2007) und das Worked Example Principle (Renkl, 2014), deuten in diesem Zusammenhang auf einen Vorteil von elaborierter Hilfestellung für Novizen hin. Besonders Informatives Tutorielles Feedback (Narciss, 2006) bietet in diesem Zusammenhang die Möglichkeit, sehr

elaborierte Hilfestellung zu präsentieren, ohne die Aufgabenlösung vorweg zu nehmen, sodass die Lernenden die präsentierten Informationen nicht nur aufnehmen, sondern auch sogleich anwenden müssen. Es ist aber im ersten Semester von einer heterogenen Lerngruppe auszugehen. Besonders Studierende, die einen Chemie Leistungskurs besucht haben, starten mit einem deutlichen Wissensvorsprung in das Studium (Averbeck, 2020), sodass es wahrscheinlich erscheint, dass mit einem Expertise Reversal Effect zu rechnen ist, wenn die Heterogenität bezogen auf Vorwissen nicht konzeptionell berücksichtigt wird. Die Feedback-Forschung liefert mit einigen Studien aus chemieverwandten Disziplinen zwar Indizien, dass das Vorwissen einen Einfluss auf die Lernwirksamkeit unterschiedlich elaborierter Feedback-Typen hat (Albacete & VanLehn, 2000; Johnson & Priest, 2014; Moreno & Mayer, 2007), leider finden sich auch einige Studien, die diesen Befunden entgegenstehen (Fyfe, Rittle-Johnson & DeCaro, 2012; Narciss, 2006; Smits, Boon, Sluijsmans & van Gog, 2008), aber aufgrund von Variationen in Design und Stichprobe keinen direkten Vergleich zulassen. Aus dieser unsicheren Befundlage ergibt sich eine Forschungslücke, die im Rahmen dieses Projekts durch den Vergleich zweier vom Feedback-Umfang her sehr unterschiedlichen Feedback-Typen angegangen wurde.

Forschungsfrage

Wie wirken sich zwei Feedback-Typen (Error Specific Tutoring Feedback - EST vs. Korrekatives Feedback - KOR), die sich vom Informationsumfang her unterscheiden, auf den Studienerfolg von Erstsemesterstudierenden aus?

- H₁: Training mit dem EST-Feedback hilft besonders Studierenden, die ein geringes Maß an Vorwissen als Eingangsniveau mitbringen (z. B. Johnson & Priest, 2014).
H₂: Training mit dem KOR-Feedback hilft besonders Studierenden, die ein hohes Maß an Vorwissen als Eingangsniveau mitbringen (z. B. Smits et al., 2008).

Methode und Design

Eine Analyse der Modulinhalt sowie bestehender Übungs- und Klausuraufgaben ermöglichte die Ermittlung von relevanten Lernzielen und korrespondierenden Operatoren. Einige lernzielrelevante Operatoren ließen sich jedoch nicht in der Software-Lösung JACK[®] abbilden (Trauten, Eitemüller & Walpuski, 2019), sodass auch nach späterer Erweiterung der Software durch einen Editor zum Schreiben von Reaktionsgleichungen (Eitemüller, Trauten & Walpuski, accepted; Striewe, Trauten & Eitemüller, 2020) nicht alle Aufgabentypen digital abgebildet werden konnten. Entsprechende Lernziele wurden im Stil herkömmlicher Paper-Pencil-Aufgaben dennoch zur Verfügung gestellt. Insgesamt wurden trotzdem 120 Lernaufgaben, je sechs zu 20 Lernzielen in einem dreistufigen Feedback-Algorithmus realisiert, der bei gleicher Aufgabenstellung und Aufgabeninterface wahlweise KOR oder EST Feedback präsentieren konnte. Aufgrund der o. g. Schlüsselrolle des Moduls der Allgemeinen Chemie wurden die Aufgaben in einem Online-Tutorium inhaltlich parallel zu den Vorlesungsinhalten arrangiert, und hinsichtlich ihrer Lernwirksamkeit getestet.

Als Teilstichprobe der Grundgesamtheit der Chemiestudierenden an deutschen Universitäten wurden die Erstsemesterstudierenden der Universität Duisburg-Essen mit der Fachwahl Bachelor Chemie und Bachelor Water Science (zu Beginn inhaltlich parallel) gewählt. In einem Pre-Post-Vergleichsgruppendesign wurden die Feedback-Typen hinsichtlich ihrer

Lernwirksamkeit geprüft. Hierzu wurden die Studierenden zu Beginn des Semesters über die Chemie Kurswahl (Leistungskurs J/N), die als guter Prädiktor für Vorwissen gilt (Averbeck, 2020), in einem 2x2 Design auf die beiden Feedback-Typen verteilt. Zu Beginn des Semesters wurden demographische Variablen und ein Fachwissenstest (Averbeck, 2020) sowie weitere (für diesen Beitrag aber nicht relevante) Kontrollvariablen erhoben. Am Ende des Semesters wurde jeweils der Fachwissenstest (post) sowie der Klausurerfolg erhoben.

Die Pilotierung einiger Aufgaben fand im WiSe 2018/2019 statt (Trauten, Eitemüller & Walpuski, 2020). In den folgenden beiden Jahren wurde die Hauptstudie durchgeführt (WiSe 2019/2020 und WiSe 2020/2021), wodurch (Pilotierung eingeschlossen) ein Datensatz von $N = 122$ hierfür auswertbaren Fällen erhalten wurde. Zusätzlich konnte auf Daten aus dem ALSTER-Projekt (Erste Förderphase, Averbeck, 2020) zurückgegriffen werden, um die Lernwirksamkeit der Feedback-Bedingung mit einer herkömmlichen Übung zu vergleichen.

Ergebnisse

Es wurden die Daten des unabhängigen Fachwissenstests analysiert, die sowohl für alle drei Interventionsjahrgänge als auch für die Kontrollkohorte zur Verfügung standen. Der Einfluss der Interventionsbedingungen auf den Fachwissensstand am Ende des ersten Semesters wurde mithilfe einer multiplen linearen Regression untersucht, hierbei zeigen sich signifikante Effekte ($F(4, 224) = 106.8, p \leq .001, R^2 = .650$). Neben dem Fachwissen Chemie zu Beginn des Semesters und der Kurswahl in der Oberstufe wurden zwei Dummy-Variablen EST-Feedback (0 = nein, 1 = ja) und KOR-Feedback (0 = nein, 1 = ja) hinzugezogen. Dies ermöglicht den Vergleich beider Feedback-Typen mit der Kontrollkohorte. Das Fachwissen zu Beginn des Semesters ($\beta = .741, p \leq .001$) und die Kurswahl ($\beta = .103, p \leq .05$) bieten erwartungskonform gute prädiktive Kraft. Zusätzlich trägt der Prädiktor, ob EST-Feedback erhalten wurde ($\beta = .107, p \leq .05$), signifikant zur Varianzaufklärung bei. Der Erhalt von KOR-Feedback ist hingegen unerheblich für den Fachwissensstand am Ende des Semesters ($\beta = .060, n.s.$). Ob die Studierenden unabhängig von ihrer Kurswahl vom EST-Feedback profitieren, wurde in einem weiteren Modell überprüft ($F(6, 222) = 72.83, p \leq .001$), welches die Interaktion aus Feedback und Kurswahl in der Oberstufe berücksichtigt. Diese deutet auf einen negativen Effekt für die Interaktion aus EST-Feedback und Kurswahl ($\beta = -.126, p = .056$) hin. Da dieses Modell nicht signifikant besser misst als Modell 1 ($\Delta R^2 = .004, p = .099$) und der Interaktionseffekt von KOR-Feedback und Kurswahl in der Oberstufe mit $\beta = .010$ ($p = .874$) vernachlässigbar gering ausfällt, wurde ein weiteres Modell nur mit einem Interaktionsterm aus EST-Feedback und der Chemie Kurswahl berechnet ($F(5, 223) = 87.77, p \leq .001, R^2 = .656$). Es zeigt sich eine signifikante Verbesserung der Varianzaufklärung im Vergleich zu Modell 1 bei sonst gleichbleibenden Wirkzusammenhängen ($\Delta R^2 = .006, p \leq .05$). Der Vorteil von EST-Feedback ($\beta = .182, p \leq .01$) wird durch den Interaktionsterm aus EST-Feedback und Belegung eines Chemie Leitungskurs in der Oberstufe nahezu aufgehoben ($\beta = -.130, p \leq .05$).

Diskussion

Ein direkter Zusammenhang mit dem Fachwissen (pre), wie in H_1 vermutet, konnte nicht gefunden werden. Die Ergebnisse weisen aber auf einen Vorteil von EST-Feedback für Studierende hin, die keinen Leistungskurs Chemie in der Oberstufe belegt hatten. Die zusätzliche Lernzeit in einem Leistungskurs entspricht ungefähr einem Schuljahr Chemie-

Grundkurs. Diese kann zur besseren Vernetzung des Wissens beitragen. Es wird vermutet, dass Lernen mit EST-Feedback Studierenden ohne LK dabei helfen kann, vernetztes Wissen aufzubauen, während Studierende mit LK sich nur wiedererinnern bzw. den Stoff wiederholen müssen, denn die Interaktion von EST-Feedback und Kurswahl (LK +) zeigt, dass es wie vermutet einen Expertise Reversal Effekt gibt. Dieser hebt zwar den Vorteil des Faktors EST-Feedback fast vollständig auf, führt aber bei früherer Belegung eines LKs nicht zu nachteiligem Fachwissens-Outcome wie in H₂ vermutet.

Literatur

- Albacete, P. L. & VanLehn, K. A. (2000). Evaluating the Effectiveness of a Cognitive Tutor for Fundamental Physics Concepts. *Proceedings of the Annual Meeting of the Cognitive Science Society*, 22(22). Verfügbar unter: <https://escholarship.org/uc/item/0166b7p0>
- Averbeck, D. (2020). *Zum Studienerfolg in der Studieneingangsphase des Chemiestudiums* (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 308). Berlin: Logos.
- Eitemüller, C., Trauten, F. & Walpuski, M. (accepted). Digitalization of multistep chemistry exercises with automated formative feedback. *Journal of Science Education and Technology*.
- Fyfe, E. R., Rittle-Johnson, B. & DeCaro, M. S. (2012). The effects of feedback during exploratory mathematics problem solving: Prior knowledge matters. *Journal of Educational Psychology*, 104(4), 1094–1108. <https://doi.org/10.1037/a0028389>
- Hattie, J. & Timperley, H. (2007). The Power of Feedback. *Review of Educational Research*, 77(1), 81–112. <https://doi.org/10.3102/003465430298487>
- Heublein, U., Ebert, J., Hutzsch, C., Isleib, S., König, R., Richter, J. et al. (2017). *Zwischen Studiererwartungen und Studienwirklichkeit. Ursachen des Studienabbruchs, beruflicher Verbleib der Studienabbrecherinnen und Studienabbrecher und Entwicklung der Studienabbruchquote an deutschen Hochschulen* (Forum Hochschule). Hannover: Deutsches Zentrum für Hochschul- und Wissenschaftsforschung GmbH.
- Heublein, U., Hutzsch, C. & Schmelzer, R. (2022). *Die Entwicklung der Studienabbruchquoten in Deutschland* (DZHW Brief). Deutsches Zentrum für Hochschul- und Wissenschaftsforschung (DZHW). Verfügbar unter: https://www.dzhw.eu/publikationen/pub_show?pub_id=7922&pub_type=kr
https://doi.org/10.34878/2022.05.DZHW_BRIEF
- Johnson, C. I. & Priest, H. A. (2014). The Feedback Principle in Multimedia Learning. In R. E. Mayer (Hrsg.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (S. 449–463). Cambridge: Cambridge University Press.
- Moreno, R. & Mayer, R. (2007). Interactive Multimodal Learning Environments. *Educational Psychology Review*, 19(3), 309–326. <https://doi.org/10.1007/s10648-007-9047-2>
- Narciss, S. (2006). *Informatives tutorielles Feedback. Entwicklungs- und Evaluationsprinzipien auf der Basis instruktionspsychologischer Erkenntnisse* (Pädagogische Psychologie und Entwicklungspsychologie, Bd. 56). Dresden, Techn. Univ., Habil.-Schr., 2005. Münster: Waxmann.
- Renkl, A. (2014). The Worked Examples Principle in Multimedia Learning. In R. E. Mayer (Hrsg.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (S. 391–412). Cambridge: Cambridge University Press.
- Sarceletti, A. & Müller, S. (2011). Zum Stand der Studienabbruchforschung. Theoretische Perspektiven, zentrale Ergebnisse und methodische Anforderungen an künftige Studien. *Zeitschrift für Bildungsforschung*, 1(3), 235–248. <https://doi.org/10.1007/s35834-011-0020-2>
- Smits, M. H., Boon, J., Sluijsmans, D. M. & van Gog, T. (2008). Content and timing of feedback in a web-based learning environment: effects on learning as a function of prior knowledge. *Interactive Learning Environments*, 16(2), 183–193. <https://doi.org/10.1080/10494820701365952>
- Striwe, M., Trauten, F. & Eitemüller, C. (2020). Aufgaben mit automatischem Feedback zu chemischen Atom-Orbitalmodellen. In R. Zender, D. Ifenthaler, T. Leonhardt & C. Schumacher (eds.), *DELFI 2020. Die 18. Fachtagung Bildungstechnologien der Gesellschaft für Informatik e.V., Fachtagung vom 14.-18. September 2020 Online* (GI-Edition. Proceedings, Bd. 308, S. 109–119). Bonn: Gesellschaft für Informatik e.V. (GI).
- Trauten, F., Eitemüller, C. & Walpuski, M. (2019). Entwicklung und Evaluation von feedbackgestützten Online-Chemieaufgaben. In C. Maurer (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung in Kiel 2018* (S. 846–849). Regensburg: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik.
- Trauten, F., Eitemüller, C. & Walpuski, M. (2020). Evaluation adaptiven Feedbacks in Online-Aufgaben in der Chemie. In S. Habig (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung in Wien 2019* (S. 884–887). Essen: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik.

David Johannes Hauck¹
Andreas Steffen¹
Insa Melle¹

¹Technische Universität Dortmund

MO-Theorie im ersten Semester – eine digital-kollaborative Lerneinheit

Einleitung

Sowohl in Deutschland wie auch international berichten Studien von hohen Abbruchquoten in MINT-Studiengängen, insbesondere in den Fachrichtungen Mathematik, Physik und Chemie (Heublein et al., 2022; OECD, 2020). Hierbei werden hohe fachliche Anforderungen sowie, damit einhergehend, unerfüllte Erwartungen an das Studium und die Studieninhalte als zwei ausschlaggebende Abbruchmotive hervorgehoben (Eurostat, 2018; Heublein et al., 2022). Speziell auf das Chemiestudium bezogen sehen sich Studierende bereits in den ersten Semestern mit hohen inhaltlichen Hürden konfrontiert, etwa mit quantenphysikalischen Theorien der chemischen Bindung wie der Valenzbindungs- oder der Molekülorbital(MO)-Theorie, die durch ihren hohen Grad an Mathematisierung und Abstraktion besonders schwierig zu durchdringen sind (Bouayad et al., 2014; Partanen, 2018; Taber, 2005). Hervorgehend aus diesem akuten Unterstützungsbedarf wird in diesem Projekt eine mehrwöchige Intervention entwickelt, um Chemiestudierende bei der Auseinandersetzung mit der MO-Theorie zu unterstützen. Zur Bewältigung komplexer inhaltlicher Herausforderungen haben sich kollaborativ-konstruktivistische Ansätze als besonders lernwirksam erwiesen (Kyndt et al., 2013), gerade wenn diese durch gezielten Einsatz digitaler Medien gestützt werden (Sung et al., 2017). Deswegen wurde die Intervention auf Grundlage des Computer-Supported Collaborative Learning (Zurita & Nussbaum, 2004) Frameworks entwickelt. Dieser digitale Ansatz ermöglicht eine Durchführung der Untersuchung auch in Distanz bzw. sogar komplett virtuell.

Forschungsinteresse und -fragen

Neben einigen Studien aus Skandinavien (Bungum et al., 2018; Partanen, 2018) existieren bisher wenige Ansätze, quantenphysikalische beziehungsweise -chemische Lernprozesse explizit aus digital-kollaborativer Perspektive zu untersuchen. Dementsprechend liegt ein Forschungsschwerpunkt auf der (Lern-)Wirksamkeit der Intervention vor dem Hintergrund der Herausforderungen im Studieneingangsbereich. Weiterhin existieren auch nach knapp 50 Jahren Kollaborationsforschung noch Forschungslücken im Bereich digital-gestützter Kollaborationsprozesse (Sung et al., 2017). So wurde die Frage aufgeworfen, inwiefern sich Einzel- und Gruppenarbeitsphasen bei der Gestaltung entsprechender Arbeitsprozesse wechselseitig beeinflussen können (Olsen et al., 2019). Daraus ergeben sich vier Forschungsfragen F1 bis F4:

- F1: Wie schätzen die Studierenden die Lerneinheit ein?
- F2: Welchen Einfluss nehmen Gender, Abiturgesamtnote und Kurswahl in der Oberstufe auf das Vorwissen der Studierenden?
- F3: Inwieweit beeinflusst die digital-kollaborative Lerneinheit das Fachwissen der Studierenden (a) über die Dauer der Intervention hinweg und (b) abhängig davon, wie die Lernmaterialien gestaltet sind?
- F4: In welchem Bereich zeigen die Studierenden inhaltsspezifische Fehlvorstellungen hinsichtlich der (a) Quantenchemie im Allgemeinen und (b) der MO-Theorie im Speziellen?

Untersuchungsdesign und Testinstrumente

Um die Forschungsfragen sowohl auf Produkt- als auch auf Prozessebene zu beantworten, wurde für das Design ein Mixed-Methods Ansatz (Schreier & Odağ, 2018) gewählt.

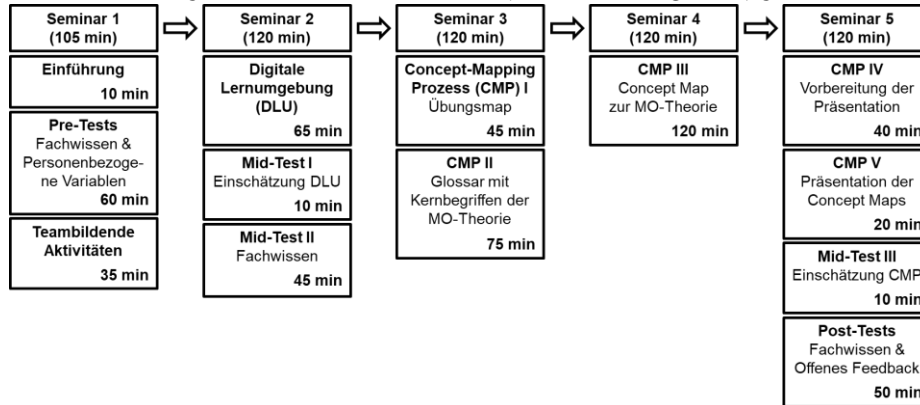


Abb. 1. Untersuchungsdesign

Der Ablauf der Intervention ist in Abbildung 1 dargestellt. Da hierbei Grundlagenwissen vertieft und geübt wurde, wurden die fünf Seminareinheiten im Anschluss an die Einführung der MO-Theorie in der zugehörigen Lehrveranstaltung im ersten Semester durchgeführt. Nach kurzem Teambuilding in Kleingruppen bearbeiten die Studierenden in Einzelarbeit (Phase 1) eine digitale Lernumgebung (DLU) in Form von Lernvideos mit interaktiven H5P-Elementen. Im Anschluss erstellen die Studierenden in Phase 2 (im Folgenden CMP) Concept Maps zur MO-Theorie. Dabei werden sie in drei über das Pre-Fachwissen parallelisierte Interventionsgruppen G1 bis G3 aufgeteilt:

- Alle Studierenden in G1 ($n_1 = 39$) arbeiten mit identischen interaktiven Lernvideos. Concept Maps erstellen sie in Kleingruppen mit je 3 bis 5 Mitgliedern.
- Alle Studierenden in G2 ($n_2 = 38$) arbeiten ebenfalls mit identischen interaktiven Lernvideos. Concept Maps erstellen sie jedoch in Einzelarbeit.
- Auch Studierende in G3 ($n_3 = 38$) erstellen ihre Concept Maps ebenfalls in Kleingruppen. Jedoch arbeiten sie mit unterschiedlichen Materialien in der DLU-Phase. Die Hälfte jeder Kleingruppe bearbeitet Videos zu quantenchemischen Grundlagen der MO-Theorie; die andere Hälfte arbeitet mit Videos zum Erstellen und Interpretieren von MO-Diagrammen.

Zur Evaluation der Einheit wurde ein Fachwissenstest entwickelt, der 29 geschlossene Single-Choice ($\alpha_{\text{FW,geschl.}} = .888$) und 8 offene ($\alpha_{\text{FW,offen}} = .621$) Items enthält. Letztere wurden mit Hilfe eines niedrig inferenten Kodiermanuals ($\text{ICC}_{\text{unjust}} = .828$) ausgewertet. Zur Evaluation der Materialien und Phasen wurden Fragebögen zur Attraktivität (AT, 10 Items, Likert-Skala von 1 (nicht attraktiv) bis 6 (attraktiv), adaptiert nach Kieserling & Melle, 2019, $\alpha_{\text{AT}} = .872$), zum Cognitive Load (CL, 13 Items, Likert-Skala von 1 (niedriger CL) bis 6 (hoher CL), adaptiert nach Leppink et al., 2013, $\alpha_{\text{CL}} = .916$) und zur Usability (US, 10 Items, Likert-Skala von 1 (niedrige US) bis 5 (hohe US), adaptiert nach Brooke, 1995, $\alpha_{\text{USDLU}} = .883$) für drei Teilphasen eingesetzt: die DLU, die Erstellung von Glossaren in Moodle (CMP II in Abb. 1) sowie die Erstellung von Concept Maps in CmapTools (CMP III in Abb. 1). Weiterhin werden die Concept Maps der Studierenden manualgestützt ausgewertet (Baldauff, 2021). Studierenden(wohl)vorstellungen werden anhand der offenen Fragen im Fachwissenstest, der Concept

Maps sowie der Bildschirm- und Audioaufnahmen untersucht (Maas, 2022). Ein hochinferentes Manual zur Auswertung der Bildschirm- und Audioaufnahmen befindet sich aktuell in Entwicklung.

Ausgewählte Ergebnisse

Die Intervention wurde Anfang 2021 ($N_1 = 124$, vgl. Hauck et al., 2021) und Anfang 2022 ($N_2 = 115$) mit Studierenden der Fächer Chemie, Chemische Biologie und des Lehramts Chemie (Gymnasien, Gesamtschulen, Berufskollegs) an der TU Dortmund im Rahmen der Vorlesung ‚Allgemeine und Anorganische Chemie‘ im ersten Semester durchgeführt. Im Folgenden werden Ergebnisse aus der zweiten Durchführung zu Forschungsfrage F1 vorgestellt.

Tab. 1. Einschätzung der Studierenden zur digitalen Lernumgebung (DLU), zur Erstellung eines Glossars in Moodle (CMP II in Abb. 1) und der Erstellung einer Concept Map in CmapTools (CMP III in Abb. 1)

| Phase | Attraktivität | | Usability | |
|---------|---------------|-----------|-----------|-----------|
| | <i>M</i> | <i>SD</i> | <i>M</i> | <i>SD</i> |
| DLU | 4.92 | .71 | 4.36 | .63 |
| CMP II | 4.49 | .83 | 4.18 | .64 |
| CMP III | 4.54 | .92 | 3.83 | .70 |

In Tabelle 1 sind die Daten der Einschätzung der Intervention durch die teilnehmenden Studierenden zusammengefasst. Sowohl die interaktiven Lernvideos (DLU) als auch die Erstellung der Glossare (CMP II) und der Concept Maps (CMP III) wurden als attraktiv mit hoher Usability eingeschätzt. Auch der Cognitive Load bei der Bearbeitung der interaktiven Lernvideos wurde als niedrig eingestuft ($M_{CLLU} = 1.83$, $SD_{CLLU} = 0.74$). Im Vergleich der Arbeitsphasen wurde die DLU von den Studierenden mit signifikant großem Effekt attraktiver bewertet als das Erstellen der Glossare und Concept Maps (Welch-ANOVA, $p < .001$, $\eta^2 = .052$, 95%-CI [.014, .101]). Bezüglich der Usability wurde das Erstellen der Concept Maps in der für die Studierenden neuen und ungewohnten Software CmapTools signifikant schlechter bewertet als die anderen beiden Phasen (ANOVA, $p < .001$, $\eta^2 = .100$, 95%-CI [.045, .160]).

Fazit und Ausblick

Die Intervention wurde von den Studierenden gut angenommen, insbesondere das den Studierenden vertraute und geführte Format der (interaktiven) Lernvideos (Hart, 2022). Die Software CmapTools hingegen ist für die Studierenden ungewohnt und erfordert Einarbeitung. Hinzu kommt, dass das Erstellen von Concept Maps auch methodisch sehr herausfordernd ist (Sumfleth et al., 2010), was die niedrigere Einschätzung der Usability erklärt. Dennoch bildet die Seminarstruktur zur Vermittlung komplexer Lerninhalte im Bereich der MO-Theorie eine gute Grundlage für den späteren Praxistransfer in den regulären universitären Lehr-Lern-Betrieb.

Förderhinweis

Das diesem Beitrag zugrundeliegende Vorhaben wird im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01JA2001 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei der Autorin und den Autoren.

Literatur

- Baldauff, T. (2021). Molekülorbitaltheorie im Chemieanfangsstudium - Entwicklung eines Bewertungssystems für Concept Maps [unveröffentlichte Bachelorarbeit].
- Bouayad, A., Kaddari, F., Lachkar, M. & Elachqar, A. (2014). Quantum Model of Chemical Bonding: Barriers and Learning Difficulties. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 116, 4612–4616. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.01.994>
- Brooke, J. (1995). SUS: A quick and dirty usability scale. *Usability Eval. Ind.*, 189.
- Bungum, B., Bøe, M. V. & Henriksen, E. K. (2018). Quantum talk: How small-group discussions may enhance students' understanding in quantum physics. *Science Education*, 102(4), 856–877. <https://doi.org/10.1002/sce.21447>
- Eurostat (2018). Work beats study for 25% of university drop-outs. <https://ec.europa.eu/eurostat/de/web/products-eurostat-news/-/DDN-20180404-1>
- Hart, J. (2022). Top Tools for Learning 2022: Results of the 16th Annual Survey. Centre for Learning & Performance Technologies. <https://www.toptools4learning.com/>
- Hauck, D. J., Melle, I. & Steffen, A. (2021). Molecular Orbital Theory—Teaching a Difficult Chemistry Topic Using a CSDL Approach in a First-Year University Course. *Education Sciences*, 11(9), 485. <https://doi.org/10.3390/educsci11090485>
- Heublein, U., Hutzsch, C. & Schmelzer, R. (2022). Die Entwicklung der Studienabbruchquoten in Deutschland. https://doi.org/10.34878/2022.05.DZHW_BRIEF
- Kieserling, M. & Melle, I. (2019). An experimental digital learning environment with universal accessibility. *Chemistry Teacher International*, 1(2). <https://doi.org/10.1515/cti-2018-0024>
- Kyndt, E., Raes, E., Lismont, B., Timmers, F., Cascallar, E. & Dochy, F. (2013). A meta-analysis of the effects of face-to-face cooperative learning. Do recent studies falsify or verify earlier findings? *Educational Research Review*, 10, 133–149. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2013.02.002>
- Leppink, J., Paas, F., van der Vleuten, C. P. M., van Gog, T. & van Merriënboer, J. J. G. (2013). Development of an instrument for measuring different types of cognitive load. *Behavior Research Methods*, 45(4), 1058–1072. <https://doi.org/10.3758/s13428-013-0334-1>
- Maas, A. (2022). Chemische Bindung im Anfangsstudium Chemie - Studierendenvorstellungen zur MO-Theorie [unveröffentlichte Bachelorarbeit].
- OECD. (2020). Education at a Glance 2020: OECD Indicators. OECD. <https://doi.org/10.1787/69096873-en>
- Olsen, J. K., Rummel, N. & Aleven, V. (2019). It is not either or: An initial investigation into combining collaborative and individual learning using an ITS. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 14(3), 353–381. <https://doi.org/10.1007/s11412-019-09307-0>
- Partanen, L. (2018). Student-centred active learning approaches to teaching quantum chemistry and spectroscopy: quantitative results from a two-year action research study. *Chemistry Education Research and Practice*, 19(3), 885–904. <https://doi.org/10.1039/C8RP00074C>
- Schreier, M. & Odağ, Ö. (2018). Mixed Methods. In G. Mey & K. Mruck (Hrsg.), Springer eBook Collection. *Handbuch Qualitative Forschung in der Psychologie* (S. 1–26). Berlin: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-658-18387-5_22-2
- Sumfleth, E., Neuroth, J. & Leutner, D. (2010). Concept Mapping - eine Lernstrategie muss man lernen. *Concept Mapping - Learning Strategy is Something You Must Learn. CHEMKON*, 17(2), 66–70. <https://doi.org/10.1002/ckon.201010114>
- Sung, Y.-T., Yang, J.-M. & Lee, H.-Y. (2017). The Effects of Mobile-Computer-Supported Collaborative Learning: Meta-Analysis and Critical Synthesis. *Review of educational research*, 87(4), 768–805. <https://doi.org/10.3102/0034654317704307>
- Taber, K. S. (2005). Learning quanta: Barriers to stimulating transitions in student understanding of orbital ideas. *Science Education*, 89(1), 94–116. <https://doi.org/10.1002/sce.20038>
- Zurita, G. & Nussbaum, M. (2004). Computer supported collaborative learning using wirelessly interconnected handheld computers. *Computers & Education*, 42(3), 289–314. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2003.08.005>

Dominik Diermann¹
 Dennis Huber¹
 Steffen Glaser¹
 Jenna Koenen¹

¹Technische Universität München

Entwicklung einer digitalen Lernumgebung zur NMR-Spektroskopie

Beinahe alle Studierende des Faches Chemie und vieler weiterer naturwissenschaftlicher Studiengänge, z. B. gymnasiales Lehramt lernen in ihrem Studium über die Kernspin- oder NMR-Spektroskopie (engl. nuclear magnetic resonance spectroscopy) (Martin et al., 2011). Hierbei liegt der Fokus meist auf der im Labor- und Studienalltag am häufigsten eingesetzten ¹H-NMR-Spektroskopie. Bei dieser handelt es sich um ein schwieriges und komplexes Thema für Studierende und Lehrende (Connor, 2021). Hier existiert ein Forschungsdesiderat speziell zum Konzeptverständnis von physikalisch chemischen Grundlagen, was noch nicht genauer untersucht ist (Connor, 2021). An dieser Stelle setzt dieses Projekt an, in dessen Rahmen eine digitale und interaktive Lernumgebung zu den Grundlagen der ¹H-NMR entwickelt und evaluiert wird, welche auf der Simulations- und Visualisierungssoftware für Spinsysteme und NMR-Spektren „SpinDrops“ beruht. SpinDrops (Glaser et al., 2018) ist ein an der Technischen Universität München entwickeltes und kostenlos verfügbares Simulationsprogramm für Spinsysteme, welches in einer momentan noch internen Version um eine interaktive Lernumgebungseinheit ergänzt wurde, in der zu den einstellbaren Parametern des Spinsysteme passende ¹H-NMR-Spektren simuliert und angepasst werden können. Zudem nutzt diese sogenannte „SpinDrops-Lernumgebung“ (kurz SDLU) zusätzliche interaktive Visualisierungen. Simulationen und Visualisierungen erweisen sich als lernwirksame und sehr sinnvolle Medien für die Lehre und das Verständnis von Naturwissenschaften (z.B. D’Angelo et al., 2014; Stieff, 2019; Develaki, 2019), auch wenn vor deren Einsatz Fragen zur Gestaltung und dem didaktischen Einsatz gestellt und beantwortet werden müssen. Um die SDLU für verschiedene Studierende und Dozierende verfügbar zu machen, wurde zunächst die Frage gestellt, auf welche Inhalte die Lernumgebung fokussieren soll.

Forschungsfragen und Methode

Auf Basis ähnlicher Untersuchungen (z.B. Martin et al., 2011; Fox & Roehrig, 2015) wurde zum Jahreswechsel 2021/2022 eine Online-Umfrage an über 70 verschiedene Dozierende der NMR-Spektroskopie an deutschen Universitäten versendet. Final haben wir $N = 39$ valide Antworten erhalten. Insgesamt wurden folgende Forschungsfragen an die Umfrage gestellt:

- Welche Inhalte der ¹H-NMR werden durch die Dozierenden mit besonderem Fokus gelehrt? (Inhaltsanalyse)
- Welche Inhalte haben eine hohe (subjektive) Bedeutung für das Verständnis der ¹H-NMR? (Relevanzanalyse)
- Sind besondere Muster/Trends in den Antworten der Dozierenden zu erkennen?

Auf Grundlage einer ausführlichen Literatur- und Onlinerecherche wurde eine Liste an 33 Items erstellt, die Lerninhalte der ¹H-NMR-Spektroskopie auflisten. Aufgrund weniger zusätzlicher Nennungen durch die Dozierenden kann von einer erschöpfenden Liste

ausgegangen werden. Neben statistischen und offenen Fragen zur Fokussierung, Zielgruppe und Lernschwierigkeiten wurden die Teilnehmer*innen im Herzstück der Umfrage gebeten diese 33 Items in Hinblick auf zwei Fragen jeweils auf einer 3-stufigen Likert-Skala (vgl. Fox & Roehrig, 2015) zu bewerten. Die Fragen lauteten:

- *Geben Sie an, ob und falls ja, wie tief Sie diese Inhalte in Ihrer Lehrveranstaltung behandeln? (1 = Gar nicht, 2 = In moderatem Maß, 3 = In hohem Maß)*
- *Für wie wichtig halten Sie (unabhängig davon) den jeweiligen Inhalt für das Verständnis der NMR-Spektroskopie? (1 = Optional, 2 = Moderat wichtig, 3 = Grundlegend)*

Hiernach konnten Mittelwerte der Antworten gebildet und die Items bezüglich beider Fragen nach Rängen sortiert werden. Zur Auswertung wurden allgemein nicht-parametrische (d.h. verteilungsfreie) Verfahren eingesetzt.

Ergebnisse

Bezüglich der beiden Fragen ergab sich ein ähnliches Bild: Speziell die Konzepte der chemischen Verschiebung (inklusive dem lokalen/effektivem Magnetfeld, typische ppm-Werte, ...) und der skalaren Kopplung (inklusive Kopplungskonstante J, Multiplet-Strukturen, ...) scheinen an deutschen Universitäten am häufigsten gelehrt und als besonders relevant für die ¹H-NMR (vgl. Abbildung 1) angesehen zu werden.

| NMR-Item der Umfrage ... | ... sortiert nach Relevanz für Dozierende (Antworten auf Frage 2) | | | ... sortiert nach Vorkommen in Lehrveranstaltungen (Antworten auf Frage 1) | | |
|--|---|-------|--------|--|-------|--------|
| | Rang | M_R | SD_R | Rang | M_A | SD_A |
| Spin-Spin-Kopplung und Multiplizität (Herleitung, Erklärung, Beispiele, ...) | 1 | 2.90 | 0.31 | 2 | 2.72 | 0.51 |
| Die chemische Verschiebung (Herleitung und effektives Magnetfeld) | 2 | 2.90 | 0.31 | 1 | 2.79 | 0.47 |
| Typische ppm-Werte funktioneller Gruppen | 3 | 2.85 | 0.37 | 5 | 2.59 | 0.59 |
| ... | | | | | | |
| Die Kopplungskonstante (Definition, Eigenschaften, Beispiele, Pascal'sches Dreieck, ...) | 6 | 2.82 | 0.45 | 3 | 2.67 | 0.58 |
| Magnetische und chemische Äquivalenz | 7 | 2.77 | 0.43 | 7 | 2.56 | 0.60 |
| ... | | | | | | |
| Die Resonanzbedingung (Herleitung, Definition Larmor-Frequenz, ...) | 10 | 2.72 | 0.60 | 9 | 2.51 | 0.60 |
| Die "N+1"-Regel | 11 | 2.64 | 0.58 | | | |
| Präzession von Spins im Magnetfeld | 12 | 2.62 | 0.54 | | | |
| ... | | | | | | |
| Magnetisches Moment μ und gyromagnetische Konstante γ | 16 | 2.46 | 0.72 | | | |

Abb. 1: Items sortiert nach den Rängen der Antworten auf die Frage 2 zur Relevanzanalyse. Die Ränge bezüglich Frage 1 zur Inhaltsanalyse sind daneben aufgelistet. Dargestellt sind alle Items, die jeweils signifikant (Wilcoxon-Test) über den Skalenmittelpunkt aller Antworten lagen und inhaltlich in die SDLU eingeflossen sind.

Speziell die Kopplung scheint ein wichtiges Thema zu sein, auch wenn die kategorisierten Antworten auf eine offene Frage zu den häufigsten Lernschwierigkeiten der Studierenden ebenfalls Verständnisschwierigkeiten dieses Themas aufzeigen. Die skalare Kopplung (wie auch die chemische Verschiebung) bildet daher einen fundierten Inhalt für die SDLU. Ein

genauerer Blick in die Antworten auf die vielversprechende Frage der Relevanzanalyse legt eine Faktoranalyse nahe. Nach einer Maximum-Likelihood Faktoranalyse (mit Varimax-Rotation) konnten die beiden resultierenden Faktoren aufgrund der auf sie fallenden Items inhaltlich mit „Wissen über die physikalisch-chemischen Hintergründe und Grundlagen der NMR-Spektroskopie (Faktor 1)“ und „Notwendiges Wissen zur Analyse und Auswertung von NMR-Spektren (Faktor 2)“ beschrieben werden. Faktor 2, der Konzepte wie die skalare Kopplung und die chemische Verschiebung enthält, zeichnet sich durch Konzepte aus, die notwendig sind um ¹H-NMR-Spektren richtig auszuwerten und zu interpretieren zu können, wohingegen Faktor 1 (auf den z.B. Inhalte wie die Spin-Definition, Präzession oder Relaxation fallen) die weiteren Hintergründe zur Wirkungsweise der NMR beschreibt, ohne welches Wissen die Analyse der Spektren dennoch möglich ist. Bezüglich der Relevanzeinschätzung ergibt sich mit $M_{Relevanz_F2} = 2.66$ ($SD = 0.35$) zu $M_{Relevanz_F1} = 2.32$ ($SD = 0.48$) ein signifikant höherer Wert für Faktor 2 (Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test, $z = -2.96$, $p = .003$, $r = -.47$). Gruppenvergleiche zwischen den Angaben von Dozierenden für Einsteiger- und Fortgeschrittenen-Lehrveranstaltungen (Gruppen E und F) ergaben bezüglich der Faktorwerte wenig Unterschiede. Einzig scheint Faktor 1 für fortgeschrittene Studierende relevanter zu sein, als für Einsteiger ($M_{Relevanz_F1_GruppeE} = 2.21$, $SD = 0.48$ vs. $M_{Relevanz_F1_GruppeF} = 2.60$, $SD = 0.33$; Kruskal-Wallis-Test, $H(1) = 5.23$, $p = .022$; Faktor 2 zeigt hier keinen Unterschied mit $M_{Relevanz_F2_GruppeE} = 2.65$, $SD = 0.36$ und $M_{Relevanz_F2_GruppeF} = 2.66$, $SD = 0.33$). Die Mittelwerte bzw. Ränge einzelner Items unterscheiden sich jedoch zwischen den Gruppen E ($N = 29$) und F ($N = 9$) bezüglich der Fragen zum Lehrveranstaltungsinhalt (Frage 1) und der Relevanzeinschätzung (Frage 2): Bezüglich der Frage zum Lehrveranstaltungsinhalt (Frage 1) tauchen u.a. die Konzepte chemische Verschiebung (Ableitung und effektives Magnetfeld) (Kruskal-Wallis Test, $H(1) = 5.54$, $p = .019$), Spin-Spin-Kopplung und Multiplets (Ableitung, Erklärung, ...) ($H(1) = 5.50$, $p = .019$) und weitere Spektroskopie-Methoden ($H(1) = 9.39$, $p = .002$) signifikant häufiger in Einsteiger-Veranstaltungen auf. Bezüglich der Frage zur Relevanzeinschätzung (Frage 2) sind die u.a. Konzepte Präzession von Spins im Magnetfeld ($H(1) = 6.60$, $p = .010$), Messprozedere ($H(1) = 4.43$, $p = .035$), rotierendes Koordinatensystem ($H(1) = 5.06$, $p = .024$), Relaxation ($H(1) = 3.84$, $p = .050$), andere Kerne ($H(1) = 7.01$, $p = .008$) und quantenmechanische Betrachtungen ($H(1) = 6.64$, $p = .010$) signifikant wichtiger für Dozierende auf einem fortgeschrittenen Niveau (Gruppe F).

Diskussion und Zusammenfassung

Insgesamt ergibt die Umfrage einen guten Überblick über die Inhalte der deutschen NMR-Lehre und die Einschätzungen besonders wichtiger Punkte durch NMR-Dozierende verschiedener Bundesländer. Auch wenn typische Fehlerquellen von Umfragen nicht ausgeschlossen werden können und die Ergebnisse zunächst streng nur für Deutschland gelten, zeigt sich ein Mehrwert für Dozierende (Vergleich der Lehre) und für die Konzeption der SLDU. Diese behandelt auf Grundlage der dargestellten Ergebnisse nun die Konzepte der chemischen Verschiebung (durch das lokale Magnetfeld und den Einfluss von elektronischer Abschirmung) und die skalare starke und schwache Kopplung (am einfachen Beispiel von Dubletts, Dubletts von Dubletts und einem Triplett) aufeinander abgestimmt und mit interaktiven Visualisierungen (NMR-Spektren, Magnetisierungsvektoren, Kopplungsbäumen und einem lokalen Magnetfeld-Schema) mit offenen und geschlossenen Aufgaben.

Literatur

- Connor, M. C. (2021). *Teaching and learning ¹H nuclear magnetic resonance spectroscopy* (Dissertation, University of Michigan). Zugriff auf https://deepblue.lib.umich.edu/bitstream/handle/2027.42/167938/mcarole_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- D'Angelo, C., Rutstein, D., Harris, C., Bernard, R., Borokhovski, E. & Haertel, G. (2014). Simulations for stem learning: Systematic review and meta-analysis. *SRI International*.
- Develaki, M. (2019). Methodology and epistemology of computer simulations and implications for science education. *Journal of Science Education and Technology*, 28. doi: 10.1007/s10956-019-09772-0
- Fox, L.J. & Roehrig, G.H. (2015) Nationwide Survey of the Undergraduate Physical Chemistry Course. In *J. Chem. Educ.*, 92, 9, 1456–1465
- Glaser, S., Tesch, M. & Glaser, N. (2018). *SpinDrops*. Zugriff am 12.04.2021 auf <https://spindrops.org>
- Martin, C. B., Schmidt, M. & Soniat, M. A. (2011) Survey of the Practices, Procedures, and Techniques in Undergraduate Organic Chemistry Teaching Laboratories. In *J. Chem. Educ.*, 88 (12), 1630–1638.
- Stieff, M. (2019). Improving Learning Outcomes in Secondary Chemistry with Visualization-Supported Inquiry Activities. *Journal of Chemical Education*, 96 (7), 1300–1307. Zugriff auf <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00205>

Irina Braun¹
Axel Langner¹
Nicole Graulich¹

¹Justus-Liebig-Universität Gießen

Von Struktur zu Struktur: Untersuchung von Zeichenprozessen in der organischen Chemie

Ausgangslage und theoretischer Hintergrund

Als visuell geprägte Disziplin kommt in der organischen Chemie Repräsentationen als Denk- und Kommunikationsmittel, aber auch als Problemlösewerkzeug, ein zentraler Stellenwert zu (Cooper, Stieff & DeSutter, 2017). Durch das Skizzieren von Strukturformeln können beispielsweise Moleküle visualisiert, Struktureigenschaften verdeutlicht und Reaktionsprozesse vorausgesagt werden. Ein Konzept, welches eng mit Zeichenprozessen zusammenhängt, ist das Konzept der Mesomerie. Durch das Zeichnen mesomerer Grenzformeln kann die Elektronendichteverteilung von Molekülen beschrieben werden, wodurch Struktureigenschaften (z. B. Reaktivitäten) und Reaktionsprozesse abgeleitet werden können (Richardson, 1986). Allerdings bereitet die Anwendung des Konzepts Mesomerie vielen Lernenden aufgrund der hohen kognitiven Anforderungen Schwierigkeiten, was sich negativ auf die Konstruktion mesomerer Grenzformeln auswirkt (Betancourt-Pérez, Olivera & Rodríguez, 2010; Brandfonbrener, Watts & Shultz, 2021). Die Ursachen für die Zeichenschwierigkeiten können, neben einem fehlenden Konzeptwissen, auch im Zeichenprozess selbst liegen, da dieser multiple Aspekte der Repräsentationskompetenz erfordert. Neben der Fähigkeit, die Strukturen zu erstellen, müssen Lernende in der Lage sein, mesomere Grenzformeln ineinander zu überführen. Hierzu müssen sie gegebene strukturelle Darstellungen hinsichtlich der Möglichkeit von Mesomerie analysieren und interpretieren können (Kozma & Russell, 1997). Die Interpretation wird wiederum durch weitere interagierende Faktoren bestimmt, zu denen neben dem Vorwissen und der Darstellungsart auch die kognitiven Fähigkeiten der Lernenden zählen, z. B. die in Darstellungen enthaltenen visuellen Informationen wahrzunehmen und zu dekodieren (Schönborn & Anderson, 2008). Dabei können die Wahrnehmungsprozesse ziel- (top-down), stimulus- (bottom-up) oder erfahrungsorientiert sein (Awh, Belopolsky & Theeuwes, 2012). Obwohl deutlich wird, dass die Konstruktion mesomerer Grenzformeln davon abhängt, wie Lernende Strukturformeln entschlüsseln und ineinander überführen, wurde ihr Zeichenprozess bisher nicht untersucht.

Ziel und Forschungsfragen

Eine prozessorientierte Charakterisierung von Zeichenprozessen kann durch Eye-Tracking ermöglicht werden, da durch Aufzeichnen der Blickbewegungen die visuelle Verarbeitung der Strukturen durch die Lernenden quantitativ erfasst werden kann (Cullipher, Hansen & VandenPlas, 2018). So können Charakteristika bei der Konstruktion von produktiven (korrekten) und unproduktiven (falschen bzw. energetisch ungünstigen) Molekülstrukturen herausgestellt werden, wodurch eine neue Perspektive auf zeichenbezogene Hindernisse möglich ist, die die Entwicklung geeigneter Fördermaßnahmen unterstützen kann. Aus diesem Grund soll folgenden Forschungsfragen in dieser explorativen Studie nachgegangen werden:

FF1: Welche Zeichenelemente verknüpfen Lernende bei der Konstruktion von (un-)produktiven mesomeren Grenzformeln?

FF2: Auf welche strukturellen Merkmale achten Lernende während des Konstruktionsprozesses und wie hängt dies mit den Zeichenschritten zusammen?

FF3: Wie hängt der visuelle Selektionsprozess der Lernenden mit der Produktivität der gezeichneten Struktur zusammen?

Studiendesign

Im Sommersemester 2021 wurde hierzu im Zuge einer größeren qualitativen Studie zu zeichnerischen Problemlöseprozessen in der Organischen Chemie untersucht, wie Studierende ($N = 20$) des Moduls „Organische Chemie 1“ mesomere Grenzformeln zur Bearbeitung einer Fallvergleichsaufgabe, die die Abspaltung einer Abgangsgruppe in zwei Konstitutionsisomeren unter Ausbildung eines mesomeriestabilisierten Carbokations thematisiert, konstruieren. Der Zeichenprozess wurde im Paper-Pencil-Setting mithilfe einer mobilen Eye-Tracking Brille erfasst. Auf die Problemlösephase folgte eine semi-strukturierte Retrospektive bezüglich des den erstellten Strukturen zugrundeliegenden Zeichenprozesses.

Analyse

Die Datenanalyse erfolgte mehrschrittig. Für die Eye-Tracking Daten wurden zunächst die TOIs für jede entstehende Zeichnung definiert sowie die AOIs für die verschiedenen Zeichenelemente auf einer größeren (die Strukturen jeweils als Ganzes umfassend) und einer feineren Ebene (die einzelnen Merkmale der Strukturen umfassend) gesetzt. Die AOIs wurden für jede entstehende Zeichnung ferner bezüglich ihrer Funktion kategorisiert (Zielzeichnung Z, vorherige Zeichnung V, nicht notwendige Zeichnungen N, gegebene Informationen G). Zusätzlich wurden die insgesamt 60 generierten Strukturen in produktive und unproduktive Zeichnungen klassifiziert. Anhand der AOI-Sequenzen wurden sodann die Transitionen (d. h. Übergänge zwischen den AOIs) der Studierenden hinsichtlich Charakteristika untersucht (FF1) und die relative Fixationsdauer auf strukturelle Merkmale der vorherigen Zeichnung bei der Transition zwischen vorheriger und Zielzeichnung berechnet (FF2). In einem weiteren Schritt wurde ausgehend von den Zeichenbeschreibungen der Studierenden der visuelle Informationsselektionsprozess codiert. Dieser unterteilt sich in Abhängigkeit von der Art des Selektionsprozesses und dessen Flexibilität in vier Kategorien: strukturgeleitet zentriert, strukturgeleitet variabel, wissensgeleitet zentriert und wissensgeleitet variabel (FF3).

Ausgewählte Ergebnisse

Die Analyse der Eye-Tracking Daten zeigt, dass allen (un-)produktiven Zeichnungen ein ähnliches globales Blickverhalten zugrunde liegt. So zeichnet sich ein ähnliches Muster bezüglich der Anzahl der verknüpften Zeichenelemente ab. Allerdings unterscheiden sich produktive und unproduktive Zeichnungen signifikant bezüglich einzelner Transitionsarten im Zusammenhang mit der Zielzeichnung. Während produktive Zeichnungen mehr zielgerichtete Übergänge zwischen vorheriger und Zielzeichnung aufweisen, gibt es bei unproduktiven Zeichnungen mehr Transitionen zwischen der Zielzeichnung und den nicht notwendigen Zeichnungen (Tabelle 1). Folglich werden bei unproduktiven Strukturen mehr Informationen in den Konstruktionsprozess integriert, welche der resultierenden Zeichnung nicht dienlich sind (FF1). Obwohl über alle Strukturen hinweg die Verknüpfung von Zielzeichnung und

vorheriger Zeichnung am ausgeprägtesten ist, zeigt auch eine tiefere Analyse dieser Transitionen, dass Studierende bei der Konstruktion mesomerer Grenzformeln bei produktiven Zeichnungen eine signifikant höhere Aufmerksamkeitsverteilung auf zusammenhängende Strukturmerkmale der vorherigen Zeichnung aufweisen, welche für die Konstruktion der Zielzeichnung von Relevanz sind. Im Gegensatz hierzu zeichnet sich bei unproduktiven Zeichnungen eine Tendenz zur Fixierung einzelner, zur Konstruktion nicht relevanter Strukturmerkmale ab (Tabelle 1) (FF2). Schließlich zeigt die Analyse der Zeichenbeschreibungen, dass die Flexibilität der Informationsselektion für die Produktivität der Zeichnung entscheidend ist. Während mindestens 80% aller Zeichnungen mit einem variablen, analytischen Ansatz mit Fokus auf zusammenhängende, relevante Strukturmerkmale produktiv sind, sind über 70% aller Zeichnungen mit einem zentrierten Ansatz, d. h. einer statischen Fokussierung auf einzelne Strukturmerkmale, unproduktiv (FF3).

Tabelle 1: Ergebnisse des Mann-Whitney U Tests unterschiedlicher Eye-Tracking Daten für den Vergleich produktiver (pr.) und unproduktiver (unpr.) Zeichnungen (N = 60, Signifikanzniveau von 0.05; Effektstärke r berechnet nach Rosenthal (1984)).

| | <i>Mdn_{pr.}</i> | <i>Mdn_{unpr.}</i> | <i>U</i> | <i>z</i> | <i>p</i> | <i>r</i> |
|--------------------------------|--------------------------|----------------------------|----------|----------|----------|----------|
| Transitionen | | | | | | |
| NZ | 0 | 0 | 252.5 | -2.797 | 0.005 | 0.36 |
| ZN | 0 | 0 | 266.5 | -2.637 | 0.008 | 0.34 |
| VZ | 0.33 | 0.24 | 262 | -2.028 | 0.043 | 0.26 |
| ZV | 0.29 | 0.16 | 249 | -2.236 | 0.025 | 0.29 |
| Relative Fixationsdauer | | | | | | |
| Relevante Merkmale | 0.78 | 0.50 | 188 | -3.212 | 0.001 | 0.41 |
| Unrelevante Merkmale | 0.22 | 0.50 | 591 | 3.212 | 0.001 | 0.41 |

Implikationen

Angesichts des explorativen Studiencharakters sind weitere Untersuchungen mit unterschiedlichen Aufgabenarten und Strukturen variierender Komplexität (z. B. aromatische Verbindungen) erforderlich. Allerdings machen bereits diese Ergebnisse die Notwendigkeit einer stärker prozessorientierten Anleitung bezüglich der Konstruktion mesomerer Grenzformeln deutlich, um den Blick der Lernenden verstärkt auf relevante Zeichenelemente und Strukturmerkmale zu lenken. Dies könnte z. B. durch die Hervorhebung von interagierenden Strukturmerkmalen in Lernvideos erfolgen, sodass der Zeichenprozess dynamisch nachvollzogen werden kann (Jarodzka, van Gog, Dorr, Scheiter & Gerjets, 2013; Rodemer, Eckhard, Graulich & Bernholt, 2021). Da die Flexibilität der Informationsselektion für das Zeichnen von Bedeutung ist, sollte in der Lehre ferner auf die Kausalität der einzelnen Zeichenschritte eingegangen werden. Dies könnte Lernende zu einer reflektierten Bewertung ihrer Zeichenschritte befähigen und der Anwendung von übergeneralisierten Regeln bezüglich einzelner Strukturmerkmale entgegenwirken.

Literatur

- Awh E., Belopolsky A. V. & Theeuwes J. (2012). Top-down versus bottom-up attentional control: A failed theoretical dichotomy. *Trends in Cognitive Sciences*, 16 (8), 437-443
- Betancourt-Pérez R., Olivera L. J. & Rodríguez J. E. (2010). Assessment of organic chemistry students' knowledge of resonance-related structures. *Journal of Chemical Education*, 87 (5), 547-551
- Brandfonbrener P. B., Watts F. M. & Shultz G. V. (2021). Organic Chemistry Students' Written Descriptions and Explanations of Resonance and Its Influence on Reactivity. *Journal of Chemical Education*, 98 (11), 3431-3441
- Cooper M. M., Stieff M. & DeSutter D. (2017). Sketching the Invisible to Predict the Visible: From Drawing to Modeling in Chemistry. *Topics in Cognitive Science*, 9 (4), 902-920
- Cullipher S., Hansen S. J. & VandenPlas J. R. (2018). Eye Tracking as a Research Tool: An Introduction. In VandenPlas J. R., Hansen S. J. R. and Cullipher S. (Eds.), *Eye Tracking for the Chemistry Education Researcher*. Washington, DC: ACS Publications, 1-9
- Jarodzka H., van Gog T., Dorr M., Scheiter K. & Gerjets P. (2013). Learning to see: Guiding students' attention via a Model's eye movements fosters learning. *Learning and Instruction*, 25, 62-70
- Kozma R. B. & Russell J. (1997). Multimedia and understanding: Expert and novice responses to different representations of chemical phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, 34 (9), 949-968
- Richardson W. (1986). Teaching the concept of resonance with transparent overlays. *Journal of Chemical Education*, 63 (6), 518-519
- Rodemer M., Eckhard J., Graulich N. & Bernholt S. (2021). Connecting explanations to representations: benefits of highlighting techniques in tutorial videos on students' learning in organic chemistry. *International Journal of Science Education*, 43 (17), 2707-2728
- Rosenthal R., (1984). *Meta-analytic procedures for social research*. Newbury Park, CA: Sage Publications
- Schönborn K. J. & Anderson T. R. (2008). A Model of Factors Determining Students' Ability to Interpret External Representations in Biochemistry. *International Journal of Science Education*, 31 (2), 193-232

Larissa Hahn¹
Pascal Klein¹

¹Universität Göttingen

Clusterbildung mit Blickbewegungen zur Analyse von Personen- und Aufgabenmerkmalen

Ein flexibler Umgang mit verschiedenen Repräsentationsformen ist eine zentrale Kompetenz in den Naturwissenschaften. In der Physik gilt dies vor allem für Vektorfelder, die beispielsweise als Gleichung oder Diagramm dargestellt werden. Dieser Beitrag präsentiert erste Ergebnisse einer Clusteranalyse basierend auf Blickdaten von Studierenden ($N = 147$) bei der Zuordnung von Vektorfelddiagrammen und Gleichungen in einem Multiple-Choice-Format. Es ergeben sich drei Studierendencluster, die sich sowohl bezüglich des Blickverhaltens als auch verschiedener Leistungsindikatoren unterscheiden.

Theoretischer Hintergrund

Vektorfelder sind ein prominentes Beispiel für (multiple) Repräsentationen in der Physik, indem sie sowohl graphisch, z. B. als Vektorfelddiagramm, als auch als Gleichung dargestellt werden. Im Allgemeinen berichten zahlreiche (physik-)didaktische Studien von einem positiven Effekt multipler Repräsentationen beim Wissenserwerb sowie Problemlösen (z. B. Even, 1998; Rau et al., 2009) und betonen in diesem Zuge die Bedeutung für die Entwicklung fachspezifischer Expertise (z. B. Van Heuvelen, 1991). Jedoch führt die Verwendung multipler Repräsentationen nicht per se zu positiven Lerneffekten (z. B. Ainsworth, 2008; Yerushalmy, 1991); vielmehr bedarf es Repräsentationskompetenzen, die einen flexiblen Umgang mit den Repräsentationen ermöglichen (Nistal et al., 2009; 2012). Bezüglich der repräsentationalen Flexibilität bei Vektorfeld-Darstellungen berichteten Bollen et al. (2017) von einer Vielzahl studentischer Probleme bezüglich der Skizzierung von Vektorfeld- oder Feldliniendiagrammen sowie der Angabe einer Gleichung zu einer graphischen Repräsentation. Darüber hinaus fanden Klein et al. (2018; 2019) im Rahmen zweier Eye-Tracking-Studien zur Divergenz von Vektorfeldern, dass die Häufigkeit horizontaler und vertikaler Sakkaden ein wichtiger Leistungsindikator im Umgang mit Vektorfelddiagrammen ist, da sie die visuelle Inspektion entlang relevanter Feldrichtungen widerspiegeln. Auch jenseits von Vektorfeldern erwies sich Eye-Tracking als wertvolle Methode zur Analyse kognitiver Prozesse beim Repräsentationswechsel (z. B. Jian, 2022; Wu & Liu, 2021).

Forschungsziele

Auf Basis bisheriger Forschungsergebnisse zielt dieser Beitrag auf die prozessbezogene Analyse der mentalen Operationen beim multi-repräsentationalen Wechsel zwischen Vektorfelddiagramm und Gleichung ab. Konkrete Ziele sind (1) die Klassifizierung von Studierenden auf Basis sakkadischer Blickmetriken beim Repräsentationswechsel, und (2) die Charakterisierung der entstehenden Studierendengruppen anhand verschiedener Leistungsindikatoren (Antwortkorrektheit, Antwortsicherheit und räumliche Fähigkeiten).

Material und Methoden

Die Stichprobe besteht aus 147 Studierenden verschiedener Ingenieursstudiengänge vor allem aus dem zweiten Fachsemester an der TU Kaiserslautern. Diese absolvierten zuerst einen Konzepttest zu Vektorfeldern und -komponenten sowie einen standardisierten Test zur Ermittlung der räumlichen Fähigkeiten (Shah & Miyake, 1996). In der nachfolgenden Eye-Tracking-Phase (Tobii X3-120) erhielten die Studierenden ein kurzes Worked-Out Example und lösten anschließend acht Aufgaben, in denen sie je zu einem Vektorfelddiagramm die passende Gleichung aus vier Antwortoptionen auswählen mussten (Abb. 1). Antwort und Antwortsicherheit wurden auf einer Eingabeseite angegeben. Abschließend wurde ein kurzer Fragebogen zu den demographischen Daten eingesetzt. Die Vektorfelddiagramme wurden bereits in früheren Studien verwendet (Klein et al., 2018; 2019). Auf Basis des (z-skalierten) Anteils horizontaler und vertikaler Sakkaden ($\pm 5^\circ$ Toleranz des Winkels φ , Abb. 1; Physikdidaktik Uni Göttingen, 2022) an allen Sakkaden auf dem Vektorfelddiagramm,

$$SP_H = \frac{S_H}{S_{total}} \quad \text{und} \quad SP_V = \frac{S_V}{S_{total}},$$

wurde eine hierarchische Clusteranalyse mit der Software R durchgeführt (Huberty et al., 2005; Speece, 1994). Der Vergleich der entstandenen Cluster bezüglich verschiedener Leistungsmaße erfolgte mithilfe von Varianzanalysen (ANOVA).

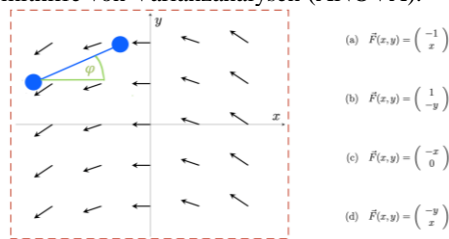


Abb. 1: Item mit Definition der area of interest auf dem Diagramm (rot) und dem Winkel φ zwischen der Sakkade zweier benachbarter Fixationen (blau) und der Horizontalen (grün).

Ergebnisse

Sowohl die Darstellung als Dendrogramm (Abb. 2, links) als auch der Average-Silhouette-Ansatz (Ward-Methode) indizieren eine Drei-Cluster-Lösung mit 81 Studierenden in Cluster C1, 31 Studierenden in Cluster C2 und 28 Studierenden in Cluster C3. Eine 2×3 ANOVA ergibt einen signifikanten Interaktionseffekt zwischen Metrik und Cluster, $F(2, 137) = 68.05, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.50, f = 0.76$, mit großer Effektstärke (Cohen, 1988).

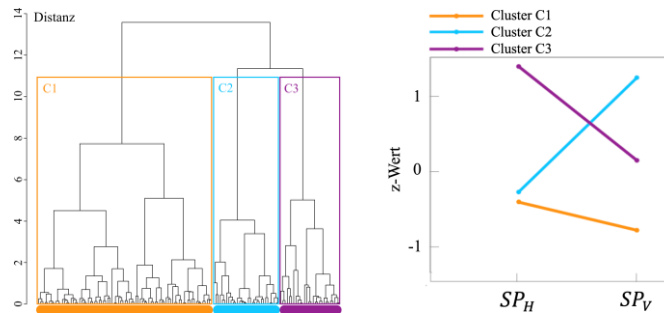


Abb. 2: Dendrogramm (links) der hierarchischen Drei-Cluster-Lösung: Cluster C1 (orange, $N = 81$), Cluster C2 (blau, $N = 31$), Cluster C3 (lila, $N = 28$) und Charakterisierung der Cluster (rechts, z-skaliertes Anteil horizontaler und vertikaler Sakkaden SP_H und SP_V).

C1 ist durch den geringsten Anteil horizontaler und vertikaler Sakkaden im Vergleich der drei Cluster charakterisiert, während Studierende in C2 vor allem vertikale Sakkaden durchführen und Studierende in C3 bevorzugt in horizontaler Blickrichtung schauen (Abb. 2, rechts; Tab. 1). Der Anteil horizontaler und vertikaler Sakkaden variiert dabei signifikant zwischen den Clustern, mit großer Effektstärke (Tab. 1). Außerdem erreichten die Studierenden in C2 und C3 signifikant höhere Testleistungen als Studierende in C1, ebenfalls mit großer Effektstärke. Indem Studierende in C2 und C3 durch höhere Antwortsicherheiten und ausgeprägtere räumliche Fähigkeiten gegenüber Studierenden in C1 charakterisiert sind, zeigt sich für diese Leistungsindikatoren eine ähnliche, allerdings nicht signifikante, Tendenz.

Tab. 1: Charakterisierung der Cluster C1, C2 und C3 (Anteil horizontaler und vertikaler Sakkaden SP_H und SP_V , Mittelwert, Standardfehler, p -Wert der ANOVA, Effektstärke f).

| Variable | C1 ($N = 81$) | C2 ($N = 31$) | C3 ($N = 28$) | p | f |
|-----------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------|------|
| SP_H | 0.14 ± 0.01 | 0.14 ± 0.01 | 0.21 ± 0.01 | < 0.001 | 0.54 |
| SP_V | 0.08 ± 0.01 | 0.14 ± 0.01 | 0.10 ± 0.01 | < 0.001 | 0.57 |
| Antwortkorrektheit | 0.71 ± 0.03 | 0.83 ± 0.05 | 0.83 ± 0.05 | 0.03 | 0.40 |
| Antwortsicherheit | 0.63 ± 0.03 | 0.67 ± 0.05 | 0.75 ± 0.05 | nicht signifikant | ... |
| Räumliche Fähigkeiten | 0.42 ± 0.02 | 0.49 ± 0.04 | 0.49 ± 0.05 | nicht signifikant | ... |

Diskussion und Ausblick

Die Clusteranalyse auf Basis sakkadischer Metriken beim Repräsentationswechsel zwischen Vektorfelddiagramm und Gleichung führt zu einer Gruppierung der Studierenden in drei Cluster mit signifikanten Unterschieden hinsichtlich ihres Blickverhaltens und ihrer Performanz. Es zeigt sich, dass ein hoher Anteil horizontaler und vertikaler Sakkaden auf dem Vektorfelddiagramm mit höheren Testleistungen einhergeht – ein Zusammenhang, der in vorangegangenen Studien zur Divergenz ebenfalls gefunden wurde (Klein et al., 2018; 2019). Klein et al. (2018; 2019) assoziierten dieses Blickverhalten mit der Veränderung von Feldkomponenten entlang relevanter Feldrichtungen; inwiefern diese Strategie auch bei der Übersetzung zwischen Vektorfelddiagramm und Formel von Bedeutung ist, gilt es nun anhand weiterführender Analysen, z. B. durch Triangulation von Blick- und Verbaldaten, zu untersuchen. Darüber hinaus unterscheiden sich die Studierenden der zwei leistungsstarken Cluster vor allem insofern, als dass sie entweder horizontale oder vertikale Blickbewegungen höher frequentiert durchführen. Da Antwortkorrektheit und räumliche Fähigkeiten in beiden Clustern vergleichbar sind, lassen die Unterschiede in den Blickbewegungen verschiedene (Erfolgs-)Strategien bei der Aufgabenbearbeitung vermuten. Es ist jedoch anzunehmen, dass diese Strategien nicht auf die visuelle Interpretation des Diagramms beschränkt, sondern eng an das Aufgabenformat geknüpft sind. Für ein tieferes Verständnis der Vorgehensweisen beim Repräsentationswechsel bedarf es daher weiterer Analysen, die das Blickverhalten auf den Antwortoptionen einbeziehen. So können zudem mögliche Fehlstrategien beim Repräsentationswechsel aufgedeckt und Einblicke in studentische Schwierigkeiten sowie Anhaltspunkte für zielgerichtete Unterstützungsmaßnahmen gewonnen werden.

Literatur

- Ainsworth, S. (2008). The educational value of multiple-representations when learning complex scientific concepts. In J.K. Gilbert, M. Reimer, & M. Nakhleh (Eds.), *Visualization: Theory and practice in science education. Models and modeling in science education* (3. Aufl.). Dordrecht: Springer, 191-208
- Bollen, L., Van Kampen, P., Baily, C., Kelly, M., & De Cock, M. (2017). Student difficulties regarding symbolic and graphical representations of vector fields. *Physical Review Physics Education Research*, 13 (2), 020109
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates
- Even, R. (1998). Factors involved in linking representations of functions. *Journal of Mathematical Behavior*, 17 (1), 105-121
- Huberty, C. J., Jordan, E.M., & Brandt, W.C. (2005). Cluster Analysis in Higher Education Research. In J.C. Smart (Ed.), *Higher Education: Handbook of Theory and Research* (Vol. 20). Dordrecht: Springer, 437-457
- Jian, Y.C. (2022). Using an eye tracker to examine the effect of prior knowledge on reading processes while reading a printed scientific text with multiple representations. *International Journal of Science Education*, 44 (8), 1-21
- Klein, P., Viiri, J., & Kuhn, J. (2019). Visual cues improve students' understanding of divergence and curl: Evidence from eye movements during reading and problem solving. *Physical Review Physics Education Research*, 15 (1), 010126
- Klein, P., Viiri, J., Mozaffari, S., Dengel, A., & Kuhn, J. (2018). Instruction-based clinical eye-tracking study on the visual interpretation of divergence: How do students look at vector field plots? *Physical Review Physics Education Research*, 14 (1), 010116
- Nistal, A., Dooren, W., Clarebout, G., Elen, J., & Verschaffel, L. (2009). Conceptualising, investigating and stimulating representational flexibility in mathematical problem solving and learning: A critical review. *ZDM Mathematics Education*, 41 (5), 627-636
- Nistal, A., Dooren, W., & Verschaffel, L. (2012). What counts as a flexible representational choice? An evaluation of students' representational choices to solve linear function problems. *Instructional Science*, 40 (6), 999-1019
- Physikdidaktik Uni Göttingen (2022, 27. Oktober). Blickbewegungen mit Eye-Tracking visualisieren: Sakkadenplots [Video]. YouTube. <https://youtu.be/t9I5uqSWBAE>
- Rau, M., Alevin, V., & Rummel, N. (2009). Intelligent tutoring systems with multiple representations and self-explanation prompts support learning of fractions. In V. Dimitrova, R. Mizoguchi, B. du Boulay, & A. Graesser (Eds.), *Proceedings of the 14th International Conference on Artificial Intelligence in Education, 2009 Building Learning Systems that Care: From Knowledge Representation to Affective Modelling*. Amsterdam: IOS Press, 441-448
- Shah, P. & Miyake, A. (1996). The separability of working memory resources for spatial thinking and language processing: An individual differences approach. *Journal of Experimental Psychology: General*, 125 (1), 4-27
- Speece, D.L. (1994). Cluster analysis in perspective. *Exceptionality*, 5 (1), 31-4
- Van Heuvelen, A. (1991). Learning to think like a physicist: A review of research-based instructional strategies. *American Journal of Physics*, 59 (10), 891-897
- Wu, C.J., & Liu, C.Y. (2021). Eye-movement study of high-and low-prior-knowledge students' scientific argumentations with multiple representations. *Physical Review Physics Education Research*, 17 (1), 010125
- Yerushalmy, M. (1991). Student perceptions of aspects of algebraic function using multiple representation software. *Journal of Computer Assisted Learning*, 7 (1), 42-57

Thomas Schubatzky¹
 Jan-Philipp Burde²
 Rike Große-Heilmann³
 Josef Riese³
 David Weiler²

¹Universität Innsbruck
²Eberhard-Karls-Universität Tübingen
³RWTH Aachen

Entwicklungsprädiktoren fachdidaktischen Wissens zu digitalen Medien

Einleitung und theoretischer Rahmen

Digitale Medien gewinnen vermehrt an Bedeutung im Physikunterricht (vgl. Eickelmann et al., 2019). Angehende Lehrkräfte sollen deshalb während ihres Studiums auch entsprechende Kompetenzen erwerben, um digitale Medien fachdidaktisch begründet im Physikunterricht einsetzen zu können, wie etwa das in diesem Beitrag fokussierte fachdidaktische Wissen zum Einsatz digitaler Medien (Große-Heilmann et al., 2022) als wichtiger Teil digitaler Kompetenzen. Dazu benötigt es darauf abgestimmte Lerngelegenheiten in der Lehramtsausbildung (SWK, 2022). Um diese Lerngelegenheiten möglichst wirksam gestalten zu können, sind empirische Erkenntnisse über die wirksame Strukturierung und Ausgestaltung der Lehramtsausbildung nötig.

Prinzipiell sind unterschiedliche Ansätze zur Förderung digitaler Kompetenzen im Lehramtsstudium denkbar: Einerseits gibt es Bestrebungen, den fachdidaktisch sinnvollen Einsatz digitaler Medien in reguläre fachdidaktische Lehrveranstaltungen zu integrieren (Foulger et al., 2019; Stinken-Rösner, 2021). Eine zweite Möglichkeit stellen eigenständige Seminare, die den fachdidaktisch begründeten Einsatz digitaler Medien fokussieren, dar (z.B. Weiler et al., 2021). In einer Metastudie stellten sich derartige Seminare als wirksam heraus, auch wenn sich trotz des hohen Anteiles an Varianz von rund 95% zwischen den Studien keine besonders förderlichen Seminarmerkmale identifizieren ließen (Wilson et al., 2020). Nicht berücksichtigt wurden in dieser Studie jedoch die (möglicherweise) unterschiedlichen Lernvoraussetzungen der Teilnehmenden.

Bisherige Studien untersuchten oftmals den Zusammenhang zwischen unterschiedlichen Wissensfacetten wie etwa PCK, TPK und TPCK (Wang et al., 2018), Schlüsse über tatsächliche bzw. notwendige Voraussetzungen für die Entwicklung digitaler Kompetenzen lassen sich dadurch jedoch nur schwer ziehen. Nichtsdestotrotz wird in diversen Studien ein Zusammenhang zwischen einer soliden Professionswissensbasis und der Entwicklung digitaler Kompetenzen festgestellt oder zumindest angedeutet (Wang et al., 2018).

Eine zentrale Frage ist demnach, zu welchem Zeitpunkt (also mit welchen Lernvoraussetzungen) und auf welche Art und Weise der fachdidaktisch sinnvolle Einsatz digitaler Medien adressiert werden sollte. Ein Beitrag zur Klärung dieser Frage soll im Projekt DiKoLeP (Schubatzky et al., 2022) geliefert werden, indem mögliche Prädiktoren für die Entwicklung fachdidaktischen Wissens (FDW) zum Einsatz digitaler Medien (DM) untersucht werden. So sollen erste Hinweise für eine evidenzbasierte Ausgestaltung der Lehramtsausbildung Physik abgeleitet werden. In diesem Beitrag werden zwei damit zusammenhängende Forschungsfragen anhand vorläufiger Daten diskutiert:

Forschungsfragen

FF1: Inwieweit gibt es einen Zusammenhang zwischen dem FDW über Schülervorstellungen (SV) und der Entwicklung des FDW zu DM im Fach Physik?

H1: Aufgrund bisheriger Befunde zum Zusammenhang zwischen den Wissensfacetten PCK und TPCK wird vermutet, dass das FDW über SV einen positiven Zusammenhang mit der Entwicklung des FDW zu DM aufweist.

FF2) Inwieweit gibt es einen Zusammenhang zwischen dem Umfang selbstberichteter Vorerfahrungen mit sowie dem Interesse an digitalen Medien und der Entwicklung des FDW zu DM im Fach Physik?

H2: Aufgrund bisheriger Befunde zum Zusammenhang zwischen Interesse und Lernerfolg wird ein positiver Zusammenhang mit der Entwicklung des FDW zu DM vermutet.

H3: Aufgrund bisheriger Befunde zum Zusammenhang zwischen TK und TPCK wird ein positiver Zusammenhang mit der Entwicklung des FDW zu DM vermutet.

Stichprobe und Vorgehensweise

Die vorläufige Stichprobe setzt sich aus $N = 48$ Physiklehramtsstudierenden dreier Universitäten in Deutschland und Österreich zusammen, die durchschnittlich im 8. Fachsemester waren ($7,9 \pm 2,3$ Semester). Diese Studie fand in einem Prä-Post-Format statt. Zwischen den beiden Testzeitpunkten nahmen alle Studierenden an einem spezifischen Seminar zum fachdidaktisch begründeten Einsatz digitaler Medien teil (Schubatzky et al., 2022). Erhoben wurden dabei einerseits das FDW über SV mit einem Testinstrument basierend auf Gramzow et al. (2013) bzw. Jordans et al. (2022), das FDW zu DM mit einem Test von Große-Heilmann et al. (2022), sowie die selbstberichteten Vorerfahrungen und das Interesse an digitalen Medien mit Items näher beschrieben in Weiler et al. (2022). Dabei wurden die Vorerfahrungen und das Interesse an elf konkreten digitalen Medien, die für den Physikunterricht relevant sind (z.B. Simulationen, ...), anhand einer 5-stufigen Likert Skala abgefragt und ein Mittelwert daraus gebildet.

Um die in den Forschungsfragen genannten Zusammenhänge zu identifizieren, wurde eine bayes'sche multiple Regressionsanalyse unter Nutzung des R-Pakets *rstanarm* durchgeführt (Goodrich et al., 2022). Der Vorteil der Nutzung eines bayes'schen Wahrscheinlichkeitsbegriffs liegt u.a. darauf, dass keine unendlich oft wiederholbaren Zufallsexperimente vorausgesetzt werden; so eignen sich bayes'sche Methoden insbesondere bei kleineren Datengrundlagen. Weitere Vorteile sind die Möglichkeit, Vorkenntnisse oder vorhergehende Studienergebnisse in der Datenanalyse zu berücksichtigen, in der Form von sogenannten Priors (Kubsch et al., 2021).

Ergebnisse

Aufgrund bisheriger Forschungsergebnisse zum Einfluss des Vorwissens auf den Lernerfolg wurde für den Regressionskoeffizienten zum FDW zu digitalen Medien folgender Prior festgelegt: $N(0,3,0,5)$. Aufgrund vorhergehender Studien zum Zusammenhang zwischen PCK und TPCK wurde auch der Prior des FDW über SV auf $N(0,3,0,5)$ festgelegt. Für die Vorerfahrungen und Interesse wurden schwach informative Priors gewählt: $N(0,0,0,5)$. Detaillierte Modellvergleiche können in diesem Kurzbeitrag nicht dargestellt werden, weshalb in Tabelle 1 das Modell dargestellt ist, für welches die meisten Evidenzen sprechen (z.B.: Bayes Faktor von 1363 gegenüber dem Intercept-Only-Modell).

Tabelle 1: Regressionsmodell mit dem FDW zu digitalen Medien im Post-Test als abhängige Variable bei einer Varianzaufklärung von $R^2 \sim 42\%$. Das 95% CredInt beschreibt jenes Intervall, in welches der Regressionskoeffizient mit 95%iger Wahrscheinlichkeit fällt

| Koeffizienten | Median β | SD | 95% CredInt | pd | % in ROPE |
|--------------------------|----------------|------|----------------|--------|-----------|
| (Konstante) | 0.01 | 0.12 | [-0.22, 0.23] | 50.18% | 64.68% |
| FDW – DM Prä | 0.34 | 0.13 | [0.20, 0.50] | 99.58% | 0.97% |
| FDW – SV Prä | 0.42 | 0.13 | [0.24, 0.55] | 99.85% | 0% |
| Vorerfahrungen mit DM | -0.24 | 0.11 | [-0.46, -0.01] | 98.12% | 9.68% |

Die Ergebnisse liefern erste Hinweise dafür, dass sowohl das FDW zu digitalen Medien (als Vorwissen) als auch das FDW über SV bedeutungsvolle Prädiktoren für die Entwicklung des FDW zu digitalen Medien darstellen und H1 auf Basis der vorliegenden Daten angenommen werden sollte. Das mittlere Interesse an digitalen Medien stellte sich in dieser Analyse jedoch als kein relevanter Prädiktor dar (Ablehnung H2). Für die Vorerfahrungen mit digitalen Medien zeigte sich sogar ein der ursprünglichen Annahme gegenteiliger Effekt – die Posteriorverteilung zeigt einen Median von -0.24 mit einem 95%-Credible Interval von [-0.46,-0.01], sodass mit hoher Wahrscheinlichkeit davon ausgegangen werden muss, dass die mittlere Vorerfahrung mit digitalen Medien einen negativen Prädiktor für die Entwicklung des FDW zu digitalen Medien darstellt (Ablehnung H3).

Schlussfolgerungen und Ausblick

Eine endgültige Bewertung und Interpretation der Ergebnisse ist nur auf Basis eines größeren Datensatzes möglich, der im Rahmen des DiKoLeP-Projektes angestrebt wird. Außerdem müssen die Limitationen dieser Studie berücksichtigt werden, wie etwa die Fokussierung auf das FDW über SV (zur Mechanik) oder die Formulierung der Items der Vorerfahrungen zu digitalen Medien. Nichtsdestotrotz zeigen sich einige spannende Ergebnisse, die auch als hypothesengenerierend betrachtet werden können. Der bedeutsame Zusammenhang zwischen dem FDW über SV und der Entwicklung des FDW zu digitalen Medien legt nahe, dass eine profunde Professionswissensbasis tatsächlich eine notwendige Voraussetzung für die Entwicklung digitaler Kompetenzen darstellen könnte, was in zukünftigen Untersuchungen zu zeigen wäre. Der überraschende Befund zu den Vorerfahrungen mit digitalen Medien lässt weitere Vermutungen anstellen. Ein möglicher Erklärungsansatz könnte folgender sein: Studierende, die im Umgang mit digitalen Medien vertraut sind, haben die Auffassung, dass sie diese damit auch fachdidaktisch sinnvoll einsetzen können und nehmen das Seminar zum Einsatz digitaler Medien daher als weniger relevant für sich wahr und sind dadurch womöglich weniger lernbereit. Insgesamt scheint es auf Basis dieser vorläufigen Daten jedenfalls sinnvoll, Seminare zum Einsatz digitaler Medien möglichst spät im Rahmen des Lehramtsstudiums anzubieten, oder zumindest nachdem eine solide Wissensbasis fachdidaktischer Konzepte aufgebaut werden konnte.

Literatur

- Eickelmann, B., Bos, W., Gerick, J., Goldhammer, F., Schaumburg, H., Schwippert, K., Senkbeil, M. & Vahrenhold, J. (Hrsg.). (2019). *ICILS 2018 #Deutschland: Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern im zweiten internationalen Vergleich und Kompetenzen im Bereich Computational Thinking*. Waxmann.
- Foulger, T. S., Wetzel, K. & Buss, R. R. (2019). Moving Toward a Technology Infusion Approach: Considerations for Teacher Preparation Programs. *Journal of Digital Learning in Teacher Education*, 35(2), 79–91. <https://doi.org/10.1080/21532974.2019.1568325>
- Goodrich, B., Gabry, J., Ali, I. & Brilleman, S. (2022). *rstanarm: Bayesian applied regression modeling via Stan [Computer software]*. <https://mc-stan.org/rstanarm>
- Gramzow, Y., Riese, J. & Reinhold, P. (2013). Modellierung fachdidaktischen Wissens angehender Physiklehrkräfte. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 19, 7–30.
- Große-Heilmann, R., Riese, J., Burde, J.-P., Schubatzky, T. & Weiler, D. (2022). Fostering Pre-Service Physics Teachers' Pedagogical Content Knowledge Regarding Digital Media. *Education Sciences*, 12(7), 440. <https://doi.org/10.3390/educsci12070440>
- Jordans, M., Zeller, J., Große-Heilmann, R. & Riese, J. (2022). Weiterentwicklung eines physikdidaktischen Tests zum Online-Assessment. In S. Habig & H. van Vorst (Hrsg.), *Unsicherheit als Element von naturwissenschaftsbezogenen Bildungsprozessen*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Virtuelle Jahrestagung 2021.
- Kubsch, M., Stamer, I., Steiner, M., Neumann, K. & Parchmann, I. (2021). Beyond p-values: Using Bayesian Data Analysis in Science Education Research. *Practical Assessment, Research, and Evaluation*, 26(1). <https://doi.org/10.7275/VZPW-NG13>
- Stinken-Rösner, L. (2021). Digitale Medien in der naturwissenschaftlichen Lehrkräftebildung: Integriert statt zusätzlich. *PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*. <http://www.phydid.de/index.php/phydid-b/article/view/1114>
- Schubatzky, T., Burde, J.-P., Riese, J. & Weiler, D. (2022). Das Gesamtuntersuchungsdesign im Verbundprojekt DiKoLeP. In S. Habig (Hrsg.), *Unsicherheit als Element von naturwissenschaftsbezogenen Bildungsprozessen: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik online Jahrestagung 2021* (S. 784–787).
- SWK. (2022). *Digitalisierung im Bildungssystem: Handlungsempfehlungen von der Kita bis zur Hochschule*. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/KMK/SWK/2022/SWK-2022-Gutachten_Digitalisierung.pdf
- Wang, W., Schmidt-Crawford, D. & Jin, Y. (2018). Preservice Teachers' TPACK Development: A Review of Literature. *Journal of Digital Learning in Teacher Education*, 34(4), 234–258. <https://doi.org/10.1080/21532974.2018.1498039>
- Weiler, D., Burde, J.-P., Große-Heilmann, R., Lachner, A., Riese, J. & Schubatzky, T. (2022). Bedarfsanalyse zu digitalen Medien bei Physik-Lehramtsstudierenden. In S. Habig (Hrsg.), *Unsicherheit als Element von naturwissenschaftsbezogenen Bildungsprozessen: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik online Jahrestagung 2021* (S. 1–4).
- Weiler, D., Burde, J.-P., Lachner, A., Riese, J., Schubatzky, T. & Große-Heilmann, R. (2021). Entwicklung eines Seminars zur Förderung des Konzeptverständnisses mittels digitaler Medien. *PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*, 209–215.
- Wilson, M. L., Ritzhaupt, A. D. & Cheng, L. (2020). The impact of teacher education courses for technology integration on pre-service teacher knowledge: A meta-analysis study. *Computers & Education*, 156, 103941. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103941>

Jens-Peter Knemeyer¹
Nicole Marmé¹

¹Pädagogische Hochschule Heidelberg

Online-Kurs zur Implementierung des Themas „Künstliche Intelligenz“ in die Lehramtsausbildung der MINT-Fächer

Künstliche Intelligenz (KI) ist eines der meistunterschätzten Mega-Themen, das fast alle beruflichen und privaten Bereiche unserer Gesellschaft schon in naher Zukunft grundlegend verändern wird. Schon heute spielt die KI in jedem Smartphone, von Gesichtserkennung bis Sprachsteuerung (Patel, 2022), in der Medizin (z.B. Bilderkennung, Johnson, 2021), im Verkehr (z.B. autonome Fahrassistenzsysteme, Atakishiyev, 2022) und vielem mehr eine wichtige Rolle, oft ohne, dass wir es merken. Wenn man bedenkt, dass die Leistungsfähigkeit vieler KI-Systeme sich jedes Jahr vervielfacht (vgl. Abb.), lässt sich nur erahnen, welche Bedeutung die KI für unsere Gesellschaft in Zukunft einnehmen wird. Insbesondere in Kombination mit Naturwissenschaften wie Chemie und Physik ergeben sich endlose Möglichkeiten.

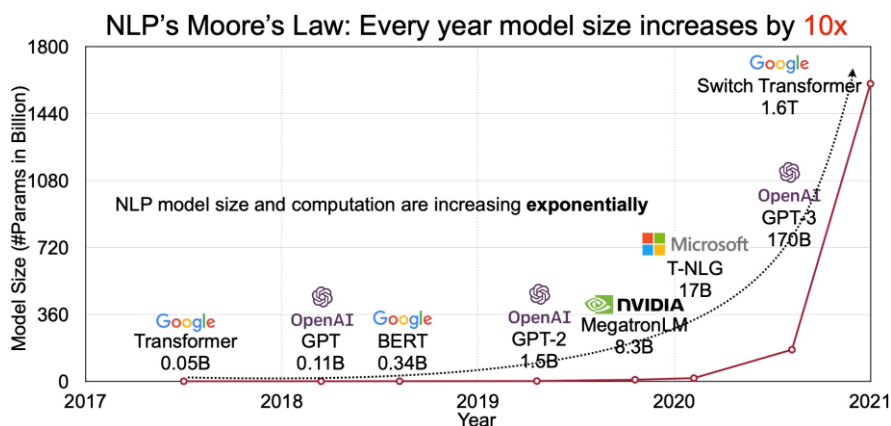


Abb.: Entwicklung der Natural Language Processing (NLP) Modelle¹

Auch die in den letzten Jahren zu Tausenden gegründeten Startups, die sich mit KI befassen, geben einen Hinweis auf die zukünftige wirtschaftliche Bedeutung. Hier entstehen zahlreiche zukunftsfähige Arbeitsplätze, allerdings sind diese in Deutschland schon heute aufgrund des Fachkräftemangels nicht mehr adäquat zu besetzen. Es werden aber nicht nur gut ausgebildete Fachkräfte benötigt, sondern die Gesamtbevölkerung braucht ein Grundwissen über KI, da deren Nutzung (auch im privaten Bereich) enorme Chancen bietet, aber auch Risiken beinhaltet. Im drastischen Widerspruch hierzu spielt das Thema KI im (deutschen) Schulunterricht kaum eine Rolle (Martins, 2022).

¹ https://hanlab.mit.edu/projects/efficientnlp_old/

Dabei ist die Thematik so wichtig, dass alle Schülerinnen und Schüler ein Grundwissen über KI und den Umgang mit entsprechenden Anwendungen erhalten sollten. Deshalb sollte das Thema KI zusätzlich zum Informatik-Unterricht in möglichst viele Fächern einfließen.

Aus diesem Grunde entwickeln wir den Online-Kurs „KI-Lehramt“, der sich an primär an Lehramtsstudierende, aber auch an Lehrkräfte aller Fächer, unabhängig von informatischem Vorwissen, richtet.

Ziele des Kurses sind zum einen die Vermittlung eines Grundwissens zum Thema KI. Zum anderen sollen die (angehenden) Lehrkräfte didaktische Möglichkeiten zur Vermittlung von KI-Grundlagen erhalten und Möglichkeiten kennenlernen, das Thema in den Unterricht anderer Fächer, wie bspw. Physik und Chemie zu integrieren.

Bisherige Materialien zu KI für die Lehre

Eine Sichtung und didaktische Bewertung vorhandener Materialien und Kurse zum Thema Künstliche Intelligenz, insbesondere mit Bezug zu Einsatzmöglichkeiten in der Schule hat ergeben, dass sich die meisten Materialien auf das Maschinelle Lernen (ML) beziehen. Auch der hier vorgestellte Online-Kurs fokussiert sich auf das Maschinelle Lernen, da es sich um ein sehr großes Teilgebiet der Künstlichen Intelligenz handelt, höchste gesellschaftliche Relevanz hat und es viele für die Schülerinnen und Schüler verhältnismäßig anschauliche Beispiele gibt. Außerdem können anhand des Maschinellen Lernens viele grundlegende Methoden der KI behandelt werden. Ebenso eignet sich dieses Themengebiet, um Grenzen, Chancen, Risiken und ethische Fragen zu adressieren. Mittlerweile gibt es einige Unterrichtseinheiten (beispielsweise Schule macht KI², KI2school³ oder AI Unplugged⁴ (Lindner, 2019)) zum Thema KI mit Fokus auf das Maschinelle Lernen. Alle Kurse und Anwendungsbeispiele mit Schulbezug wurden allerdings in erster Linie für den Informatikunterricht konzipiert und haben meist keine Anknüpfungspunkte zu anderen Unterrichtsfächern.

Im Internet finden sich zahlreiche frei zugängliche Anwendungen zum Thema KI von Spracherkennung über „text to speech“-Apps, Chatbots, Bilder- und Sounderkennung bis hin zu Apps, mit denen sich Bilder, Musik und Texter generieren lassen. Oft handelt es sich um kommerzielle Anwendungen, die aber auch in einer in den Funktionen limitierten kostenfreien Version verfügbar sind. Diese reicht in der Regel aus, um sie im Unterricht zu Demonstrations- und Lehrzwecken einzusetzen. Da diese Apps nicht für die Lehre konzipiert wurden, handelt es sich meistens um reine KI-Anwendungen, ohne die KI an sich zu thematisieren.

Besonders interessant sind Anwendungen (z.B. Teachable Machine⁵, Carney, 2020), mit denen eine KI trainiert werden kann, da einerseits die Lernenden hier aktiv werden und andererseits grundlegende Prinzipien des Maschinellen Lernen erklärt werden können. Mit dem Projekt „Machine Learning for Kids“⁶ existiert eine trainierbare KI, die speziell (auch unter didaktischen Gesichtspunkten) für den Einsatz im Schulunterricht entwickelt wurde.

² <https://ki-macht-schule.de/>

³ <https://www.wissensfabrik.de/it2school/>

⁴ <https://www.ddi.tf.fau.de/schule/unterrichtsmaterialien/ai-unplugged/>

⁵ <https://teachablemachine.withgoogle.com/>

⁶ <https://machinelearningforkids.co.uk/>

Programmierung eigener KI-Algorithmen und Anwendungen

Für die Einbindung von Programmieraufgaben außerhalb des Informatikunterrichts eignen sich besonders visuellen Programmierumgebungen. Scratch ist eine mittlerweile in der Schule weit verbreitete blockbasierte Programmiersprache und kann zur Einführung in die Künstliche Intelligenz genutzt werden. (Estevez, 2019). Außerdem können die Ergebnisse anderer Apps (z.B. Machine Learning for Kids) importiert werden, um die Daten weiter zu verarbeiten und darzustellen.

Mit Snap! steht eine neuere noch mächtigere blockbasierte Programmierumgebung zur Verfügung, die optisch sehr an Scratch erinnert aber deutlich mehr Möglichkeiten bietet und ebenfalls für KI-Projekte genutzt werden kann (Kahn, 2018). Es ist sogar möglich einfache KI-Anwendungen von Grund auf zu programmieren, (z.B. SnAIp – Reinforcement Learning in Snap!⁷, Jatzlau, 2019; Michaeli, 2020). Aus diesem Grunde wird in dem Kurs „KI für Lehramt“ Snap! verwendet, wenn es um Module mit einem Anteil an eigenständiger Programmierung geht.

Der Online Kurs „KI-Lehramt“

Basierend auf den Ergebnissen der Material-Recherche und Rückmeldungen der Studierenden eines Probe-Seminars wurde folgende Kursstruktur entwickelt.

- 1 Einführung
- 2 Grundlagen Maschinelles Lernen (ML)
- 3 Typen des ML
 - 3.1 überwachtes Lernen (supervised learning)
 - 3.2 unüberwachtes Lernen (unsupervised learning)
 - 3.3 Belohnungssysteme (reinforcement learning)
- 4 Methoden des ML
 - 4.1 Klassifizierung
 - 4.2 Regression
 - 4.3 Neuronale Netze
- 5 Abschlussreflexion, Materialiensammlung

Die einzelnen Unterpunkte sind im Wesentlichen ähnlich aufgebaut. Zunächst gibt es zu jedem Thema eine Einführung (Input) in Form eines Videos und/oder Textes. Es schließen sich verschiedene Übungen im H5P-Format an, um insbesondere die fachlichen Grundlagen (der Teilnehmer:innen) zu festigen. Anschließend können die Teilnehmer:innen das Gelernte in verschiedenen Anwendungen ausprobieren und teilweise auch selbst etwas programmieren. Des Weiteren werden beispielhaft Möglichkeiten gezeigt, wie diese Anwendungen im Fachunterricht eingesetzt werden können, worin einer der wichtigsten Unterschiede zu bereits etablierten KI-Kursen besteht. Jedes Kapitel schließt mit einem kleinen Abschluss-Test mit didaktischen und fachlichen Fragestellungen zur Selbstkontrolle. Der Kurs wird Anfang 2023 über die Webseite www.innovation-tank.de zugänglich sein.

⁷ <https://computingeducation.de/proj-snaip-A/>

Literatur

- Atakishiyev, S., Salameh, M., Yao, H., & Goebel, R. (2022). *Explainable artificial intelligence for autonomous driving: An overview and guide for future research directions* (arXiv:2112.11561). arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2112.11561>
- Carney, M., Webster, B., Alvarado, I., Phillips, K., Howell, N., Griffith, J., Jongejan, J., Pitaru, A., & Chen, A. (2020). Teachable Machine: Approachable Web-Based Tool for Exploring Machine Learning Classification. *Extended Abstracts of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1–8. <https://doi.org/10.1145/3334480.3382839>
- Estevez, J., Garate, G., & Graña, M. (2019). Gentle Introduction to Artificial Intelligence for High-School Students Using Scratch. *IEEE Access*, 7, 179027–179036. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2956136>
- Jatzlau, S., Michaeli, T., Seegerer, S., & Romeike, R. (2019). It's not Magic After All – Machine Learning in Snap! Using Reinforcement Learning. *2019 IEEE Blocks and Beyond Workshop (B&B)*, 37–41. <https://doi.org/10.1109/BB48857.2019.8941208>
- Johnson, K. B., Wei, W.-Q., Weeraratne, D., Frisse, M. E., Misulis, K., Rhee, K., Zhao, J., & Snowdon, J. L. (2021). Precision Medicine, AI, and the Future of Personalized Health Care. *Clinical and Translational Science*, 14(1), 86–93. <https://doi.org/10.1111/cts.12884>
- Kahn, K., Megasari, R., Piantari, E., & Junaeti, E. (2018). AI programming by children using Snap! Block programming in a developing country. *Thirteenth European Conference on Technology Enhanced Learning*, 11082. <https://ora.ox.ac.uk/objects/uuid:9a82b522-6f9f-4c67-b20d-be6c53019b3b>
- Lindner, A., Seegerer, S., & Romeike, R. (2019). Unplugged Activities in the Context of AI. In S. N. Pozdniakov & V. Dagienė (Hrsg.), *Informatics in Schools. New Ideas in School Informatics* (S. 123–135). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-33759-9_10
- Martins, R. M., & Gresse Von Wangenheim, C. (2022). Findings on Teaching Machine Learning in High School: A Ten - Year Systematic Literature Review. *Informatics in Education*. <https://doi.org/10.15388/infedu.2023.18>
- Michaeli, T., Seegerer, S., Jatzlau, S., & Romeike, R. (2020). Looking Beyond Supervised Classification and Image Recognition–Unsupervised Learning with Snap! *CONSTRUCTIONISM 2020*, 395.
- Patel, D., & Verma, T. (2022). *APPLICATION OF VOICE ASSISTANT USING MACHINE LEARNING: A COMPREHENSIVE REVIEW*. 21(9), 11.

Daniel Walpert¹
Rita Wodzinski¹

¹Universität Kassel

Die Vermittlung digitaler Kompetenzen im Lehr-Lern-Labor-Setting

Einleitung

Die vertiefte Auseinandersetzung mit technologiebezogenen Inhalten und digitalen Werkzeugen nimmt in der (Physik)-Lehramtsausbildung in Hinblick auf die Vermittlung digitaler Kompetenzen im Regelunterricht einen besonders hohen Stellenwert ein. Neben technologiebezogenen Inhalten sollte jedoch auch der Erwerb technologisch-pädagogischen und technologisch-inhaltlichen Wissens im Rahmen der Lehramtsausbildung adressiert werden. Darüber hinaus stellt die Selbsteinschätzung von Studierenden zur Vermittlung digitaler Kompetenzen eine wichtige Gelingensbedingung zur Gestaltung technologiebezogenen Unterrichts dar, weshalb bereits im Studium Möglichkeiten zur Erprobung und Umsetzung technologiebezogenen Unterrichts angeboten werden sollten (Redecker, 2017).

In diesem Beitrag wird ein Forschungsvorhaben vorgestellt, welches sich mit der Entwicklung und Evaluation von Lernarrangements auseinandersetzt, die eine Förderung technologiebezogener Kompetenzen (TK, TPK, TCK, TPCK) erzielen sollen (TPACK-Modell nach Mishra & Koehler, 2006). Darüber hinaus wird untersucht, welche Einstellungen die Studierenden in Bezug auf die Vermittlung digitaler Kompetenzen im Physikunterricht haben und inwieweit sich die Teilnahme an einem Lehr-Lern-Labor-Settings auf die Selbstwirksamkeit zum Einsatz digitaler Werkzeuge auswirkt.

Projekt PRONET-D

Das vorgestellte Forschungsvorhaben ist Teil des Projekts PRONET-D „Professionalisierung im Kasseler Digitalisierungsnetzwerk“ der Universität Kassel. Das Gesamtprojekt beschäftigt sich mit der Förderung digitaler Kompetenzen von angehenden Lehrkräften und knüpft an das vorangegangene Projekt PRONET „Professionalisierung durch Vernetzung“ an.¹

Theoretische Rahmung

Durch den Beschluss der Kultusministerkonferenz 2017 wurde die integrative Vermittlung digitaler Kompetenzen im Regelunterricht festgelegt (Kultusministerkonferenz, 2017). Eine gelungene Umsetzung der dort formulierten Ziele kann nur erfolgen, wenn angehende Lehrkräfte über eine hohe Selbstwirksamkeitserwartung im Umgang mit digitalen Werkzeugen verfügen und ihnen die Relevanz digitaler Kompetenzen für die Zukunft der Schülerinnen und Schüler bewusst ist (Redecker, 2017; Blömecke, 2017). Neben der Einstellung der Studierenden sind auch deren digitale Kompetenzen eine wesentliche Gelingensbedingung für die Vermittlung digitaler Kompetenzen (Redecker, 2017).

¹Das diesem Tagungsbeitrag zugrundeliegende Vorhaben wird im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01JA2012 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.

Wenngleich die Einstellungen von Lehramtsstudierenden zum Einsatz digitaler Werkzeuge eher positiv sind, schätzen sich diese jedoch (im Vergleich zu Studierenden anderer Studiengänge) als weniger digital kompetent ein (Bertelsmann Stiftung, 2017; Farjon et al., 2019; Hanekamp, 2014; Vogelsang et al., 2019). Auch die geringe Einschätzung von Lehrkräften in Bezug auf deren digitale Kompetenzen und das technologisch-pädagogische Wissen zeigt den Handlungsbedarf zur Förderung technologiebezogener Kompetenzen in der Physik-Lehramtsausbildung auf (Initiative D21 e.V., 2016; Schmidt et al., 2020). Für die Planung und Umsetzung digitalen Unterrichts in Verbindung mit einer Förderung technologiebezogener Kompetenzen stellt die Lehramtsausbildung für angehende Physik-Lehrkräfte deshalb eine wichtige Grundlage dar (Eickelmann et al., 2016).

Im Rahmen eines fachdidaktischen Experimentierpraktikums soll eine gestufte Förderung technologiebezogener Kompetenzen bei den Studierenden erzielt werden. Gleichzeitig sollen durch die abschließende Gestaltung einer Unterrichtsstunde im Rahmen eines Lehr-Lern-Labor-Settings Möglichkeiten geschaffen werden, um praktische Erfahrungen im unterrichtlichen Umgang mit digitalen Werkzeugen zu sammeln.

Zielsetzung des Projekts

Das Ziel des Projekts ist die Entwicklung und Evaluation von Lernarrangements zur Förderung technologiebezogener Kompetenzen bei Physik-Lehramtsstudierenden. Innerhalb der Lernarrangements findet eine Verzahnung von Fachinhalten und technologiebezogenen Inhalten sowie ein gestufter Aufbau digitaler Kompetenzen statt. Die Lernarrangements sollen in ein bestehendes fachdidaktisches Praktikum integriert werden, welches in den ersten vier Semestern der Physik-Lehramtsausbildung stattfindet. Es werden die Einstellungen und mögliche Einstellungsänderungen der Studierenden durch die Förderung technologiebezogener Kompetenzen und durch die Teilnahme am Lehr-Lern-Labor-Setting untersucht.

Forschungsfragen

Angelehnt an die Zielsetzung des Forschungsvorhabens ergeben sich folgende Forschungsfragen:

- Welche Einstellungen haben Studierende in Bezug auf die Vermittlung digitaler Kompetenzen im Physikunterricht?
- Wie wirkt sich die Teilnahme an der Lernumgebung und eine damit verbundene Förderung von technologiebezogenen Wissenskomponenten auf die Einstellungen der Studierenden zur Vermittlung digitaler Kompetenzen aus?

Methodik

Die Erfassung der Einstellungen der Studierenden zur Vermittlung digitaler Kompetenzen und zum Einsatz digitaler Werkzeuge erfolgt mithilfe teilstrukturierter Interviews jeweils zum Beginn und zum Ende der vier Semester (Helfferich, 2011). Die Einstellungen werden in folgende Einstellungsfacetten zusammengefasst: Selbstwirksamkeitserwartung zur Vermittlung digitaler Kompetenzen im Physikunterricht (Redecker, 2017), Motivation zur Auseinandersetzung mit digitalen Werkzeugen, wahrgenommene Relevanz digitaler Kompetenzen (Blömeke, 2017) und die Einschätzung zur prinzipiellen Umsetzbarkeit der

Integration digitaler Lerngelegenheiten im Physikunterricht. Die Interview-Auswertung erfolgte mithilfe einer induktiven qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2015) und Kuckartz (2012), wobei die Kategorienbildung induktiv und auf Grundlage der Studierendenaussagen stattfand.

Die hier vorgestellten (ersten) Ergebnisse beziehen sich auf zehn Studierende, die alle vier fachdidaktischen Experimentierpraktika vom ersten bis vierten Semester besucht und an insgesamt fünf Interviews (jeweils vor und nach den Veranstaltungen) teilgenommen haben. Der Erhebungszeitraum war vom Wintersemester 2020/21 bis zum Sommersemester 2022. Im Folgenden werden die ersten Ergebnisse der Prä-Interviews vor dem Beginn des ersten Semesters sowie nach der Teilnahme am Lehr-Lern-Labor-Setting vorgestellt.

Erste Ergebnisse

Vor der Teilnahme am fachdidaktischen Praktikum im ersten Semester berichteten die Studierenden größtenteils von einer hohen Selbstwirksamkeitserwartung im Umgang mit digitalen Werkzeugen, die sich jedoch lediglich auf den außerunterrichtlichen Einsatz bezieht. Demnach trauen sich die Studierenden zu, technische Schwierigkeiten zu lösen und sich selbstständig in neue digitale Werkzeuge einzuarbeiten. Den unterrichtlichen Einsatz dieser traut sich die Mehrheit der Studierenden aufgrund von möglicherweise auftretenden technischen Problemen nicht zu.

Darüber hinaus geben die Studierenden an, dass ihnen die Antizipation und der Umgang mit Schülerschwierigkeiten bei der Vermittlung digitaler Kompetenzen im Unterricht schwerfällt. Die Studierenden äußern weiter, dass sie (auch aufgrund der fehlenden Unterrichtspraxis) nicht einschätzen können, welche (technischen) Schwierigkeiten bei den Schülerinnen und Schülern im Umgang mit digitalen Werkzeugen auftreten können und wie mit diesen umgegangen werden kann. In diesem Zusammenhang fällt es den Studierenden ebenfalls schwer, die Vorerfahrungen und bereits vorhandenen digitalen Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler einzuschätzen.

Die Motivation und das Interesse der Studierenden in Bezug auf die Auseinandersetzung und den unterrichtlichen Einsatz digitaler Werkzeuge ist insgesamt sehr hoch, sofern die digitalen Werkzeuge einen Mehrwert für die Lehrkraft (zum Beispiel für die Unterrichtsorganisation oder die Aufbereitung von Lerninhalten) haben oder wenn die Förderung digitaler Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler erfolgen kann. Hierbei sollen nach Aussage der Studierenden spezifische digitale Werkzeuge nach Möglichkeit längerfristig im Unterricht eingesetzt werden, um Fachinhalte parallel zu technologiebezogenen Inhalten zu vermitteln.

Eine erste (vorläufige) Einteilung der Argumentationsmuster der Studierenden zum Einsatz digitaler Werkzeuge erfolgt in drei Kategorien: 1. Durch die eigene Technikaffinität der Studierenden ist der Einsatz digitaler Werkzeuge attraktiv. Die Studierenden suchen nach eigener Aussage neue Möglichkeiten, um digitale Werkzeuge (im Unterrichtskontext) einzusetzen. 2. Die Studierenden würden digitale Werkzeuge einsetzen, wenn diese einen Mehrwert für die Lehrkraft oder die Schülerinnen und Schüler bieten. Der Schwerpunkt liegt hierbei auf der Vermittlung digitaler Kompetenzen und der Veranschaulichung von

Lerninhalten. 3. Der Einsatz digitaler Werkzeuge im Unterricht wird aufgrund von möglicherweise auftretenden technischen Schwierigkeiten vermieden.

Ausblick

Die Datenerhebung ist mit dem Ende des Sommersemesters 2022 abgeschlossen. In einem nächsten Schritt sollen die mithilfe der Interviews erfassten Einstellungen der Studierenden über alle Semester hinweg verglichen und damit eine mögliche Einstellungsänderung zur Vermittlung digitaler Kompetenzen und zum Einsatz digitaler Werkzeuge erreicht werden. Auf Grundlage der Daten sollen Elemente identifiziert werden, die sich möglicherweise auf die Einstellungen ausgewirkt haben. Nach einer erneuten Überarbeitung der Lernarrangements sollen diese innerhalb des fachdidaktischen Praktikums verstetigt werden.

Literatur

- Bertelsmann Stiftung (Hrsg.) (2017). Monitor Digitale Bildung. Die Hochschule im digitalen Zeitalter. https://www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/BSSt/Publikationen/GrauePublikationen/DigiMonitor_Hochschulen_final.pdf. Zugegriffen: 10.10.2020.
- Blömeke, S. (2017). Erwerb medienpädagogischer Kompetenz in der Lehrerbildung. Modell der Zielqualifikation, Lernvoraussetzungen der Studierenden und Folgerungen für Struktur und Inhalte des medienpädagogischen Lehramtsstudiums. *Medienpädagogik – Zeitschrift Für Theorie und Praxis der Medienbildung*, 3, 231–244.
- Eickelmann, B., Lorenz, R., & Endberg, M. (2016). Die Relevanz der Phasen der Lehrerbildung hinsichtlich der Vermittlung didaktischer und methodischer Kompetenzen für den schulischen Einsatz digitaler Medien in Deutschland und im Bundesländervergleich. In I. W. Bos, R. Lorenz, M. Endberg, B. Eickelmann, R. Kammerl & S. Welling (Hrsg.), *Schule digital – der Länderindikator 2016. Kompetenzen von Lehrpersonen der Sekundarstufe I im Umgang mit digitalen Medien im Bundesländervergleich* (S. 148–179). Münster: Waxmann.
- Initiative D21 e.V. (2016). *Sonderstudie „Schule Digital“*. Lehrwelt, Lernwelt, Lebenswelt: Digitale Bildung im Dreieck SchülerInnen-Eltern-Lehrkräfte.
- Farjon, D., Smits, A., & Voogt, J. (2019). Technology integration of pre-service teachers explained by attitudes and beliefs, competency, access, and experience. *Computers & Education*, 130, 81–93.
- Hanekamp, G. (2014). Zahlen und Fakten: Allensbach-Studie 2013 der Deutsche Telekom Stiftung. In J. Maxton-Küchenmeister & J. Meßinger-Koppelt (Hrsg.), *Digitale Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht* (S. 21–28). Hamburg: Joachim Herz Stiftung Verlag.
- Helfferich, C. (2011). *Die Qualität qualitativer Daten: Manual für die Durchführung qualitativer Interviews*. Wiesbaden: VS, Verl. für Sozialwiss.
- Kuckartz, Udo (2012). Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung. Weinheim und Basel: Beltz Juventa, S. 188. In: *Journal for educational research online*, 6(2), 141–145.
- Kultusministerkonferenz (2017). Bildung in der digitalen Welt. Strategie der Kultusministerkonferenz. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2018/Strategie_Bildung_in_der_digitalen_Welt_idF_vom_07.12.2017.pdf. Zugegriffen: 08.10.2021.
- Mayring, P. & Fenzl, T. (2019). Qualitative Inhaltsanalyse. In: Nina Baur und Jörg Blasius (Hrsg.): *Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, S. 633–648.
- Mishra, P. & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge. A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017–1054.
- Redecker, C. (2017). European framework for the digital competence of educators. DigCompEdu. *EUR, Scientific and technical research series*, Bd. 28775. Luxembourg: Publications Office.
- Schmid, M., Krannich, M. & Petko, D. (2020). Technological Pedagogical Content Knowledge. Entwicklungen und Implikationen. *Journal für LehrerInnenbildung*, 20(1), 116–124.

Christian Dictus-Christoph¹
Rüdiger Tiemann¹

¹Humboldt-Universität zu Berlin

Förderung von Critical Thinking mit der Lernumgebung MINT-Town

Einleitung

Die fortschreitende Digitalisierung birgt neben zahlreichen Einsatzmöglichkeiten in unterschiedlichen Lebensbereichen auch neuartige Herausforderungen, wie zum Beispiel den Umgang mit der umfassenden Verfügbarkeit von Informationen sowie die steigende Komplexität und Dynamik aktueller und zukünftiger Themengebiete (z.B. Pandemie, Klimaschutz, Energiekrise). Um Schüler:innen angemessen auf diese Herausforderungen vorzubereiten, ist die Förderung der „key competencies for lifelong learning“ (EU, 2019) bzw. der „21st Century Skills“ (OECD, 2018) von zentraler Bedeutung. Eine dieser Kompetenzen - Critical Thinking - wird in der von uns entwickelten spielbasierten digitalen Lernumgebung MINT-Town adressiert, welche zudem durch den gezielten Einsatz von Gamification-Elementen zu einer ausgiebigen Auseinandersetzung mit den fachbezogenen Inhalten motiviert.

Theoretische Rahmung

Critical Thinking ist ein vielfach beschriebenes Konstrukt, das beispielsweise von Ennis (1987) als „angemessenes Denken“ definiert wird, „welches darauf ausgerichtet ist, was man denken oder tun sollte“. Im Rahmen der APA Delphi Studie (1988-1990) wurde dieses Konstrukt von Experten aus verschiedenen Fachbereichen in „affektive Dispositionen“ und „kognitive Fähigkeiten“ unterteilt (Facione, 1990). Parallel dazu entwickelte Ennis (2011) seine eigene Liste von „critical thinking abilities“ weiter, die eine gute Basis darstellt, um Teilfähigkeiten des Critical Thinking identifizieren und gezielt fördern zu können. Diese kognitiven Fähigkeiten gewinnen in Hinblick auf die fortschreitende Digitalisierung und der damit verbundenen globalen Vernetzung, steigenden Komplexität aktueller Themen und der leichten Verfügbarkeit großer Informationsmengen zunehmend an Bedeutung.

Eine zentrale Herausforderung bei der Konzipierung einer zeitgemäßen Lernumgebung ist es, dass sich die Schüler:innen hinreichend lange mit dieser auseinandersetzen. Insbesondere bei komplexen Inhalten und Konstrukten wie dem Critical Thinking sind motivierende Bestandteile von besonderer Bedeutung. Unter dieser Prämisse haben wir eine spielbasierte digitale Lernumgebung entwickelt, welche einerseits die Möglichkeit bietet, authentische Kontexte darzustellen und andererseits die Einbettung motivierender Gamification-Elemente ermöglicht. Gamification bezeichnet dabei die Implementierung von Designelementen aus der Videospielebranche in andere Kontexte (Deterding et al., 2011) zur Erhöhung der Motivation, beispielsweise um - im Kontext des Lernens - das Lösen von Problemen zu unterstützen (Kim et al., 2018).

Lernumgebung

Die digitale Lernumgebung MINT-Town besteht aktuell aus drei Szenarien (Abb. 1), welche mit der Software „RPG Maker MV“ (Gotcha Gotcha Games Inc., 2015) nach dem FDDLE

Framework (Tiemann & Annaggar, 2020) entwickelt und in mehreren Überarbeitungszyklen angepasst wurden (Dictus & Tiemann, 2021).

Das erste Szenario dient als Tutorial und bietet Spieler:innen die Möglichkeit, sich mit der Spielsteuerung vertraut zu machen sowie erste Teilfähigkeiten des Critical Thinking (z.B. „Analyse von Argumenten“, „Fokus auf eine Fragestellung“, „Beobachten“) am authentischen Kontext eines eutrophierten Teiches zu erproben.



Abb. 1: Die Spieler:innen von MINT-Town werden in den drei Szenarien mit authentischen Problemkontexten konfrontiert: Tutorial (eutrophiertes Teich), Apfelhain (Duftstoffe und Wespen) und Bergregion (Glycerin aus Fetten) (v.l.n.r.).

Die Szenarien Apfelhain und Bergregion dienen der Vertiefung und Anwendung erworbener Kenntnisse aus dem Tutorial auf chemiespezifische Kontexte (Duftstoffe & Wespen; Glycerin aus Fetten). Sie orientieren sich mit dem Thema „Synthese und Analyse von Estern“ am Berliner Rahmenlehrplan für Chemie der Klassenstufe 10 (LISUM, 2015) und bieten zudem Lerngelegenheiten in anderen Teilbereichen des Critical Thinking (z.B. das „Reflektieren des Lösungsweges“ oder das „Bewerten der Glaubwürdigkeit von Quellen“).

Instrumente & Design der Vorstudie

In einer Vorstudie mit Lehramtstudierenden der Chemie (N=7) wurden mittels eines Pre-Post-Testdesign verschiedene Teilaspekte von Critical Thinking untersucht. Dafür wurden die 52 Items des Cornell Critical Thinking Z-Level Tests (Ennis et al., 2005) ins Deutsche übersetzt und gleichmäßig aufgeteilt (je 27 Items, die Items der Kategorie 3 „Beobachtung und Glaubwürdigkeit von Quellen“ wurden doppelt eingesetzt).

Im Pretest wurden zusätzlich z.B. die Studienfächer, das Interesse an und Einstellungen zu Naturwissenschaften und Chemie erhoben. Im Posttest wurden der Mental Load und Mental Effort (Krell, 2015) beim Lösen der Aufgaben in den Szenarien von MINT-Town sowie die Usability der Lernumgebung als Android-App erfasst ("System Usability Scale", Brooke, 1996).

Die Daten wurden technologiebasiert mit Limesurvey erhoben. Dazu wurden den Proband:innen Tablets zur Verfügung gestellt. Die Intervention fand ebenfalls auf diesen Geräten in Einzelarbeit statt.

Ausgewählte Ergebnisse der Vorstudie

Für die Bearbeitung der Aufgaben in der Lernumgebung MINT-Town geben die Studierenden im Mittel niedrige Werte für den verwendeten Mental Load und mittlere bis hohe Werte für den eingesetzten Mental Effort an (Abb. 2, links).

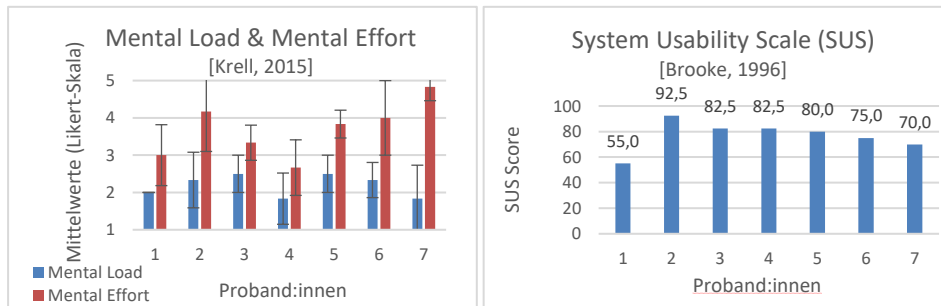


Abb. 2: Mental Load und Mental Effort (Krell, 2015) beim Bearbeiten der Aufgaben in MINT-Town (links); angegebene Usability der MINT-Town Android-App (vgl. "System Usability Scale", Brooke, 1996)(rechts).

Die Usability der MINT-Town Android-App wird überwiegend mit Werten zwischen 70 und 92,5 auf der „System Usability Scale“ (Brooke, 1996) bewertet (Abb. 2, rechts), was „gut“ bis „exzellent“ auf der „adjective rating scale“ (Bangor et al., 2008) entspricht.

Der Anteil an gelösten Aufgaben im gesamten CT-Test nimmt bei den Proband:innen von Pre- zu Posttest tendenziell zu (Abb. 3). Diese positive Tendenz lässt sich bei 5 von 7 Teilkategorien des CT-Tests finden (1 Deduktion, 2 Bedeutung und Irrtum, 4 Testen von Hypothesen, 5 Planen von Experimenten, 6 Identifikation von Definitionen und Annahmen). Kategorie 3 zeigt keine und Kategorie 7 (Identifikation von Definitionen und Annahmen) eine negative Tendenz beim Anteil gelöster Aufgaben von Pre- zu Posttest.

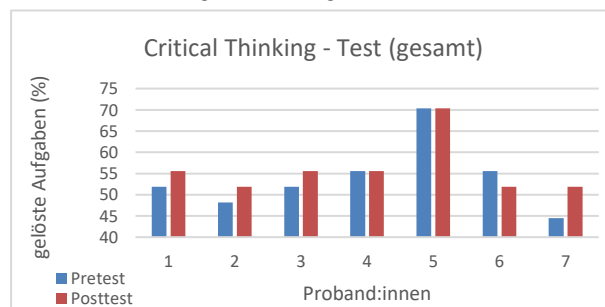


Abb. 3.: Anteile gelöster Items im Critical Thinking Test (Pre/Post).

Fazit & Ausblick

Wie sich an der Variable Mental Load zeigt, waren die für die Klassenstufe 10 konzipierten Aufgaben in den Szenarien von MINT-Town erwartungsgemäß zu leicht für Gruppe der Lehramtsstudierenden Chemie. Dennoch konnten für die meisten Kategorien des Critical Thinking Tests leicht positive Tendenzen in der Lösungshäufigkeit von Pre- zu Posttest gefunden werden. Diese Tendenzen sind in den Kategorien 3 und 7 nicht zu erkennen, was vermutlich auf einen Erinnerungseffekt und einen Effekt von Testmüdigkeit zurückzuführen ist. Die Lernumgebung wird voraussichtlich Anfang 2023 mit Schüler:innen evaluiert.

Danksagung

Das Projekt wird von der Deutschen Telekom Stiftung im Rahmen der Initiative „Die Zukunft des MINT Lernens“ finanziell gefördert.

Literatur

- Bangor, A., Kortum, P. T., & Miller, J. T. (2008). An Empirical Evaluation of the System Usability Scale. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 24(6), 574-594. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/10447310802205776>
- Brooke, J. (1996). SUS: A 'quick and dirty' usability scale. In P. W. Jordan, B. Thomas, I. L. McClelland, & B. Weerdmeester (Eds.), *Usability evaluation in industry* (pp. 189-194). Taylor & Francis.
- Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., & Nacke, L. (2011, 28.-30.09). From Game Design Elements to Gamefulness: Defining "Gamification". MindTrek '11 Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments, Tampere, Finland.
- Dictus, C., & Tiemann, R. (2021, 01.-02.07.). Fostering Critical Thinking by a Gamification Approach. 11th International Conference - The Future of Education (Virtual Edition), Firenze, Italy.
- Ennis, R. H. (1987). A taxonomy of critical thinking dispositions and abilities. In J. B. Baron & R. J. Sternberg (Eds.), *Teaching thinking skills: Theory and practice* (pp. 9-26). W H Freeman/Times Books/ Henry Holt & Co.
- Ennis, R. H. (2011). Critical Thinking: Reflection and Perspective - Part I. *Inquiry - Critical Thinking Across the Disciplines*, 26(1), 4-18.
- Ennis, R. H., Millman, J., & Tomko, T. N. (2005). *Cornell Critical Thinking Tests - Level X & Level Z Manual* (5., revised ed.). The Critical Thinking Co.
- EU [European Union]. (2019). Key competencies for lifelong learning. In E. Commission (Ed.), *Education and Training* (pp. 1-20). Luxembourg.
- Facione, P. A. (1990). *Critical Thinking: A Statement of Expert Consensus for Purposes of Educational Assessment and Instruction*. Insight Assessment. <https://eric.ed.gov/?id=ED315423>
- Gotcha Gotcha Games Inc. (2015). *RPG Maker MV* (1.62) [Software]. In KADOKAWA Corporation & Degica Co., Ltd. <https://www.rpgmakerweb.com/company>
- Kim, S., Song, K., Lockee, B., & Burton, J. (2018). *Gamification in Learning and Education*. Springer. <https://doi.org/19.1007/978-3-319-47283-6>
- Krell, M. (2015). Evaluating an instrument to measure mental load and mental effort using Item Response Theory. *Science Education Review Letters*, 1-6.
- LISUM [Landesinstitut für Schule und Medien Berlin-Brandenburg]. (2015). *Rahmenlehrplan Online: Teil C, Chemie, Jahrgangsstufen 7-10*. SenBJF [Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Familie], MinBJS [Ministerium für Bildung Jugend und Sport des Landes Brandenburg]. Abgerufen am 21.01.2021 https://bildungsserver.berlin-brandenburg.de/fileadmin/bbb/unterricht/rahmenlehrplaene/Rahmenlehrplanprojekt/amtliche_Fassung/Teil_C_Chemie_2015_11_10_WEB.pdf
- OECD. (2018). *The Future of Education and Skills - Education 2030*. OECD Publishing.
- Tiemann, R., & Annaggar, A. (2020). A framework for the theory-driven design of digital learning environments (FDDLEs) using the example of problem-solving in chemistry education. *Interactive Learning Environments*, 1-14. <https://doi.org/10.1080/10494820.2020.1826981>

Erik Kremser¹
 Christoph Thyssen²
 Johannes Huwer³
 Sebastian Becker⁴
 Till Bruckermann⁵
 Alexander Finger⁶
 Monique Meier⁵
 Lars-Jochen Thoms³
 Lena von Kotzebue⁷

¹TU Darmstadt
²TU-Kaiserslautern
³Universität Konstanz
⁴Universität zu Köln
⁵Universität Hannover
⁶Universität Leipzig
⁷Universität Salzburg

Ko2-DiLAN-P1: Förderung digitaler Kompetenzen im Physiklehramtsstudium

Einleitung und theoretischer Hintergrund

In ihrer Strategie „Bildung in der digitalen Welt“ (KMK, 2016) wurden digitalisierungsbezogene Kompetenzen (dKs) formuliert, die Schülerinnen und Schüler bis zum Ende ihrer Schulzeit erwerben sollen. Dies erfordert adäquat ausgebildete Lehrkräfte, die neben fachlichen und fachdidaktischen Kompetenzen auch über dKs verfügen. Um dies zu gewährleisten, hat die KMK die Forderung formuliert, dass in der ersten Phase der Lehrkräftebildung an den Hochschulen in Deutschland die Curricula, die Didaktik und die Organisation der Lehre derart angepasst und weiterentwickelt werden sollen, dass dKs zum Gegenstand von Studium und Lehre werden (KMK, 2016).

Obwohl der Einsatz digitaler Technologien und Methoden (im Folgenden mit dTMs abgekürzt) fester Bestandteil der Lehrveranstaltungen an Universitäten ist, verfügen nur wenige Studierende über die Fähigkeiten diese so in Lehr-Lern-Prozesse zu integrieren, dass die Fachinhalte zielgruppengerecht vermittelt werden können, da ihnen allein die Vorerfahrungen aus dem Studium fehlen (Vogelsang et al., 2019). Ein Grund dafür könnte sein, dass in den Lehramtsstudiengängen die Nutzung der dTMs, wenn überhaupt, nur in vereinzelt Lehrveranstaltungen reflektiert wird (z.B. Universität Frankfurt oder Groß-Heilmann et al., 2021). Wie auch das Lernen fachlicher und fachdidaktischer Inhalte erfordert die Kompetenzentwicklung zur Integration von dTMs in Lehr-Lern-Prozessen Zeit, da dies auf Erfahrung in praktischen Phasen basiert und das Einüben notwendiger Fertigkeiten erfordert. Im Projekt Ko2-DiLAN-P1 (ko-konstruktive Implementation dKs in die Studiengänge der Lehramter der Naturwissenschaften in der ersten Phase) wird beabsichtigt, den Studierenden von Beginn des Studiums an Nutzungsmöglichkeiten aufzuzeigen und Anregungen zu geben und die Nutzung von dTMs zu motivieren und sich in diesem Bereich persönliche Ziele zu setzen. Durch die Erzeugung von Dissonanzen sollen Vorurteile irritiert und konzeptionelle Veränderungsprozesse ausgelöst werden (Lipowski, 2010).

Als Basis für die zu vermittelnden dKs wurde der Orientierungsrahmen DiKoLAN (Digitale Kompetenzen für das Lehramt in den Naturwissenschaften, Becker et al., 2020) gewählt, in dem aus fachspezifischer Perspektive dKs auf der Ausführungsebene beschrieben werden. Die Gliederung der Kompetenzerwartungen nach dem TPACK-Modell (Mishra & Köhler, 2006) bietet Schnittstellen zu den Fach- und Bildungswissenschaften, so dass die Implementation digitalisierungsbezogener Kompetenzerwartungen auf viele an der Lehrkräftebildung Beteiligte aufgeteilt und zugeordnet werden kann (Thoms et al., 2021).

Aufgrund der Freiheit der Lehre nehmen die Dozierenden freiwillig an diesem Projekt teil. Gemeinsam mit den jeweilig verantwortlichen Dozierenden werden aus DiKoLAN zu integrierende Kompetenzerwartungen für die jeweilige Lehrveranstaltung ausgewählt und die Vorgehensweise erarbeitet, dTMs in dieser Lehrveranstaltung sach-, ziel- und adressatengerecht zu implementieren. Angepasst an den jeweiligen Kompetenzstand der Dozierenden werden zunächst nur minimale Veränderungen in Aufbau und Durchführung der Lehrveranstaltungen vorgenommen und - in Anlehnung an das SAMR-Modell (Puentedura, 2006) - auf dem Niveau der Substitution dKs in Lehr-Lern-Prozesse integriert. Dies dient dazu, die Dozierenden nicht zu überfordern und durch erfolgreichen Umgang mit dTMs einen sicheren Umgang mit diesen aufzubauen. Zudem ist beabsichtigt, dass sowohl die Studierenden als auch die Dozierenden Erfahrungen in der bisher ungewohnten Reflexion über den Einsatz von dTMs sammeln, indem sie ihre Beobachtungen austauschen und mögliche Alternativen diskutieren.

Es ist beabsichtigt, dass mit den Kompetenzen der beteiligten Personen alle Beteiligten ko-konstruktiv voneinander und miteinander lernen. Ohne die Grundlagen zu ermitteln, warum eine Methode funktioniert oder nicht, werden Lehr-Lern-Prozesse entwickelt. Der hier beschriebene Prozess steht im Einklang mit der Methode der partizipativen Aktionsforschung (Eilks & Ralle, 2006). Da sowohl die Dozierenden als auch Studierenden geschult werden, handelt es sich um eine ko-konstruktive partizipative Aktionsforschung.

Es werden u.a. folgende Forschungsfragen behandelt:

FF1: Wie können Dozierende die benötigten dK erwerben, die sie benötigen, um den Studierenden die Möglichkeit zu eröffnen dKs zu erwerben?

FF2: Wie beurteilen die Dozierenden die jeweilig gewählte(n) Methode(n) zur Implementation dKs.

Methode

Da sich die Lehrveranstaltungen bzgl. ihrer Gestaltung (Vorlesung, Seminar, Praktikum) und der bisher integrierten dTMs stark unterscheiden, ist ein einheitliches Vorgehen nicht möglich. Entsprechend der partizipativen Aktionsforschung werden mit Beginn des WiSe 21/22 für jede der elf für die Studiengänge Lehramt Physik exklusiven Lehrveranstaltung gemeinsam mit den Dozierenden die zu adressierenden Kompetenzbereiche und Kompetenzerwartungen aus DiKoLAN ausgewählt (z.B. Präsentieren sowie Simulation und Modellierung, Becker et al. 2020) und die Forschungsmethoden vereinbart (z.B. teilnehmende Beobachtung in den Lehrveranstaltungen, in denen dTMs genutzt werden, kollaborativ geführtes Dokument der Dozierenden und Forschenden zur Lehrveranstaltung oder DiKoLAN-Grid zur Selbstauskunft zu den Kompetenzerwartungen aus DiKoLAN, von Kotzebue et al., 2021). Entsprechend der partizipativen Aktionsforschung ist eine Implementation der dKs in die Lehrveranstaltungen in mehreren Schleifen vorgesehen. Momentan befinden sich alle Lehrveranstaltungen in der Orientierungsschleife des partizipativen Prozesses. Im Austausch mit den Dozierenden wird die Implementation digitaler Technologien und Methoden beständig reflektiert und nach Bedarf angepasst. Als Grundlage hierfür dienen Gespräche direkt nach der Lehrveranstaltung und die Eintragungen im kollaborativ geführten Dokument zur Lehrveranstaltung, in dem durch die Projektforschenden die Nutzung von dTMs bei der teilnehmenden Beobachtung dokumentiert und mit Fragen und Anmerkungen versehen wird.

Erste Ergebnisse

Die Ergebnisse sind rein deskriptiv und basieren auf den kollaborativ geführten Dokumenten, den geführten Gesprächen nach den Lehrveranstaltungen sowie den Gruppeninterviews mit den Studierenden und den Interviews mit den Dozierenden am Ende des WiSe21/22.

Das Potenzial Lehr-Lern-Prozesse durch die Nutzung von dTMs sach-, ziel- und adressatengerecht zu gestalten, wird von den Dozierenden oft nicht gesehen. Nach Aussage der Studierenden in Gruppeninterviews, an denen im Mittel 40% der in den Lehrveranstaltungen Anwesenden teilgenommen haben, wird die Reflexion der Nutzung von dTMs sehr selten und hauptsächlich bei Anwesenheit des Projektforschenden durchgeführt. Sowohl von Seiten der Dozierenden als auch der Studierenden besteht nur wenig Interesse an einem kollaborativ durchgeführten Dokument. Sie bevorzugen einen verbalen Austausch untereinander direkt nach der jeweiligen Lehrveranstaltung.

Zu beobachten ist, dass die Studierenden sich aufgrund der Thematisierung seitens der Dozierenden aktiv mit dTMs auseinandersetzen. Dies bestätigen sie in den Gruppeninterviews und betonen in diesem Zusammenhang, dass sie sich mehr geeignete Anwendungsmöglichkeiten und mehr Anerkennung dafür in Form der Reflexion der Nutzung wünschen. Während der teilnehmenden Beobachtung wurde deutlich, dass das Engagement der Studierenden dTMs zu nutzen stark vom Engagement der Dozierenden abhängig ist. Wenn die Nutzung seitens der Dozierenden nicht thematisiert wird, bringen auch die Studierenden diese Thematik nicht zur Sprache.

Die Dozierenden haben die individuellen Fort- und Weiterbildungen zum Erwerb der benötigten Fertigkeiten nach ihren eigenen Aussagen sehr gerne angenommen (mit Bezug zu FF1) und diese als sehr hilfreich und angemessen in den Interviews bewertet (mit Bezug zu FF2).

Fazit und Ausblick

Die unterschiedlichen Integrationsmöglichkeiten von dKs in Vorlesungen, Seminaren und Praktika legt nahe, dass die dKs nicht, wie beispielsweise von Herzig und Kollegen angenommen wurde, auf separaten, einfach latenten Konstrukten basieren (vgl. Herzig et al., 2015), sondern eher auf einer Vermischung und gegenseitigen Beeinflussung dieser. So konnten allgemeingültige Aussagen bezüglich der Motivation und Interesse an der Nutzung von dTMs und der Reflexion der Nutzung zugeordnet zu Vorlesungen, Seminaren und Praktika bisher nicht gefunden werden. Dies lässt sich mit den individuellen Sozialisierungsprozessen und den damit verbundenen Einstellungen begründen. Auf der Seite der Studierenden muss berücksichtigt werden, dass die Lehr- und Lerngelegenheiten stark von den Kompetenzen und Einstellungen der Dozierenden geprägt werden. Daher setzt dieses Projekt bei der Unterstützung der Dozierenden an, Erfahrung zu sammeln dTMs sach-, ziel- und adressatengerecht in Lehr-Lern-Prozesse zu integrieren.

Ich danke den Dozierenden der Lehrveranstaltungen der Studiengänge Lehramt Physik am Fachbereich Physik der TU Darmstadt für ihre Unterstützung dieses Projekts, insbesondere für die Möglichkeit der teilnehmenden Beobachtung in den Lehrveranstaltungen, für zahlreiche Gespräche und die Teilnahme an den Interviews. Den Studierenden danke ich für ihre Bereitschaft sich auf die Integration von dTMs in Lehr-Lern-Prozessen einzulassen und an Befragungen ebenso teilzunehmen wie an Gruppeninterviews.

Literatur

- Becker, S., Meßinger-Koppelt, J., Thyssen, C. (2020). Digitale Basiskompetenzen Orientierungshilfe und Praxisbeispiele für die universitäre Lehramtsausbildung in den Naturwissenschaften. Joachim Herz Stiftung.
- Eilks, I., Ralle, B. (2006). Partizipative Fachdidaktische Aktionsforschung. Ein Modell für eine begründete und praxisnahe curriculare Entwicklungsforschung in der Chemiedidaktik, in CHEMKON 8/2, 13-18.
- Große-Heilmann, R., Riese, J., Burde, J.-P., Schubatzky, T., Weiler, D. (2021). Erwerb und Messung physikdidaktischer Kompetenzen zum Einsatz digitaler Medien. *PhyDid B - Didaktik Der Physik - Beiträge Zur DPG-Frühjahrstagung*, 1. <https://ojs.dpg-physik.de/index.php/phydid-b/article/view/1127>
- Herzig, B., Martin, A., Schaper, N., Ossenschmidt, D. (2015). Modellierung und Messung medienpädagogischer Kompetenz – Grundlagen und erste Ergebnisse. In B. Koch-Priewe, A. Köker, J. Seifried & E. Wuttke (Hrsg.), *Kompetenzerwerb an Hochschulen: Modellierung und Messung. Zur Professionalisierung angehender Lehrerinnen und Lehrer sowie frühpädagogischer Fachkräfte* (S. 153–176). Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.
- Kultusministerkonferenz (KMK) (2016). *Bildung in der digitalen Welt: Strategie der Kultusministerkonferenz*. Berlin.
- Lipowski, F. (2010). Lernen im Beruf – Empirische Befunde zur Wirksamkeit von Lehrerfortbildungen. In: Müller, F.H., Lüders, M., Mayr, J. (Hrsg.). *Lehrerinnen und Lehrer lernen. Konzepte und Befunde zur Lehrerfortbildung*, S. 56.
- Mishra, P., Köhler, M.J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. In *Teach. Coll. Rec.* 108, 1017–1054. <https://journals.sagepub.com/doi/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x>.
- Puentedura, R. (2006). Transformation, technology, and education [Blog post]. <http://hippasus.com/resources/tte/>.
- Thoms, L.-J., Meier, M., Huwer, J., Thyssen, C., von Kotzebue, L., Becker, S., Kremser, E., Finger, A., Bruckermann, T. (2021). DiKoLAN – A framework to identify and Classify Digital Competencies for Teaching in Science Education and to Restructure Pre-Service Teacher Training. In E. Langran and L. Archambault, *Society for Information Technology & Teacher Education International Conference*, 1652-1657, Association for the Advancement of Computing in Education (AACE). <https://www.learntechlib.org/primary/p/219329/>.
- Vogelsang, C., Finger, A., Laumann, D., Thyssen, C. (2019). Vorerfahrungen, Einstellungen und motivationale Orientierungen als mögliche Einflussfaktoren auf den Einsatz digitaler Werkzeuge im naturwissenschaftlichen Unterricht. In *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 1–15.
- Von Kotzebue, L., Meier, M., Finger, A., Kremser, E., Huwer, J., Thoms, L.-J., Becker, S., Bruckermann, T., Thyssen, C. (2021). The Framework DiKoLAN (Digital Competencies for Teaching in Science Education) as Basis for the Self-Assessment Tool DiKoLAN-Grid. In *Educ. Sci.*, 11, 775. <https://doi.org/10.3390/educsci11120775>.

Markus Peschel¹
 Tim Billion-Kramer²
 Luisa Lauer¹
 Patrick Peifer¹
 Marie Fischer¹
 Eva Bühler²
 Bettina Grab²
 Justin Gantenbein¹
 Vanessa Lang¹
 Christopher W. M. Kay¹

¹Universität des Saarlandes
²Pädagogische Hochschule Heidelberg

„Mittler“ zwischen Lernenden und MINT

Lehr-Lernsituationen des naturwissenschaftlichen Unterrichts sowie diesbezügliche wissenschaftliche Forschungen eruieren den Einsatz von „Mittlern“ zur Begegnung mit, Annäherung an und Erschließung von Sachverhalten. Dazu wird als einer der zentralen Mittler in den Naturwissenschaften zumeist das Experiment verstanden, ohne weitere Mittler, die beim Experimentieren mit einhergehen, adäquat zu fokussieren. Im Rahmen dieses Symposiums wurden verschiedene Modellierungen der Ver-„Mittlung“ bzw. der diversen „Mittler“ zwischen Kind und Sache bzw. Lerner und Phänomen im naturwissenschaftlich-orientierten Sach-Unterricht diskutiert und Beispiele solcher Mittler in der frühkindlichen Bildung, im Sachunterricht der Primarstufe und im Physik- bzw. Chemieunterricht vorgestellt. Durch diesen Klammertext werden die einzelnen Beiträge des Symposiums bezüglich ihres Zusammenhangs zum Thema „Mittler zwischen Lernenden und MINT-Lernen“ erläutert.

Phänomen und/oder Lehrperson als Mittler zwischen Kind und Sache

Der Phänomenbegriff ist nicht nur in den naturwissenschaftlichen Fächern der Sekundarstufen prominent. Auch im naturwissenschaftlich-orientierten Sachunterricht spielt die Auseinandersetzung mit Phänomen eine zentrale Rolle (Wagenschein, 1976; Köhnlein, 2012). Um sich mit Sachen auseinandersetzen zu können, benötigt die lernende Person (Kind bzw. Schüler*in) einen Zugang zur Sache und eine Vermittlung auf dem „Weg zur Erkenntnis“ (Kihm, Diener & Peschel, 2018), in dessen erster Näherung das Phänomen als wahrgenommene Sache zu einer vertieften Auseinandersetzung führen kann. Um z. B. einen Sachverhalt erschließen zu können, muss ausgewählt werden, welcher Mittler erfolgversprechend, welcher zielführend, welcher zugänglich und welcher vielleicht auch vorgegeben ist. Ferner kann man zwischen „personellen Mittlern“ (Lehrkräfte, Eltern, Peer-Group, dem/r Lernpartner etc.) und „sachlichen Mittlern“ (dem Phänomen, dem Experiment oder der Sprache als Ausdrucks- und Verständnisform) unterscheiden. Letztlich ist immer eine Vielzahl von Mittlern bei einem Erkenntnisgewinn des lernenden Subjekts beteiligt und dieser beinhaltet immer eine differenzierte sprachliche und fachliche Auseinandersetzung mit der Sache. Die im Symposium adressierten Mittler werden bezüglich ihrer Wechselwirkung zwischen Kind und Sache erläutert.

Augmented Reality als Mittler im naturwissenschaftlich-orientierten Sachunterricht

Aufgrund der zunehmenden Durchdringung der Lebenswelt mit digitalen Medien (GDSU, 2021) müssen die Wirkungen und Effekte des fachdidaktischen Einsatzes von digitalen Medien in Lehr-Lernsituationen untersucht werden. Augmented Reality (AR) ermöglicht die Echtzeit-Anreicherung der Realität mit virtuellen Informationen (Azuma, Bailiot, Behringer, Feiner, Julier & MayIntyre, 2001). Je nach technischer Realisierung der AR (z. B. in der Kamera-Sicht eines Display-Geräts oder mittels spezieller Brillen) variiert allerdings die Immersionstiefe und es werden verschiedene Repräsentationen im Blickfeld der Lernenden integriert. Diese Unterschiede zwischen AR-Technologien als Mittler werden aus fachdidaktischer Sicht bezüglich möglicher Wirkungen auf das Lehren und Lernen beschrieben.

Sprach-Fach-Wechselwirkungen bei der Erschließung von Phänomenen

Phänomene spielen im naturwissenschaftlich-orientierten Sachunterricht eine zentrale Rolle (Wagenschein, 1976). Das „Phänomen Auftrieb“ wird als Fachthema meist in einem Unterrichtskonzept „Schwimmen und Sinken“ im Sachunterricht behandelt und ist in Lehre und Forschung intensiv bearbeitet (Furtner, 2016). Jedoch konzentrieren sich bisherige Forschungen v. a. auf fachliche Aspekte (z. B. Möller, Jonek, Hardy & Stern, 2002); sprachliche Aspekte wurden weniger thematisiert (Peschel, 2020). Eine Sprach-Fach-Vermittlung und Erschließung im Sinne des wechselseitigen semantischen Verständnisses – also die Funktion als doppelter Mittler, 1. zwischen Sprache und Sache sowie 2. zwischen Lehrenden und Lernenden – ist u. E. (im deutschsprachigen Raum) noch nicht erfolgt. Beispielhaft aufgezeigt wird eine solche Sprach-Fach-Vermittlung anhand der Frage, ob ein Fisch „schwimmt“. Unter Rekurs auf fachliche Konzepte (Fischer, 2020) und mit einem Bewusstsein für sprach-semantische Komplexitäten (Peifer, 2021) wird anhand von Sprach-Fach-Ausdrücken gezeigt, wie sprachliche und fachliche Aspekte wechselwirken.

Phänomenbegegnungen als Mittler beim Experimentieren von Grundschulkindern

Phänomene (Wagenschein 1971; Köhnlein 2012) begegnen den Kindern im außerschulischen Kontext u. a. im Spiel oder in der Natur, z. B. ein schwimmender Baumstamm im Fluss. Systematisiert und didaktisiert werden diese Phänomene dann bei Schuleintritt v. a. für den Sachunterricht, in dem Lehrkräfte Experimentierangebote bereitstellen und dazu Fragestellungen formulieren, z. B. „Warum schwimmt Holz?“. Fragestellungen werden dann aber nicht unbedingt an Phänomenen aus der Lebenswelt der Kinder (Peschel, Fischer, Kihm & Liebig, 2021) weiterverfolgt, sondern aus curricularen Vorgaben heraus ausgewählt und thematisiert. Phänomene können aber genau an dieser Schnittstelle als Mittler zwischen Kind und Sache dienen, um durch Beobachtungsprozesse die Konzeptbildung zunächst anzustoßen und Konzepte zu etablieren. Erst wenn die Lernenden ausreichend Gelegenheit zur individuellen Phänomenbegegnung hatten, indem sie z. B. beobachten, wie sich unterschiedliche Materialien und Gegenstände in Wasser (und in anderen Fluiden) verhalten, können u. E. die Fragen nach dem „Warum manche Dinge schwimmen“ beantwortet werden.

Naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen in der frühen Bildung

Das Ausprobieren und Tun und das neugierige Fragen von Kindern sind allein noch keine naturwissenschaftlichen Tätigkeiten, auch wenn sich diese auf Naturphänomene beziehen.

Naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung zeichnet sich durch naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen aus (Leuchter, 2017). Denk- und Arbeitsweisen wie u.a. das Beobachten bilden somit einen Mittler zwischen Lernenden und MINT. Wie pädagogische Fachkräfte Professionswissen zu Denk- und Arbeitsweisen in Studium und Fortbildungen wirksam aufbauen, ist bislang wenig untersucht, was u.E. auf einen Mangel an (handlungsnahen) Erhebungsinstrumenten zurückzuführen ist. Daher wird im Projekt EScI-K (Explore Scientific Inquiry – Kindergarten) ein Vignettest zu naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen in Kindertagesstätten entwickelt. Spezifisch werden Vignetten zu den Denk- und Arbeitsweisen (1) Fragen stellen, (2) Vermuten, (3) Beobachten, (4) Ordnen und Systematisieren, (5) Messen, (6) Untersuchungen planen und durchführen konstruiert.

Frühe naturwissenschaftliche Bildung: Vignettenbasierte Testformate

Die Forderungen nach einer frühen naturwissenschaftlichen Bildung stellen anspruchsvolle berufliche Anforderungen an pädagogische Fachkräfte als Mittler zwischen Lernenden und MINT. Pädagogische Fachkräfte benötigen u. a. fachwissenschaftliche und fachdidaktische Kompetenzen, damit sie geeignete Lerngelegenheiten im Kindergarten anbieten können (Steffensky, Lankes, Carstensen & Nölke, 2012). Was unter dem naturwissenschaftlichen Fachwissen pädagogischer Fachkräfte zu verstehen ist und welches Niveau an naturwissenschaftlichem Wissen Fachkräfte tatsächlich benötigen, ist bisher allerdings unklar (Steffensky, Anders, Barenthien, Hardy, Leuchter, Oppermann, Taskinen & Ziegler, 2018). In der Lehrkräftebildung haben sich bei der Erfassung professioneller Wissensinhalte sogenannte Vignettestests in verschiedenen Formaten (Text, Comic und Video) als unterschiedlich geeignet erwiesen (Brovelli, Bölsterli, Rehm & Wilhelm, 2014; Rutsch, 2016; Friesen, 2017; Syring, Bohl, Kleinknecht, Kuntze, Rehm & Schneider, 2015). Für den frühpädagogischen Bereich stehen Untersuchungen der Qualität von Handlungssituationen in Vignetten anhand dieser Indikatoren noch aus.

Digitale Elemente beim Umgang mit Modellen zu chemischen Phänomenen

Modelle liefern in den Naturwissenschaften Erklärungsansätze für Phänomene in der realen Welt, sie wirken daher als Mittler zwischen den Lernenden und dem Fachinhalt. Damit Lernende diese Mittler nutzen können, müssen sie über eine ausgeprägte modellmethodische Kompetenz verfügen. Eine solche Kompetenzförderung ist somit ein Hauptziel des naturwissenschaftlichen Unterrichts. In der vorgestellten Arbeit wurde eine Unterrichtseinheit zur Förderung der Modellbildungskompetenz (MBK) aus dem Themenfeld chemische Reaktion mit digitalen Medien angereichert. Die Lernenden durchlaufen dabei eigenständig einen Modellierungsprozess zur Herleitung des Gesetzes der Erhaltung der Masse. Die Erklärung der durchgeführten Experimente erfolgt modellhaft nach den individuellen Vorstellungen der Lernenden. In diesem Zusammenhang werden die Vorteile digitaler Medien zur Modelldarstellung bzw. zum Abbilden des Modellierungsprozesses (Lang et al., 2021) genutzt.

Literatur

- Azuma, R., Baillot, Y., Behringer, R., Feiner, S., Julier, S. J. & MacIntyre, B. (2001). Recent advances in augmented reality. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 21 (6), 34–47. <https://doi.org/10.1109/38.963459>.
- Brovelli, D., Bölsterli, K., Rehm, M. & Wilhelm, M. (2014). Using Vignette Testing to Measure Student Science Teachers' Professional Competencies. *American Journal of Educational Research*, 2 (7), 555–558.
- Fischer, M. (2020). Fachliche Konzepte zum Thema „Schwimmen und Sinken“ im naturwissenschaftlich-orientierten Sachunterricht. *Wissenschaftliche Arbeit an der Universität des Saarlandes*. Saarbrücken: Universität des Saarlandes.
- Friesen, M. (2017). Teachers' Competence of Analysing the Use of Multiple Representations in Mathematics Classroom Situations and its Assessment in a Vignette-based Test. *Ludwigsburg: Pädagogische Hochschulbibliothek*.
- Furtner, M. (2016). Kinder sprechen über Naturphänomene – eine Untersuchung über 80 Jahre Forschungshistorie, dargestellt im Kontext des Sachunterrichts zum Phänomen Schwimmen und Sinken. In K. Liebers, B. Landwehr, S. Reinhold, S. Riegler & R. Schmidt (Eds.), *Facetten grundschulpädagogischer und -didaktischer Forschung*. Wiesbaden: Springer VS, 151–156.
- Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (GDSU) (2021). *Sachunterricht und Digitalisierung*. https://gdsu.de/sites/default/files/PDF/GDSU_2021_Positionspapier_Sachunterricht_und_Digitalisierung_deutsch_de.pdf [13.10.2022].
- Kihm, P., Diener, J. & Peschel, M. (2018). Kinder forschen – Wege zur (gemeinsamen) Erkenntnis. In M. Peschel & M. Kelkel (Eds.), *Fachlichkeit in Lernwerkstätten. Kind und Sache in Lernwerkstätten*. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt, 66–84.
- Köhnlein, W. (2012). *Sachunterricht und Bildung*. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt.
- Lang, V., Eckert, C., Perels, F., Kay, C. W. & Seibert, J. (2021). A Novel Modelling Process in Chemistry: Merging Biological and Mathematical Perspectives to Develop Modelling Competences. *education sciences*. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1317638.pdf> [27.10.2022].
- Leuchter, M. (2017). *Kinder erkunden die Welt. Frühe naturwissenschaftliche Bildung und Förderung*. Stuttgart: Kohlhammer.
- Möller, K., Jonen, A., Hardy, I. & Stern, E. (2002). Die Förderung von naturwissenschaftlichem Verständnis bei Grundschulkindern durch Strukturierung der Lernumgebung. In M. Prenzel & J. Doll (Eds.), *Bildungsqualität von Schule. Schulische und außerschulische Bedingungen mathematischer, naturwissenschaftlicher und überfachlicher Kompetenzen*. Weinheim: Beltz, 176–191.
- Peifer, P. (2021). Analyse von Schulbüchern für die Primarstufe zum Thema „Schwimmen & Sinken“. *Wissenschaftliche Arbeit an der Universität des Saarlandes*. Saarbrücken: Universität des Saarlandes.
- Peschel, M. (2020). Sprache und Sache. Sprachunterricht ist auch Fachunterricht. In U. Hecker, M. Lassek & J. Ramseger (Eds.), *Kinder lernen Zukunft. Über die Fächer hinaus – Prinzipien und Perspektiven* (Bd. 151, Beiträge zur Reform der Grundschule). Frankfurt a. M.: Grundschulverband, 125–136.
- Peschel, M., Fischer, M., Kihm, P. & Liebig, M. (2021). Fragen der Kinder – Fragen der Schule – Fragen an die Sache. Die Kinder-Sachen-Welten-Frage (KSW-Frage) als Element einer neuen Lernkultur im Sinne der didaktischen Inszenierung eines vielperspektivischen Sachunterricht. In M. Peschel (Ed.), *Didaktik der Lernkulturen*. Frankfurt am Main: Grundschulverband, 231–250.
- Rutsch, J. (2016). Entwicklung und Validierung eines Vignettentests zur Erfassung des fachdidaktischen Wissens im Leseunterricht bei angehenden Lehrkräften. *Heidelberg: Pädagogische Hochschule Heidelberg*.
- Steffensky, M., Lankes, E.-M., Carstensen, C. H. & Nölke, C. (2012). Alltagssituationen und Experimente: Was sind geeignete naturwissenschaftliche Lerngelegenheiten für Kindergartenkinder? *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 15 (1), 37–54.
- Steffensky, M., Anders, Y., Barentien, J., Hardy, I., Leuchter, M., Oppermann, E., Taskinen, P. & Ziegler, T. (2018). Early Steps into Science – EASI Science. Wirkungen früher naturwissenschaftlicher Bildungsangebote auf die naturwissenschaftlichen Kompetenzen von Fachkräften und Kindern. In *Stiftung Haus der kleinen Forscher* (Eds.), *Wirkungen naturwissenschaftlicher Bildungsangebote auf pädagogische Fachkräfte und Kinder* (Bd. 10, Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“). Opladen, Berlin, Toronto: Verlag Barbara Budrich, 50–138.
- Syring, M., Bohl, T., Kleinknecht, M., Kuntze, S., Rehm, M. & Schneider, J. (2015). Videos oder Texte in der Lehrerbildung? Effekte unterschiedlicher Medien auf die kognitive Belastung und die motivational-emotionalen Prozesse beim Lernen mit Fällen. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 18 (4), 667–685.
- Wagenschein, M. (1971). *Die pädagogische Dimension der Physik*. Braunschweig: Westermann.
- Wagenschein, M. (1976). *Rettet die Phänomene! (Der Vorrang des Unmittelbaren)*. Scheidewege, 1 (1), 76–93.

Markus Peschel¹
 Tim Billion-Kramer²
 Luisa Lauer¹
 Patrick Peifer¹
 Marie Fischer¹
 Eva Bühler²
 Bettina Grab²
 Justin Gantenbein¹
 Vanessa Lang¹
 Christopher W. M. Kay¹

¹Universität des Saarlandes
²Pädagogische Hochschule Heidelberg

Phänomen und/oder Lehrperson als Mittler zwischen Kind und Sache

Vermittlung zwischen Kind und Sache

Die Sachen – nicht nur des Sachunterrichts – sind vielfältig (Köhnlein, 2012), zeigen aber auf, dass der Lerngegenstand nicht alleinsteht, sondern immer eine Auseinandersetzung erfolgt zwischen dem lernenden Subjekt, dem Kind, und der Sache, die sich – je nach Näherung des Kindes an die Sache – in vielfältigen Facetten zeigt. Die Interpretation, was an “der Sache” gelernt werden kann, wird somit nicht von der Sache an sich – oder von der Lehrperson in einer didaktischen Vermittlung – erzeugt (vgl. hierzu u. a. Modelle der Didaktischen Rekonstruktion, Kattmann, Duit, Gropengießer & Komorek, 1997), sondern bedarf immer konstruktivistischer bzw. subjektwissenschaftlicher Lerntheorien (Arnold, 2010, Holzkamp, 1995). Erst durch die Wahrnehmung, den Umgang, die Interpretation und die konkrete Auseinandersetzung mit verschiedenen Mittlern, kann zwischen Kind und Sache vermittelt werden und ein Lernen entstehen. Dies erfolgt zudem in aktiver Tätigkeit und in Wechselwirkung dieser differenziert wirkenden Mittler-Elemente im Lernprozess.

Phänomen als Mittler

„Als Phänomen kann alles das konzipiert werden, was in der Welt der Fall ist und von uns nach Maßgabe unseres Zugriffs wahrgenommen wird. In didaktischer Hinsicht ist ein Phänomen ein Ereignis, dessen Ursache in Frage steht und das einer Erklärung bedarf“ (Köhnlein, 2012: 21). Beispiele für Phänomene, die im Grundschulkontext den Lernenden als Mittler zwischen eigenen Vorstellungen und dem fachlichen Inhalt dienen können, sind z.B. der Regenbogen, Sonnentaler, Freundschaft, Streit oder auch Auftrieb. Letzteres zählt zu den „Naturerscheinungen, die uns unmittelbar (oder auf einfache, durchschaubare Weise vermittelt) sich selbst sinnhaft zeigen“ (Wagenschein, 1971: 136). Sowohl Ursache als auch Erklärung von Auftriebsphänomenen sind jedoch komplex. Im Sinne der Didaktischen Rekonstruktion soll neben der Fachlichen Klärung an die Lernendenvorstellungen dem Thema (vgl. dazu Furtner, 2016) angeknüpft werden. Auftriebsphänomene aus der Lebenswelt der Kinder gibt es zahlreich, die Betrachtung im didaktischen Kontext setzt jedoch häufig zu früh den Fokus auf Erklärungen, wenn nach dem „Warum“ gefragt wird. Vertiefte Auseinandersetzungen mit diesem Phänomen können dabei unterstützen, zunächst Beobachtungen zu machen und zu differenzieren, Erklärungen auf Beobachtungen und erste

(fachliche) Konzepte aufzubauen sowie bestehende Konzepte der Lernenden weiterzuentwickeln.

Naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen als Mittler

Kinder benötigen Wissen von Zusammenhängen und kulturellen Gegebenheiten, um sich als selbstwirksam zu erleben und die Welt aktiv mitgestalten zu können (OP BW, 2011). Mit früher naturwissenschaftlicher Bildung sollen naturwissenschaftliche Interessen und kindliche Neugier kultiviert und gefördert werden, um naturwissenschaftliche Erkenntnisse einschätzen und sich die Welt auch naturwissenschaftlich erklären zu können (Steffensky, 2017). Das Ausprobieren und Tun von Kindern wird im Rahmen früher naturwissenschaftlicher Bildung in Kindertagesstätten erst dann zu Naturwissenschaft, wenn naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen ins Spiel kommen (Leuchter, 2017). Sie bilden somit einen Mittler zwischen Lernenden und MINT. Die Denk- und Arbeitsweisen können in ihrer Komplexität stark variieren und müssen der Altersstufe entsprechend angepasst werden. Einige bieten sich aus einer alltagsintegrierten Perspektive besonders an, so können Kinder bereits durch bspw. Sammeln, Aufräumen oder Wiegen Denk- und Arbeitsweisen wie Vergleichen, Ordnen oder Messen erleben (Steffensky, 2017). Im frühen Kindesalter können dadurch Verfahren der Erkenntnisgewinnung, ein Anknüpfungspunkt naturwissenschaftlicher Grundbildung, angebahnt werden (Leuchter, 2017).

Nonverbale und verbale Sprache als Mittler

In vielen Forschungen zur Lehr-Lern-Kommunikation liegt der Fokus bisher auf dem verbalen, also dem gesprochenen und stimmhaften Anteil der Sprache (Völker & Trefzger, 2011; Rehfeldt, Klempln, Brämer & Seibert, 2020), der einen zentralen Mittler bei der kommunikativen Ausdifferenzierung von Beobachtungen, Erkenntnissen und Verständnissen darstellt. Der nonverbalen Sprache bzw. Kommunikation als Mittler wird bis dato zumeist weniger Beachtung geschenkt (Gläser, 2005; Gröschner, 2007), obwohl zwischen 50 % und 95 % der menschlichen Kommunikation über körpersprachliche Aspekte stattfindet (Argyle, 2002; Košinár, 2009). Als Mittler zwischen Kind und Sache müssen zudem verschiedene Sprachebenen (z. B. Alltagssprache, Bildungssprache, Fachsprache) betrachtet werden, die im Sprach- und Fachunterricht auftreten und – in Wechselwirkung mit fachlichen Verständnissen – Wirksamkeit entfalten. So zeigen Forschungen zum Einfluss der Sprache auf das Fach, dass Testaufgaben mit Fachbegriffen (als ein Element der Fachsprache) sich für Schüler*innen als schwer erweisen und alltagssprachlich formulierte Aufgaben leichter bearbeitet werden können (Schmiemann, 2011; Harms & Kattmann, 2016).

Digitale Medien als Mittler

Auch ~~physische Medien, wie~~ digitale Lernumgebungen in Form von interaktiven e-Books können als Mittler zwischen Kind und Sache fungieren. Durch digitale Lernumgebungen besteht die Möglichkeit, multimodale Zugänge zu naturwissenschaftlichen Fachinhalten adressatengerecht zu gestalten, wodurch eine Partizipation aller Lernenden erreicht wird (Stinken-Rösner, Abels, Hundertmark, Menthe, Nehring & Rott, 2021). Durch die damit einhergehende Autonomiegewährung solcher Lernumgebungen wird das Interesse der SchülerInnen gefördert (Hoffmann, 1997), wodurch diese motivierter sind, sich mit dem Lerninhalt auseinanderzusetzen (Schiefele, Prenzel Krapp Heiland & Kasten, 1983).

Augmented Reality (AR) ist ein weiterer physischer Mittler, der die Echtzeit-Anreicherung der Realität mit virtuellen Informationen erlaubt. Dadurch können z. B. Experimente in Echtzeit angereichert werden mit weiteren Informationen oder multiplen Repräsentationen (Radu & Schneider, 2019) oder Arbeitsaufträge mit Hilfestellungen an den Stellen virtuell angereichert werden, an denen Probleme bei der Bearbeitung aufgetreten sind (Huwer, Lauer, Seibert, Thyssen, Dörrenbächer-Ulrich & Perels, 2018). Dadurch sind adaptive Lehr-Lernangebote denkbar (Anderson & Anderson, 2019), die die Lernenden individuell beim Experimentieren unterstützen und je nach Bedarf zusätzliche Hilfestellungen oder Tipps bieten. Außerdem könnten nicht sichtbare oder nicht beobachtbare Prozesse und Phänomene mittels geeigneter Modellierungen in AR sichtbar(er) gemacht werden (Dunleavy, 2014).

Frühpädagogische Fachkraft als Mittler

Im Elementarbereich gewinnt die frühe naturwissenschaftliche Bildung zusehends an Bedeutung, um Kinder darin zu unterstützen, sich die Welt aktiv anzueignen und die natürliche Neugierde und Explorationsfreude an der belebten und unbelebten Natur anzuregen und zu entfalten. Um im Kita-Alltag vielfältige naturwissenschaftliche Lerngelegenheiten ermöglichen und gestalten zu können, benötigen pädagogische Fachkräfte naturwissenschaftliche Kompetenzen (Reker & Spiekermann, 2018). Allerdings legen Studien nahe, dass die Fachkräfte meist noch nicht ausreichend über entsprechend spezifisches Professionswissen verfügen (Steffensky, Anders, Barenthien, Hardy, Leuchter, Oppermann, Taskinen & Ziegler, 2018). Hier setzen Fort- und Weiterbildungsangebote zur frühen naturwissenschaftlichen Bildung an, deren Effekte jedoch bislang kaum empirisch geprüft sind.

Wie die Auseinandersetzung zwischen Kind und Sache ein naturwissenschaftliches Lernen erzeugt, ist trotz aller Bemühungen und Forschungen nur indirekt nachweisbar. Wichtige Funktionen übernehmen in diesem Lehr-Lern-Prozess aber immer verschiedene Mittler in dem Erkenntnisprozess, die sich grundlegend in personelle und sachliche Mittler differenzieren lassen. Wie gezeigt wird, ist es selten ein Mittler, der die Sachauseinandersetzung des Kindes bedingt, sondern meist mehrere verschränkte und damit wechselwirkende Mittler auf dem Weg zur Erkenntnis. Wie diese Wechselwirkung gelingen kann und welche Mittler welche Wirksamkeit entfalten ist und bleibt Gegenstand aktueller Forschung.

Literatur

- Anderson, C. L. & Anderson, K. M. (2019). Wearable Technology: Meeting the Needs of Individuals with Disabilities and Its Applications to Education. In Buchem, I., Klamma, R. & Wild, F. (Eds.), *Perspectives on Wearable Enhanced Learning (WELL)*. Cham: Springer International Publishing, 59-77. https://doi.org/10.1007/978-3-319-64301-4_3.
- Arnold, R. (2010). Die Erwachsenenbildung als „Regierung des Selbst“. Anmerkungen zu Foucault-Euphorie in der Erwachsenenpädagogik. In U. Klingovsky, P. Kossack, Peter & D. Wrana (Eds.), *Die Sorge um das Lernen*. Bern: hep Verlag, 72-84.
- Dunleavy, M. (2014). Design Principles for Augmented Reality Learning. *TechTrends*, 58 (1), 2834.
- Furtner, M. (2016). *Kinderaussagen zu naturwissenschaftlichen Phänomenen*. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt Verlag.
- Harms, U. & Kattmann, U. (2016). Sprache. In H. Gropengießer, U. Harms & U. Kattmann (Eds.), *Fachdidaktik Biologie. Die Biologiedidaktik (10. Aufl.)*. Seelze: Aulis Verlag, 378-389.
- Helmke, A. (2007). *Unterrichtsqualität und Unterrichtsentwicklung. Wissenschaftliche Erkenntnisse zur Unterrichtsforschung und Konsequenzen für die Unterrichtsentwicklung*. Gütersloh: Bertelsmann Verlag.

- Hoffmann, L. (1997). Auswirkungen eines mädchenorientierten Anfangsunterrichts in Physik auf die Interessenentwicklung. In Krüger, HH., Olbertz, J.H. (Eds.), *Bildung zwischen Staat und Markt. Schriften der Deutschen Gesellschaft für Erziehungswissenschaft (DGfE)*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, 299-301. https://doi.org/10.1007/978-3-663-14403-8_33.
- Holzkamp, K. (1995). Alltägliche Lebensführung als subjektwissenschaftliches Grundkonzept. *Das Argument* 212 (37), 817-845.
- Huwer, J., Lauer, L., Seibert, J., Thyssen, C., Dörrenbächer-Ulrich, L., & Perels, F. (2018). Re-Experiencing Chemistry with Augmented Reality: New Possibilities for Individual Support. *World Journal of Chemical Education*, 6(5), 212–217. <https://doi.org/10.12691/wjce-6-5-2>
- Kattmann, U., Duit, R., Gropengießer, H. & Komorek, M. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion – Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 3(3), 3-18.
- Köhnlein, W. (2012). *Sachunterricht und Bildung*. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.
- Košínár, J. (2009). *Körperkompetenzen und Interaktion in pädagogischen Berufen. Konzepte – Training – Praxis*. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.
- Leuchter, M. (2017). *Kinder erkunden die Welt. Frühe naturwissenschaftliche Bildung und Förderung*. Stuttgart: Kohlhammer.
- Orientierungsplan für Bildung und Erziehung in baden-württembergischen Kindergärten und weiteren Kindertageseinrichtungen (OP BW). Fassung vom 15. März 2011.
- Radu, I. & Schneider, B. (2019). What Can We Learn from Augmented Reality (AR)? Benefits and Drawbacks of AR for Inquiry-Based Learning of Physics. In *Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. Glasgow (Scotland, UK): ACM, 1–12. <https://doi.org/10.1145/3290605.3300774>.
- Rehfeldt, D., Klempl, C., Brämer, M. & Seibert, D. (2020). Empirische Forschung in Lehr-Lern-Labor-Seminaren. Ein Systematic Review zu Wirkungen des Lehrformats. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 34 (3/4), 149-169.
- Reker, S., & Spiekermann, N. (2018). Handlungsanforderungen Frühe naturwissenschaftliche Bildung im Überblick. In: *Deutsches Jugendinstitut/Weiterbildungsinitiative Frühpädagogische Fachkräfte* (Hrsg.), *Frühe naturwissenschaftliche Bildung. Grundlagen für die kompetenzorientierte Weiterbildung*. WiFF Wegweiser Weiterbildung (Band 13). München, 24-67.
- Schiefele, H., Prenzel, M., Krapp, A., Heiland, A. & Kasten, H. (1983). *Zur Konzeption einer pädagogischen Theorie des Interesses*. Gelbe Reihe Nr. 6: *Arbeiten zur Empirischen Pädagogik und Pädagogischen Psychologie*. Universität München: Selbstverlag.
- Schmiemann, P. (2011). Fachsprache in biologischen Testaufgaben. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften (ZfDN)*, 17(1), 115-136.
- Steffensky, M. (2017). *Naturwissenschaftliche Bildung in Kindertageseinrichtungen*. Weiterbildungsinitiative Frühpädagogische Fachkräfte, WiFF Expertisen, Band 48, München: WiFF.
- Steffensky, M., Anders, Y., Barenthien, J., Hardy, I., Leuchter, M., Oppermann, E., Taskinen, P. & Ziegler, T. (2018). Early Steps into Science – EASI Science. Wirkungen früher naturwissenschaftlicher Bildungsangebote auf die naturwissenschaftlichen Kompetenzen von Fachkräften und Kindern. In Y. Anders, J. Barenthien, I. Hardy, I., A. Hartinger, R. Kästner, M. Leuchter, E. Oppermann, S. Pauen, A. Rank, H.-G. Roßbach, M. Steffensky, P. Taskinen, S. Tietze, A. Wildemann, & T. Ziegler (Eds.), *Wirkungen naturwissenschaftlicher Bildungsangebote auf pädagogische Fachkräfte und Kinder. Wissenschaftliche Untersuchungen zur Stiftung „Haus der kleinen Forscher“*. Budrich, 50-134.
- Stinken-Rösner, L., Abels, S., Hundertmark, S., Menthe, J., Nehring, A. & Rott, L. (2021). Inklusion und Naturwissenschaften systematisch verknüpfen. In S. Habig (Ed.), *Naturwissenschaftlicher Unterricht und Lehrerbildung im Umbruch? Online-Jahrestagung 2020 der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik*. Universität Duisburg-Essen, 169-172.
- Wagenschein, M. (1971). *Die pädagogische Dimension der Physik*. Braunschweig: Westermann Verlag.
- Völker, M. & Trefzger, T. (2011). Ergebnisse einer explorativen empirischen Untersuchung zum Lehr-Lern-Labor im Lehramtsstudium. <https://ojs.dpg-physik.de/index.php/phydid-b/article/view/292> [27.10.2022].

Patrick Peifer¹
 Marie Fischer¹
 Luisa Lauer¹
 Markus Peschel¹

¹Universität des Saarlandes

Sprach-Fach-Wechselwirkungen bei der Erschließung von Phänomenen

Sprache ist einer der zentralen Mittler bei einer Auseinandersetzung mit einer Sache (Leisen, 2022). Wenn es um den Austausch über Phänomene, Erkenntnisse, Beobachtungen, Messungen etc. geht, wird mittels Sprache ein Verständnis ausgedrückt, werden Fragen gestellt oder auch Erkenntnisse geteilt. Dabei ist Sprache nicht wirksam, ohne das fachliche Verständnis zu beeinflussen – und umgekehrt.

Sprach-Fach-Wechselwirkungen: Empirie in Fachdidaktiken

Verschiedene Fachdidaktiken beschäftigen sich mit dem Zusammenhang zwischen Sprache und Fach bzw. zwischen sprachlichen und fachlichen Elementen.

Für Schüler*innen wird zunächst grundlegend statuiert, dass unzureichende sprachliche Kompetenz das Lernen im Fach – und daraus resultierend fachliche Kompetenz und fachliches Verständnis – negativ beeinflussen (Deppner, 1989).

Insgesamt sind hohe Korrelationen (v. a. aus quantitativen Forschungen) zwischen sprachlicher und fachlicher Kompetenz zu konstatieren (Heppt, Henschel & Haag, 2016; Prediger, 2019), wobei „sich Testaufgaben mit Fachbegriffen über alle untersuchten Konzepte hinweg als signifikant schwerer als solche mit Alltagsbegriffen“ (Schmiemann, 2011, S. 115) für Schüler*innen der Klassen fünf bis zehn erwiesen. Nicht nur diese Studie von Schmiemann (2011) konnte zeigen, dass (u. a. Fachbegriffe als Teil der) Fachsprache als ein erschwerender Faktor beim Erwerb fachlicher Kompetenz bzw. eines fachlichen Verständnisses angesehen werden kann (Kern, Ohlhus & Rottmann, 2017). Mit Blick auf die Schriftsprache findet sich in Schulbüchern eine Vielzahl an Fachbegriffen (Härtig & Kohnen, 2017), wobei polyseme (d. h. mehrdeutige) Begriffe zu Missverständnissen aufgrund der Diskrepanz zwischen alltags- und fachsprachlicher Semantik (Bedeutung) führen (Peifer, 2021; Leisen, 2022) – bei Schüler*innen und bei Lehrer*innen (Behling, Förtsch & Neuhaus, 2019). Sprachliche und fachliche Elemente mitteln also in Wechselwirkung Verständnisse von Lernenden, die sich wiederum auf deren Leistung und Kompetenz, beispielhaft beim MINT-Lernen, auswirken.

Für Lehrer*innen kann konstatiert werden, dass sie sich der Besonderheiten der Fachsprache kaum bewusst sind (Childs, Markic & Ryan, 2015) und nur selten die Komplexität des wechselseitigen Zusammenspiels sprachlicher und fachlicher Elemente erkennen (Markic, 2017; Mönch & Markic, 2022). Daraus folgern Behling, Förtsch und Neuhaus (2019, S. 307), dass Lehrpersonen „ein Bewusstsein für die Bedeutung von und ein Wissen über Sprache im Unterricht [benötigen], um das fachliche Lernen [...] mit dem sprachlichen Lernen verknüpfen zu können“ – und dies u. E. wechselwirksam.

Sprach-Fach-Wechselwirkungen: Erschließung von Auftriebsphänomenen

Beispielhaft kann die Wechselwirkung sprachlicher und fachlicher Elemente bei der Auseinandersetzung mit Phänomenen aufgezeigt werden. Unter Phänomenen versteht Wagenschein (1980, S. 90) „Naturerscheinungen, die uns unmittelbar (oder auf einfache, durchschaubare Weise vermittelt) sich selbst sinnhaft zeigen; und zwar so, dass wir sie als ein Gegenüber empfinden und auf uns wirken lassen noch ohne Vorurteil und Eingriff, auch wir also unbefangen, noch nicht festgelegt auf einen bestimmten Aspekt“. Phänomene können sozialwissenschaftliche oder physikalische Gegebenheiten beschreiben. Beispielhaft sollen im Folgenden die physikalischen Auftriebsphänomene betrachtet werden, die im Sachunterricht der Primarstufe innerhalb des Themas „Schwimmen und Sinken“ verortet sind (Möller, Jonen, Hardy & Stern, 2002).

Aus fachlicher Sicht sind bei der Erschließung von Auftriebsphänomenen v. a. das Konzept der Auftriebskraft und das Konzept der Dichte-Wechselwirkung zu beachten.

- *Konzept der Auftriebskraft*: Ist die Gewichtskraft (F_G) eines Gegenstandes geringer als die Auftriebskraft (F_A) des (ihn umgebenden) Fluids, schwimmt er. Ist die Gewichtskraft (F_G) eines Gegenstandes größer als die Auftriebskraft (F_A) des (ihn umgebenden) Fluids, sinkt er.
- *Konzept der Dichte-Wechselwirkung*: Ist die (mittlere) Dichte eines Gegenstandes geringer als die des (ihn umgebenden) Fluids, schwimmt er. Ist die (mittlere) Dichte eines Gegenstandes größer als die des (ihn umgebenden) Fluids, sinkt er.

Neben diesen fachlichen Aspekten müssen bei der Auseinandersetzung mit Auftriebsphänomenen sprachliche Aspekte beachtet werden:

- *Polysemie*: Die Vollverben „schwimmen“ und „sinken“ sind beide polysem, weisen also mehrere Semantiken (Wortbedeutungen) auf. Neben einer fachsprachlichen (s. o.) ist häufig auch eine Alltagssprachliche Semantik im mentalen Lexikon eines Individuums verankert, die „schwimmen“ bspw. mit „baden“ oder „plantschen“ assoziiert.
- *Transfer*: Die Vollverben „schwimmen“ und „sinken“ lassen sich nur bedingt auf weitere, natürliche „Gegebenheiten“ transferieren, bspw. auf die „Wasserwelt“ (U-Boot) oder auf die „Luftwelt“ (Heißluftballon).
- *Lokale Präposition*: Es findet sich keine lokale Präposition zur fachlich korrekten und sprachlich-semantisch sensiblen Beschreibung des Schwimmzustandes („auf dem Wasser“, „im Wasser“, „über dem Wasser“, ...?). Eine mögliche Beschreibung lautet „an der Wasseroberfläche“, ist aber weder fachlich noch sprachlich präzise.
- *Äquivalenz*: Das Vollverb „sinken“ beschreibt einen Prozess mit dem Endresultat „gesunken“. Ein solches Äquivalent gibt es für das Vollverb „schwimmen“ nicht, das selbst einen Endzustand beschreibt. Ein treffendes, äquivalentes Verb zu „sinken“ wäre „steigen“. Also: „steigen und sinken“ und „schwimmen und gesunken“?!

Betrachtet man nun fachliche und sprachliche Grundlagen sowie deren Wechselwirkungen bei der Erschließung von Auftriebsphänomenen, ist ein hoher Grad an Komplexität zu konstatieren, der weder von Lehrer*innen noch von Schüler*innen ohne wechselwirkende und intensive Auseinandersetzung leicht zu verstehen ist.

Fazit

Bei der Erschließung von Phänomenen, beispielhaft aufgezeigt an Auftriebsphänomenen, müssen sprachliche und fachliche Aspekte als Mittler wechselwirksam betrachtet werden, denn: Die Sprache wirkt sich als Mittler auf das Fachverständnis von Lernenden aus UND das Fach wirkt sich als Mittler auf das Sprachverständnis von Lernenden aus. Aufgrund dieser wechselseitigen Beeinflussung von Sprache und Fach gilt es, nicht nur Sprache als Mittler des Faches zu betrachten (Leisen, 2022). Vielmehr gilt es, den wechselwirksamen Einfluss zwischen Sprache und Fach bei der Erschließung von Phänomenen als Mittler zu fokussieren.

Literatur

- Behling, F., Förtsch, C. & Neuhaus, B. J. (2019). Sprachsensibler Biologieunterricht – Förderung professioneller Handlungskompetenz und professioneller Wahrnehmung durch videogestützte live-Unterrichtsbeobachtung. Eine Projektbeschreibung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften (ZfDN)*, 25 (1), 307–316.
- Childs, P. E., Markic, S. & Ryan, M. C. (2015). The Role of Language in the Teaching and Learning of Chemistry. In J. Garcia-Martinez & E. Serrano-Torregrosa (eds.), *Chemistry Education. Best Practices, Opportunities and Trends* (vol. 4). Weinheim: Wiley-VCH Verlag, 421–446.
- Deppner, J. (1989). *Fachsprache der Chemie in der Schule. Empirische Untersuchung zum Textverständnis und Ansätze zur sprachlichen Förderung türkischer und deutscher Schülerinnen und Schüler*. Heidelberg: Julius Groos Verlag.
- Härtig, H. & Kohnen, N. (2017). Die Rolle der Termini beim Lernen mit Physikschulbüchern. In B. Ahrenholz, B. Hövelbrinks & C. Schmellentin (Hrsg.), *Fachunterricht und Sprache in schulischen Lehr-/Lernprozessen*. Tübingen: Narr Francke Attempto Verlag, 55–72.
- Heppt, B., Henschel, S. & Haag, N. (2016). Everyday and academic language comprehension. Investigating their relationships with school success and challenges for language minority learners. *Learning and Individual Differences*, 47 (1), 244–251.
- Kern, F., Ohlhus, S. & Rottmann, T. (2017). Zur Rolle von Sprache und multimodalen Ressourcen beim Erwerb von Rechenstrategien. In B. Ahrenholz, B. Hövelbrinks & C. Schmellentin (Hrsg.), *Fachunterricht und Sprache in schulischen Lehr-/Lernprozessen*. Tübingen: Narr Francke Attempto Verlag, 225–246.
- Leisen, J. (2022). *Sprachbildung und sprachsensibler Fachunterricht in den Naturwissenschaften*. Stuttgart: W. Kohlhammer Verlag.
- Markic, S. (2017). Chemistry Teachers' Pedagogical Scientific Language Knowledge. In O. Finlayson, E. McLoughlin, S. Erduran & P. Childs (eds.), *Research, Practice and Collaboration in Science Education. Proceedings of the ESERA 2017 Conference*. Dublin: Dublin City University, 178–185.
- Möller, K., Jonen, A., Hardy, I. & Stern, E. (2002). Die Förderung von naturwissenschaftlichem Verständnis bei Grundschulkindern durch Strukturierung der Lernumgebung. In M. Prenzel & J. Doll (Hrsg.), *Bildungsqualität von Schule. Schulische und außerschulische Bedingungen mathematischer, naturwissenschaftlicher und überfachlicher Kompetenzen*. Weinheim: Beltz Verlag, 176–191.
- Mönch, C. & Markic, S. (2022). Exploring Pre-Service Chemistry Teachers' Pedagogical Scientific Language Knowledge. *Education Sciences*, 12 (4), 244.
- Peifer, P. (2021). *Analyse von Schulbüchern für die Primarstufe zum Thema „Schwimmen & Sinken“*. Wissenschaftliche Arbeit an der Universität des Saarlandes. Saarbrücken: Universität des Saarlandes.
- Prediger, S. (2019). Welche Forschung kann Sprachbildung im Fachunterricht empirisch fundieren? In B. Ahrenholz, S. Jeuk, B. Lütke, J. Paetsch & H. Roll (Hrsg.), *Fachunterricht, Sprachbildung und Sprachkompetenzen* (Bd. 18, DaZ-Forschung. Deutsch als Zweitsprache, Mehrsprachigkeit und Migration). Berlin: Verlag Walter de Gruyter, 19–40.
- Schmiemann, P. (2011). Fachsprache in biologischen Testaufgaben. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften (ZfDN)*, 17 (1), 115–136.
- Wagenschein, M. (1980). *Naturphänomene sehen und verstehen. Genetische Lehrgänge*. Stuttgart: Klett Verlag.

Luisa Lauer¹
 Markus Peschel¹
 Marie Fischer¹
 Patrick Peifer¹

¹Universität des Saarlandes

Augmented Reality als Mittler im naturwissenschaftlich-orientierten Sachunterricht

Aufgrund der zunehmenden Durchdringung der Lebenswelt der Lernenden mit digitalen Medien (GDSU, 2021) ist es von Interesse, Wirkungen und Effekte des fachdidaktischen Einsatzes von digitalen Medien in Lehr-Lernsituationen zu untersuchen. Verschiedene Augmented Reality (AR)-Technologien variieren in der Immersionstiefe und es werden verschiedene Repräsentationen im Blickfeld der Lernenden integriert. Diese Unterschiede zwischen AR-Technologien müssen insbesondere aus fachdidaktischer Sicht bezüglich ihrer Wirkung auf das Lehren und Lernen untersucht werden.

AR-Technologien: Unterschiede in ihrer Wirkung als Mittler

Die Erweiterung der Wahrnehmung durch virtuelle Informationen wird als Augmented Reality (AR) bezeichnet (Azuma, Baillot, Behringer, Feiner, Julier & MayIntyre, 2001). Dabei können Objekte aus der realen Umgebung in Echtzeit mit räumlich und/oder semantisch verschränkten virtuellen Informationen über ein AR-Gerät angereichert werden (Milgram & Kishino, 1994). Mittels AR können insbesondere nicht sichtbare oder nicht wahrnehmbare Prozesse/Phänomene in Echtzeit sichtbar(er) gemacht werden (Dunleavy, 2014). Außerdem können multiple Repräsentationen räumlich und zeitlich im Blickfeld der Lernenden integriert werden (Radu & Schneider, 2019).

Eine mögliche Differenzierung von AR-Technologien besteht in der Unterscheidung von in der Hand gehaltenen AR-Geräten, z. B. Smartphones oder Tablets («Look-On»-AR) und AR-Brillen («See-Through»-AR), siehe Abb. 1. Im folgenden Abschnitt wird der Einsatz dieser beiden AR-Technologien in Lehr-Lernsituationen (des Sachunterrichts) unter den besonderen Aspekten der didaktischen Nützlichkeit verglichen/interpretiert.



Abb. 1. AR-Technologien im Vergleich: «Look-On»-AR vs. «See-Through»-AR am Beispiel eines AR-Tools zum Thema Elektrik für den naturwissenschaftlich-orientierten Sachunterricht der Primarstufe (Lauer, Peschel, Javaheri, Lukowicz, Altmeyer, Malone & Brünken, 2022).

AR-Nützlichkeiten: Unterschiede in (naturwissenschaftlichen) Lehr-Lernsituationen

Wie unterschiedlich der Einsatz der beschriebenen AR-Technologien in (naturwissenschaftlichen) Lehr-Lernsituationen zu bewerten ist, kann mithilfe des „Model of Usefulness of Web-Based Learning Environments“ (Nielsen, 1993; überarbeitet von Silius & Tervakari, 2002; vgl. Abb. 2) beschrieben werden. Diese Nützlichkeit (Usefulness) setzt sich zusammen aus der auf technische Gesichtspunkte fokussierten Usability (technische „Benutzbarkeit“) und dem pädagogisch-didaktischen Nutzen (Utility). Das Modell ermöglicht eine kategoriengeleitete Beurteilung der Nützlichkeit (Usefulness) eines digital-gestützten Lehr-Lerntools – hier: AR-gestützten Lehr-Lerntools – und bietet einen differenzierteren Blick auf die bisherige Mehrwertdebatte.

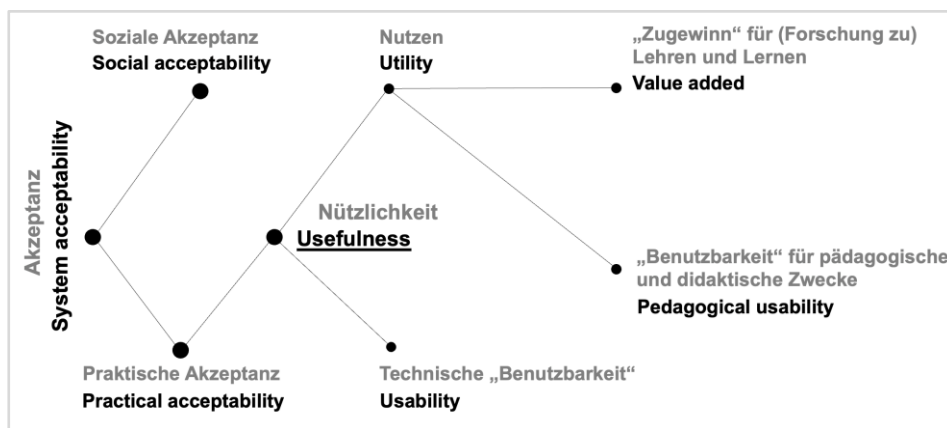


Abb. 2. Model of Usefulness of Web-Based Learning Environments (Nielsen, 1993; überarbeitet von Silius und Tervakari, 2002, eigene Darstellung, eigene Übersetzungen).

Ein Vergleich der beiden AR-Technologien entlang dieses Modells zeigt: „Look-On“-AR ist bereits gut realisierbar mit bekannten, erschwinglichen Geräten wie Smartphones oder Tablets. Diese Geräte sind einfach zu bedienen, auch für Grundschüler*innen. Mehrere Lernende können gleichzeitig einen Bildschirm betrachten. Allerdings müssen die Geräte, z. B. während des Experimentierens, entweder in der Hand gehalten oder mit einer Halterung fixiert werden. Darüber hinaus können die virtuellen Informationen in AR beim Experimentieren nur gesehen werden, wenn „durch das“ Gerät geschaut wird. Diese Gerätebezogenheit könnte aufgrund der permanenten Wahrnehmbarkeit des Geräts als „Mittler“ zwischen der realen Umgebung und den virtuellen Informationen in AR die Fokussierung auf den Lerngegenstand behindern – insofern eine prominente „Bewusstmachung“ des Display-Geräts als „Tor in die AR“ nicht gerade einen gewollten pädagogischen Aspekt des AR-Tools darstellt.

„See-Through“-AR ist bislang zwar nur mit speziellen AR-Brillen realisierbar, deren Anschaffung meist mit sehr hohen Kosten verbunden ist. Des Weiteren ist das Teilen der Sicht in AR meist nicht ohne weitere technische Handgriffe möglich, sodass ggf. die Zusammenarbeit unter den Lernenden erschwert sein kann. Dafür können während des Experimentierens die Hände frei benutzt werden und der Lerngegenstand steht im Fokus der

Wahrnehmung, nicht das Gerät als Mittler von AR. Außerdem verbleiben die virtuellen Informationen in AR auch bei Bewegung oder Drehung um Raum stets am verknüpften Realobjekt, solange es angeschaut wird. Das AR-Gerät tritt somit in den Hintergrund und die Fokussierung erfolgt auf die AR bzw. auf den Lerngegenstand.

Insgesamt scheint also „Look-On“-AR bereits eine hohe praktische Akzeptanz sowie eine gute (technische) Usability zu besitzen. Die „See-Through“-AR zeigt aber trotz einer derzeit noch nicht so guten Usability ein höheres pädagogisch-didaktisches Potential, also einen hohen Nutzen (Utility). Aktuell scheint eine Realisierung von „See-Through“-AR vor allem wegen der wirtschaftlichen Gesichtspunkte in (schulischen) Lehr-Lernsituationen noch utopisch, abgesehen vom beruflichen Sektor, wo es auch schon viele spezielle Trainings mit AR-Brillen gibt (z. B. Chang, Hu, Chiang & Lugmayr, 2020). Zukünftig ist es aber wünschenswert, das Forschungs- und Entwicklungsdesiderat für die aus pädagogisch-didaktischer Sicht vielversprechende „See-Through“-AR zu minimieren. Selbstverständlich müssen hier auch kognitionspsychologische Aspekte wie die zusätzliche kognitive Belastung von Lernenden bei der Benutzung von AR-Brillen mitberücksichtigt werden (z. B. Buchner, Buntins & Kerres, 2022) – wobei diese (Zusatz-)Belastung mit verbesserter Usability der AR-Brillen in Zukunft ggf. deutlich verringert werden könnte.

Literatur

- Azuma, R., Baillot, Y., Behringer, R., Feiner, S., Julier, S. J., & MacIntyre, B. (2001). Recent advances in augmented reality. *IEEE Computer Graphics and Applications* 21 (6): 34-47. <https://doi.org/10.1109/38.963459>.
- Buchner, J., Buntins, K., & Kerres, M. (2022). The impact of augmented reality on cognitive load and performance: A systematic review. *Journal of Computer Assisted Learning*, 38(1), 285-303. <https://doi.org/10.1111/jcal.12617>.
- Chang, Y.-S., Hu, K.-J., Chiang, C.-W., & Lugmayr, A. (2019). Applying Mobile Augmented Reality (AR) to Teach Interior Design Students in Layout Plans: Evaluation of Learning Effectiveness Based on the ARCS Model of Learning Motivation Theory. *Sensors*, 20(1), 105. <https://doi.org/10.3390/s20010105>.
- Dunleavy, M. (2014). Design Principles for Augmented Reality Learning. *TechTrends* 58 (1): 2834. <https://doi.org/10.1007/s11528-013-0717-2>.
- Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (GDSU) (2021). *Sachunterricht und Digitalisierung*. https://gdsu.de/sites/default/files/PDF/GDSU_2021_Positionspapier_Sachunterricht_und_Digitalisierung_deutsch_de.pdf [13.10.2022].
- Lauer, L., Peschel, M., Javaheri, H., Lukowicz, P., Altmeyer, K., Malone, S., & Brünken, R. (2022). Augmented Reality-Toolkit for Real-Time Visualization of Electrical Circuit Schematics. In *Fostering Scientific Citizenship in an uncertain world – ESERA 2021 e-Proceedings* (angenommen).
- Milgram, P., & Kishino, F. (1994). A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays. *IEICE Transactions on Information Systems* E77-D (12). http://vered.rose.utoronto.ca/people/paul_dir/IEICE94/ieice.html [24.10.2022].
- Nielsen, J. (1993). *Usability Engineering*. Academic Press.
- Radu, I., & Schneider, B. (2019). What Can We Learn from Augmented Reality (AR)?: Benefits and Drawbacks of AR for Inquiry-Based Learning of Physics. In *Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. Glasgow Scotland UK: ACM, 1-12. <https://doi.org/10.1145/3290605.3300774>.
- Silius, K., & Tervakari, A.-M. (2002). *An Evaluation of the Usefulness of Web-Based Learning Environments – The Evaluation Tool into the Portal of Finnish Virtual University*. http://www.mit.jyu.fi/OPE/kurssit/TIES462/Materiaalit/Silius_Tervakari.pdf [24.10.2022].

Eva Bühler¹
 Bettina Grab¹
 Markus Rehm¹
 Hendrik Lohse-Bossenz²
 Kim Lange-Schubert³
 Tim Billion-Kramer⁴

¹PH Heidelberg
²Uni Greifswald
³Uni Leipzig
⁴PH Ludwigsburg

Frühe naturwissenschaftliche Bildung: Vignettentest

Theoretischer Hintergrund

Kinder brauchen Wissen von Zusammenhängen und kulturellen Gegebenheiten, um sich als selbstwirksam zu erleben und die Welt aktiv mitgestalten zu können. (OP BW, 2011). Sie beschäftigen sich von sich aus mit Phänomenen der belebten und unbelebten Natur und setzen sich neugierig forschend mit der Welt auseinander (Steffensky, 2017; OP BW, 2011). Dabei sind Freude am Lernen und Engagiertheit unverzichtbare Grundlagen für den lebenslangen Lernprozess und für die Entwicklung von Eigenverantwortung (OP BW, 2011). In einer zunehmend technisch geprägten Welt werden bereits junge Kinder mit Naturwissenschaften und Technik konfrontiert (Leuchter, 2017). In diesem Zusammenhang erfahren in den „letzten Jahren die möglichen Potenziale früher naturwissenschaftlicher Bildung vermehrt zusätzliche breite Aufmerksamkeit“ (Anders & Steffensky, 2019, S. 1). So dient frühe naturwissenschaftliche Bildung nicht nur der Förderung eines ersten grundlegenden naturwissenschaftsbezogenen Wissens der Kinder, der Weiterentwicklung von Lernstrategien und motivationalen Voraussetzungen wie der Lernfreude und der Selbstwirksamkeit, sondern kann auch als Basis für eine erfolgreiche Weiterentwicklung der Kompetenzen im weiteren Bildungsverlauf gesehen werden (Anders & Steffensky, 2019, S. 1). Zur Förderung einer frühen naturwissenschaftlichen Bildung können naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen (nDuA) bereits in Kindertagesstätten (Kita) ins Spiel kommen (Leuchter, 2017). Ziel ist es, naturwissenschaftliches Interesse und kindliche Neugier zu kultivieren, um sich die Welt auch naturwissenschaftlich erschließen zu können (Steffensky, 2017). Damit Kinder die nDuA erproben können, braucht es eine Umgebung mit Aufforderungscharakter. Der Fokus liegt auf Strategien und Denkweisen, „die es später beim Drachensteigen, beim Reparieren eines Fahrrads oder beim Verstecken eines Weihnachtsgeschenkes genauso braucht wie im naturwissenschaftlich-mathematischen Unterricht“ (OP BW, 2011, S. 39; Steffensky et al., 2012). Das Ermöglichen früher naturwissenschaftlicher Bildung in Kitas ist eine anspruchsvolle berufliche Anforderung an pädagogische Fachkräfte. Sie benötigen ein diesbezügliches Professionswissen, z.B. fachwissenschaftliche Grundlagen und fachdidaktische Kompetenzen, damit sie geeignete Lerngelegenheiten in der Kita anbieten können (Steffensky et al., 2012).

Stand der Forschung

Wie pädagogische Fachkräfte Professionswissen zu nDuA im Studium sowie in Aus- und Fortbildung wirksam aufbauen, ist bislang wenig untersucht. Dies ist u.a. auf einen Mangel an (handlungsnahen) Erhebungsinstrumenten zurückzuführen, die ein solches Professionswissen

valide erfassen können. In der Lehrkräftebildung haben sich bei der Erfassung professioneller Wissensinhalte sogenannte Vignettentests in verschiedenen Formaten (Text, Comic und Video) als unterschiedlich geeignet erwiesen (vgl. Brovelli et al., 2014; Rutsch, 2016; Friesen, 2017; Syring et al., 2015). Befunde zu unterschiedlichen Vignettenformaten zeigen, dass die Einschätzung der wahrgenommenen Authentizität, Motivation, Immersion und Resonanz der Vignettenformate durch die Proband:innen ein geeignetes Maß darstellt, die Qualität der kognitiven Auseinandersetzung des handlungsnahen Erhebungsinstruments einschätzen zu können (Friesen, 2017; Friesen, Kuntze & Vogel, 2018; Seidel et al., 2011). Denn Authentizität, Immersion, Motivation und Resonanz sind wichtige Indikatoren für die kognitive Auseinandersetzung mit den vorgelegten Unterrichtssituationen (Friesen, Kuntze & Vogel, 2018). Immersion ist dabei ein Maß für das Hineinversetzen in die in der Vignette vorgelegte Unterrichtssituation, Resonanz spiegelt die Verbindung der Unterrichtssituation mit eigenen Lehr-Lernerfahrungen wider. Authentizität steht für die Alltagsnähe der Situationen und wirkt sich positiv auf intrinsische Motivation und Interesse aus (Seidel et al., 2011; Friesen, Kuntze & Vogel, 2018; Friesen, 2017). Zur Unterscheidung der verschiedenen Vignettenformate in ihrer Darstellung können die beiden Kategorien Temporalität und Individualität herangezogen werden (Herbst & Kosko, 2013). Temporalität bezeichnet die Zeitlichkeit und ist durch die Darstellung des Zeitablaufs (Parallelität) und die Menge der Kontextinformationen bestimmt. Individualität bezieht sich auf die Repräsentation der individuellen Merkmale der Personen und Orte. Beide Kategorien können die Wahrnehmung und die kognitive Auseinandersetzung mit den Beispielsituationen beeinflussen und wirken sich auf die Indikatoren Authentizität, Immersion, Motivation und Resonanz aus. Für den frühpädagogischen Bereich stehen Untersuchungen der Qualität von Handlungssituationen in Vignetten anhand dieser Indikatoren noch aus. Eine solche Fragestellung wird u.a. im Projekt *Explore Scientific Inquiry – Kindergarten* (EScI-K) verfolgt.

Fragestellung und Methode

Ziel des Projekts EScI-K ist die Entwicklung und Validierung eines Vignettentest zu folgenden nDuA in Kitas: (1) Fragen stellen, (2) Vermuten, (3) Beobachten, (4) Ordnen und Systematisieren, (5) Messen, (6) Untersuchungen planen und durchführen. Um die Rolle verschiedener Vignettenformate für die Auseinandersetzung der Proband:innen mit den Alltagssituationen zu untersuchen, wurden acht Situationen als Text, Comic und Video umgesetzt, was zu insgesamt 24 Vignetten führt. Abbildung 1 zeigt eine Vignette im Comicformat. Die pädagogischen Fachkräfte erhalten eine randomisierte Auswahl von drei Vignetten und werden gebeten, schriftlich präsentierte Handlungsalternativen – sogenannte Items – mithilfe einer 5-stufigen Likert-Skala auf ihre Geeignetheit hin einzuschätzen, frühe naturwissenschaftliche Bildung anzuregen. Eine Musterlösung wird theoriegestützt erstellt und zur Validierung an Expert:innen früher naturwissenschaftlicher Bildung und Naturwissenschaftsdidaktiken weitergeleitet. Vignetten und Items, die vergleichsweise uneindeutig eingeschätzt werden, werden aus dem vorläufigen Testinstrument entfernt. Um eine auf Oberflächenmerkmalen beruhende Unterscheidung der Vignettenarten zu vermeiden, werden die Aufgabenstellung sowie die Itemanzahl und -form vereinheitlicht. An die Fragestellung des Projekts EScI-K: *Lassen sich Effekte von Professionalisierungs- und Fortbildungsangeboten für pädagogische Fachkräfte in Bezug auf naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen feststellen?* schließt sich eine weitere Fragestellung an: *Wie werden*

unterschiedliche Vignettenformate (Text, Comic, Video) von den pädagogischen Fachkräften in Bezug auf Authentizität, Immersion, Motivation und Resonanz wahrgenommen? Die Items zu Authentizität, Immersion, Motivation und Resonanz werden erhoben, um so Aussagen zum Ausmaß kognitiver Auseinandersetzung der verschiedenen Formate bei Aus-, Fort- und Weiterbildung von pädagogischen Fachkräften treffen zu können.

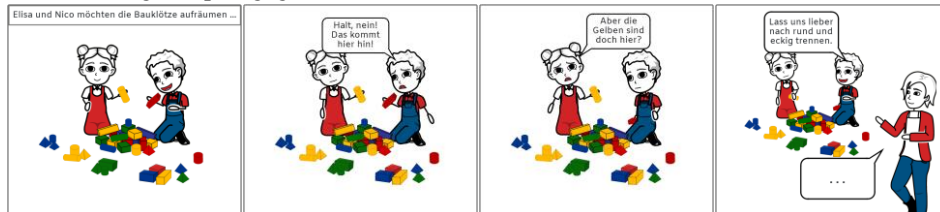


Abb. 1: Comicvignette „Bauklötze“ zur Denk- und Arbeitsweise „Ordnen und Systematisieren“

Erwartete Ergebnisse

Es wird erwartet, dass die Formate Text, Video und Comic unterschiedlich bewertet werden (s. Tab. 1). Aus bisherigen Vergleichsstudien lassen sich für Textvignetten z.B. Vorteile in der Temporalität, der niedrigen Individualität und des Ausbleibens von Störfaktoren festmachen (Friesen, 2017). Gleichzeitig kann die reduzierte Menge an Kontextinformation in der Wahrnehmung zu weniger Authentizität und Immersion führen. Bei den Videovignetten gestaltet sich die Temporalität ähnlich dem Kita-Alltag, obgleich ein wiederholtes Abspielen möglich ist. Sie zeigen Kinder und pädagogische Fachkräfte in alltagsnahen Situationen, dadurch werden höhere Werte in den Konstrukten Authentizität, Immersion und Motivation erwartet. Andererseits stellen die Videovignetten höhere Anforderungen an die pädagogischen Fachkräfte. Sie müssen die relevanten Informationen aus dem bewegten Bild extrahieren, ohne durch die große Menge an Kontextinformationen abgelenkt zu werden. Die Comicvignetten werden als Format „dazwischen“ gesehen, sie sind in Bezug auf Temporalität mit Texten vergleichbar, können aber auch in Bezug auf Individualität mit Videos verglichen werden. Die Darstellungsform erlaubt es, Mimik zu erkennen, reduziert jedoch die Individualität der Figuren, was die Analyse aufgrund der geringeren Kontextinformationen erleichtern könnte (vgl. Friesen 2017; Friesen, Kuntze & Vogel 2018).

Tab. 1: Erwartete Vor- und Nachteile verschiedener Formate

| | Temporalität | Individualität | Authentizität | Immersion | Motivation | Resonanz |
|-------|--------------|----------------|---------------|-----------|------------|----------|
| Text | + | + | - | - | o | o |
| Video | o | - | + | + | + | + |
| Comic | + | + | o | + | + | + |

Literatur

- Anders, Y., & Steffensky, M. (2019). Frühe naturwissenschaftliche Bildung. *Frühe Bildung*, 8(1), 1–2.
- Brovelli, D., Bölsterli, K., Rehm, M. & Wilhelm, M. (2014). Using Vignette Testing to Measure Student Science Teachers' Professional Competencies. *American Journal of Educational Research*, 2(7), 555-558.
- Friesen, M. (2017). Teachers' Competence of Analysing the Use of Multiple Representations in Mathematics Classroom Situations and its Assessment in a Vignette-based Test. Ludwigsburg: Pädagogische Hochschulbibliothek.
- Friesen, M., Kuntze, S. & Vogel, M. (2018). Videos, Texte oder Comics? Die Rolle des Vignettenformats bei der Erhebung fachdidaktischer Analysekompetenz zum Umgang mit Darstellungen im Mathematikunterricht. In: Rutsch, J., Rehm, M., Seidenfuß, M. & Dörfler, T. (Hrsg.): *Effektive Kompetenzdiagnose in der Lehrerbildung. Professionalisierungsprozesse angehender Lehrkräfte untersuchen*. Wiesbaden: Springer. 153-177.
- Herbst, P. & Kosko, K.W. (2013). Using representations of practice to elicit mathematics teachers' tacit knowledge of practice: A comparison of responses to animations and videos. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 17 (6), 515-537
- Leuchter, M. (2017). *Kinder erkunden die Welt. Frühe naturwissenschaftliche Bildung und Förderung*. Stuttgart: Kohlhammer.
- Orientierungsplan für Bildung und Erziehung in baden-württembergischen Kindergärten und weiteren Kindertageseinrichtungen. Fassung vom 15. März 2011.
- Rutsch, J. (2016). *Entwicklung und Validierung eines Vignettentests zur Erfassung des fachdidaktischen Wissens im Leseunterricht bei angehenden Lehrkräften*. Heidelberg.
- Seidel, T., Stürmer, K., Blomberg, G., Kobarg, M., & Schwindt, K. (2011). Teacher learning from analysis of videotaped classroom situations: Does it make a difference whether teachers observe their own teaching or that of others? *Teaching and Teacher Education*, 27, 259-267.
- Steffensky, M., Lankes, E.-M., Carstensen, C. H. & Nölke, C. (2012). Alltagssituationen und Experimente: Was sind geeignete naturwissenschaftliche Lerngelegenheiten für Kindergartenkinder? *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 15(1), 37–54.
- Steffensky, M. (2017). *Naturwissenschaftliche Bildung in Kindertageseinrichtungen. Weiterbildungsinitiative Frühpädagogische Fachkräfte, WiFF Expertisen, Band 48*, München: WiFF.
- Syring, M., Bohl, T., Kleinknecht, M., Kuntze, S., Rehm, M. & Schneider, J. (2015). Videos oder Texte in der Lehrerbildung? Effekte unterschiedlicher Medien auf die kognitive Belastung und die motivational-emotionalen Prozesse beim Lernen mit Fällen. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 18(4), 667-685.

Justin Gantenbein¹
 Vanessa Lang¹
 Christopher W.M. Kay^{1,2}

¹Universität des Saarlandes
²University College London

Modelle als Mittler – Digitale Elemente beim Umgang mit Modellen zu chemischen Reaktionen

Zielsetzung und Bezug zum Symposium

Modelle liefern im naturwissenschaftlichen Unterricht Erklärungsansätze für Phänomene der realen Welt und wirken somit als Mittler zwischen dem Lernenden und dem Fachinhalt. In dieser Arbeit wirkt zusätzlich noch das digitale Medium als Mittler, da im folgend vorgestellten Forschungsprojekt digitale Modelldarstellungen und deren Auswirkung auf die Förderung von Modellbildungskompetenz sowie das kognitive Belastungserleben der Lernenden erforscht.

Theoretisch-konzeptionelle Vorüberlegungen

Cognitive Load Theory (CLT)

Die CLT (Sweller, 1988) beschreibt die drei Quellen des kognitiven Belastungserlebens *extraneous cognitive load (ECL)*, *intrinsic cognitive load (ICL)* und *germane cognitive load (GCL)*. Während der ICL im Lerngegenstand selbst besteht, wird der ECL durch die Darbietung des Arbeitsmaterials hervorgerufen. Der GCL wird als lernförderlicher cognitive load definiert, da dadurch die Bildung kognitiver Schemata unterstützt wird. Somit stellt ein Ziel der Lehrperson bei der Konzeption von Unterrichtsmaterialien dar, den ECL durch Einhalten der Gestaltungsprinzipien (Ballstaedt, 1997) zu vermindern und den GCL zu fördern.

Modellbildungskompetenz und Modellbildungsprozess

Nach Lang et al. (2021) beinhaltet die Modellkompetenz Bereiche *nature of models (N)* und *multiple models (M)*, während die Modellbildungskompetenz die Bereiche *purpose of models (P)*, *testing models (T)* und *changing models (C)* umfasst.

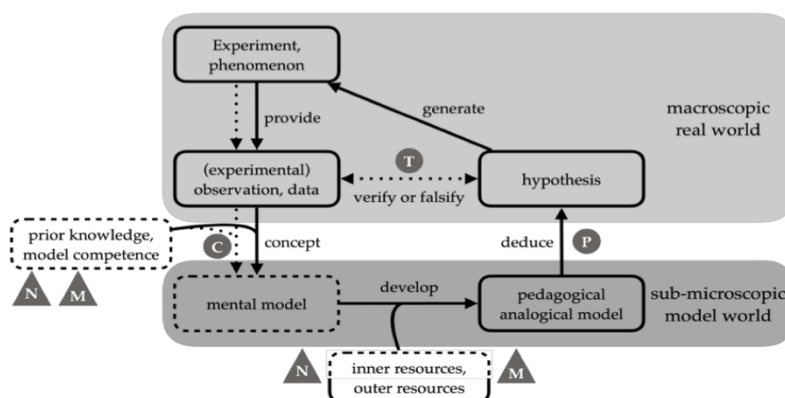


Abb. 1 Modellierungsprozess der Chemie nach Lang et al. (2021, Seite 11)

Basierend auf diesen Kompetenzen entwickelten Lang et al. (2021) einen fünfgliedrigen Modellierungsprozess, der durch seine Strukturierung die Modellkompetenz (N, M) aktivieren und die Modellbildungskompetenz (C, P und T) fördern soll. Dieser ist nach den Repräsentationsebenen nach Johnstone (1991) in die makroskopische und submikroskopische Welt unterteilt.

Einsatz digitaler Medien

Im naturwissenschaftlichen Unterricht findet eine große Vielfalt unterschiedlicher digitaler Medien Verwendung, wie beispielsweise interaktive E-Books, Augmented Reality (AR) (z.B. Seibert et al., 2020)), Lernapps oder Stop-Motion-Videos (z.B. Krause & Eilks, 2020)). Diese weisen ein hohes Potential auf, den Fachwissenszuwachs und das Modelldenken in Lernprozessen zu unterstützen (z.B. Chauhan (2017)). Diese Potenziale sollen im vorgestellten Projekt zur Unterstützung der Entwicklung von Modellbildungskompetenz und Fachwissen ausgeschöpft werden.

Forschungsvorhaben

Digitale Medien als Gelingensbedingung der Modellbildung

Ausgehend von einer evaluierten Unterrichtseinheit zum Gesetz der Erhaltung der Masse wurden zwei verschiedene digitale Umsetzungen entwickelt. Beide Umsetzungen nutzen die Abbildung des Modellierungsprozesses als optischen Anker, um durch die Unterrichtseinheit zu leiten. Die erste Umsetzungsvariante wurde als interaktives e-Book entwickelt, in dem alle Aufgabestellungen und Bearbeitungen – abgesehen von den Experimenten – in digitaler Form dargeboten werden. Jede Seite des e-Books ist im gleichen Grunddesign gestaltet, welches eine Kopf- und Fußzeile sowie den zum Modellierungsprozess gehörigen Arbeitsbereich umfasst. Die Fußzeile enthält die Symbole der einzelnen Arbeitsschritte und dient somit als Navigationsleiste, aus der die SchülerInnen ihren Fortschritt ablesen können. In der Kopfzeile befindet sich neben Steuerungselementen und dem Symbol des Modellierungskreislaufs der Arbeitsauftrag. Der Arbeitsbereich lässt neben dem Arbeitsauftrag auch Platz für Bearbeitungen. Im Gegensatz zu dieser rein digitalen Umsetzung der Unterrichtseinheit wurde in der zweiten Variante eine Mischform zwischen analogem und digitalem Arbeitsmaterial entwickelt. Dazu wurde ein Arbeitsblatt mit AR derart angereichert, dass die SchülerInnen die Arbeitsaufträge in der AR einsehen können und diese auf dem analogen Arbeitsblatt bearbeiten. In der Mitte des Arbeitsblattes befindet sich eine didaktisch reduzierte Abbildung des Modellierungsprozesses (Abb. 1) und um diese Abbildung wurden Textfelder platziert, in denen die SchülerInnen ihre Antworten notieren. Zudem werden in der AR-Variante, Prozesse auf der Teilchenebene als Stop-Motion-Videos dargestellt, um die Dynamik der chemischen Reaktion darzustellen (Mamlök-Naaman et al., 2022). Dadurch soll eine tiefere Auseinandersetzung mit dem Fachinhalt stattfinden (Krause & Eilks, 2020), sodass ein positiver Effekt auf die Ausbildung der Modellbildungskompetenz bewirkt wird. Darüber hinaus wurden in beiden Umsetzungen zur Genese der mentalen Modelle Verständnis- und Sprachtipps implementiert, die die SchülerInnen zum einen dabei unterstützen sollen mentale Modelle zu entwickeln und zum anderen die Begrifflichkeit *mental* zu definieren.

Forschungsfragen

Aus den theoretisch-konzeptuellen Vorüberlegungen sowie den Potenzialen digitaler Medien für die Förderung der Modellbildungskompetenz lassen sich drei Forschungsfragen ableiten:

- Wirkt dich der Einsatz von AR als Mittler positiver auf das Fachwissen der SchülerInnen aus?
- Entwickelt sich die Modellbildungskompetenz der SchülerInnen durch die dynamische Darstellung der Teilchenebene in einem Stop-Motion-Video stärker?
- Führt eine gemischte Darstellung der Lernmaterialien in Form eines mit AR angereicherten Arbeitsblattes zu einem größeren kognitiven Belastungserleben als eine rein digitale Lernumgebung?

Design

Beide Varianten wurden in einer zehnten Klasse der Gemeinschaftsschule getestet (n=45). Die Forschungsfragen wurden mittels Fragebögen in einem Prä-Post-Vergleichsgruppendesign erhoben, welcher sowohl offene als auch geschlossene Items bezüglich des Fachwissens beinhaltet. Im Hinblick auf das externe kognitive Belastungserleben und die Modellbildungskompetenz wurden geschlossene Items (5-Punkt-Likert-Skala von 4 = *trifft völlig zu* bis 0 = *trifft gar nicht zu*) eingesetzt.

Ergebnisse

Die Auswertung der Fragebögen erfolgt mittels t-Test, um Aussagen bezüglich der Forschungsfragen zu ermöglichen.

Die Auswertung zeigt, dass das kognitive Belastungserleben der SchülerInnen bei der Mischform aus analog und digital signifikant höher ist als bei der rein digitalen Umsetzung ($t(45)=-1.71$, $p < 0.05$). Die Umsetzung mit AR zeigt einen signifikanten Anstieg der Modellbildungskompetenz der SchülerInnen ($t(25)=-5.98$, $p < 0.001$), während bei der anderen Umsetzung kein signifikanter Zuwachs festgestellt wurde ($t(20)=-0.56$, $p=0.29$). Beide Varianten zeigen signifikante Anstiege des Fachwissens der SchülerInnen (AR: $t(25)=-3.64$, $p < 0.01$; e-Book: $t(20)=-2.77$, $p < 0.01$).

Interpretation der Ergebnisse

Die Signifikanzanalyse zeigt keinen signifikanten Unterschied des Fachwissens der beiden Varianten ($t(45)=-0.75$, $p=0.23$), der Vergleich der Mittelwerte ($M(\text{AR})=3.20$; $M(\text{e-Book})=2.90$) lässt allerdings positive Tendenzen bzgl. der ersten Hypothese erahnen. Die Hypothese bezüglich der stärkeren Entwicklung der Modellkompetenz durch Stop-Motion-Videos wurde durch die Signifikanzanalyse bestätigt ($t(45)=-2.94$, $p=0.003$), ebenso wie die Hypothese bezüglich der kognitiven Belastung ($t(45)=-1.71$, $p=0.05$).

Fazit und Ausblick

Das vorgestellte Projekt weist positive Ergebnisse im Hinblick auf die Modellbildungskompetenz der SchülerInnen auf. Dabei zeigte sich, dass vor allem die dynamische Darstellung der Teilchenebene einen großen Einfluss auf die Entwicklung der Modellbildungskompetenz der SchülerInnen hat. Zudem konnte gezeigt werden, dass die Art der Digitalisierung unterschiedliche Einflüsse auf das externe kognitive Belastungserleben der SchülerInnen aufweist, welche vor allem durch den Wechsel zwischen analogem und

digitalem Arbeitsmaterial hervorgerufen wird. Bezüglich des Fachwissens sind Zuwächse durch die Intervention erkennbar, jedoch weist die Art der Digitalisierung in diesem Projekt keinen Einfluss auf die Ausbildung des Fachwissens der SchülerInnen auf.

Aufgrund der kleinen Stichprobe sind die Ergebnisse nicht als absolut, sondern als Tendenzen zu bewerten. Durch wiederholte Testungen und die somit vergrößerte Stichprobe können empirisch belegte Aussagen getroffen werden, die zu diesem Zeitpunkt nicht möglich sind.

Eine Erweiterung des Projektes würde der Vergleich beider Umsetzungen darstellen, in dem beide Varianten mit sowohl analogen wie auch dynamischen Modelldarstellungen eingesetzt werden. Dadurch würden spezifischere Kausalaussagen ermöglicht werden.

Literatur

- Ballstaedt, S.-P. (1997). Wissensvermittlung. Die Gestaltung von Lernmaterial. Weinheim: Beltz-PVU.
- Chauhan, S. (2017). A meta-analysis of the impact of technology on learning effectiveness of elementary students. *Computers & Education* (105). 14-30.
- Johnstone, A.H. (1991). Why is science so difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning* 7(2). S. 75-83.
- Krause, M. & Eilks, I. (2020). Lernen durch das Erstellen von Stop-Motion-Videos – Strategien aus dem naturwissenschaftlichen Unterricht. In S. Dorgerlog, & K. Wolf (Hrsg.), *Lehren und Lernen mit Tutorials und Erklärvideos* (S. 163-170). Weinheim: Beltz
- Lang, V., Eckert, C., Perels, F., Kay, C.W.M. & Seibert, J. (2021). A Novel Modelling Process in Chemistry: Merging Biological and Mathematical Perspectives to Develop Modelling Competences. *Education sciences*.
- Mamlouk-Naaman, R., Bodner, G., Hofstein, A., & Eilks, I. (2022). Professional Development of Chemistry Teachers: Theory and Practice. London, UK: Royal Society of Chemistry.
- Seibert, J. Marquardt, M., Pinkle, S., Carbon, A., Lang, V., Heuser, K., Perels, F., Huwer, J. & Kaay, C. W. M. (2020). Linking Learning Tools, Learning Companion and Experimental Tools in a Multitouch Learning Book. *World Journal of Chemical Education* 8(1), 9-20.
- Sweller, J. (1998). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. In *Cognitive Science*, 12 (S. 257-258).

Eva Bühler¹
 Bettina Grab¹
 Markus Rehm¹
 Hendrik Lohse-Bossenz²
 Kim Lange-Schubert³
 Tim Billion-Kramer⁴

¹PH Heidelberg
²Uni Greifswald
³Uni Leipzig
⁴PH Ludwigsburg

Naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen in der frühen Bildung

Frühe naturwissenschaftliche Bildung

In den letzten Jahren werden die Forderungen nach früher naturwissenschaftlicher Bildung häufiger (Leuchter, 2017). Oft kommt hier die Befürchtung auf, der Elementarbereich werde verschult. Kinder, so zeigt sich, sind bereits von sich aus neugierig und befassen sich selbstständig mit den Phänomenen der belebten und unbelebten Natur (Anders & Steffensky, 2019; Koerber et al., 2022). Sehr früh besitzen Kinder Fähigkeiten im Wahrnehmen und Denken (Koerber et al., 2022): sie beobachten, vergleichen, forschen und entwickeln bereits erste eigene Erklärungsmodelle („Die Sonne geht nachts schlafen“). Für die naturwissenschaftliche Bildung zentral ist das Finden von Regeln und Zusammenhängen, die Bildung von Kategorien und schlussfolgerndes Denken. Zum Erlernen dieser Fähigkeiten benötigen Kinder eine Umgebung, die sie dazu ermutigt (OP BW, 2011; Anders & Steffensky, 2019; Leuchter, 2017). Ausgangspunkt für frühe naturwissenschaftliche Bildung sind die kindliche Neugier und das Prinzip des forschenden Lernens (Aufenanger, 2019).

Naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen

Mit früher naturwissenschaftlicher Bildung sollen naturwissenschaftliche Interessen und kindliche Neugier kultiviert und gefördert werden. Kinder sollen so naturwissenschaftliche Erkenntnisse einschätzen und sich die Welt auch naturwissenschaftlich erklären können (Steffensky, 2017). Das Ausprobieren und Tun von Kindern wird im Rahmen früher naturwissenschaftlicher Bildung in Kindertagesstätten erst dann zu Naturwissenschaft, wenn naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen ins Spiel kommen (Leuchter, 2017). Sie bilden somit einen „Mittler“ zwischen Lernenden und naturwissenschaftlichen Inhalten. Die Denk- und Arbeitsweisen können in ihrer Komplexität stark variieren und müssen der Altersstufe entsprechend angepasst werden. Einige Denk- und Arbeitsweisen bieten sich aus einer alltagsintegrierten Perspektive besonders an, so können Kinder beispielsweise durch Sammeln, Aufräumen oder Wiegen Denk- und Arbeitsweisen wie Vergleichen, Ordnen oder Messen erleben. Die Anbahnung kann nicht nur aus Alltagssituationen heraus, sondern auch durch gezielte Lerngelegenheiten erfolgen (Steffensky et al., 2018). Daher lassen sich keine spezifischen Denk- und Arbeitsweisen als besonders geeignet für den Elementarbereich benennen (Steffensky, 2017). Die Denk- und Arbeitsweisen werden oft als Kreislauf (s. Abb. 1) dargestellt, folgen aber weder einer vorgegebenen Abfolge noch werden sie immer gemeinsam eingesetzt (Leuchter, 2017). Im Projekt EScI-K (s. u.) arbeiten wir mit der Konzeptionierung des Kooperationspartners Forscherstation, eine Einrichtung mit berufsbegleitenden Fortbildungen und Workshops für pädagogische Fach- und Lehrkräfte (Forscherstation, 2022).

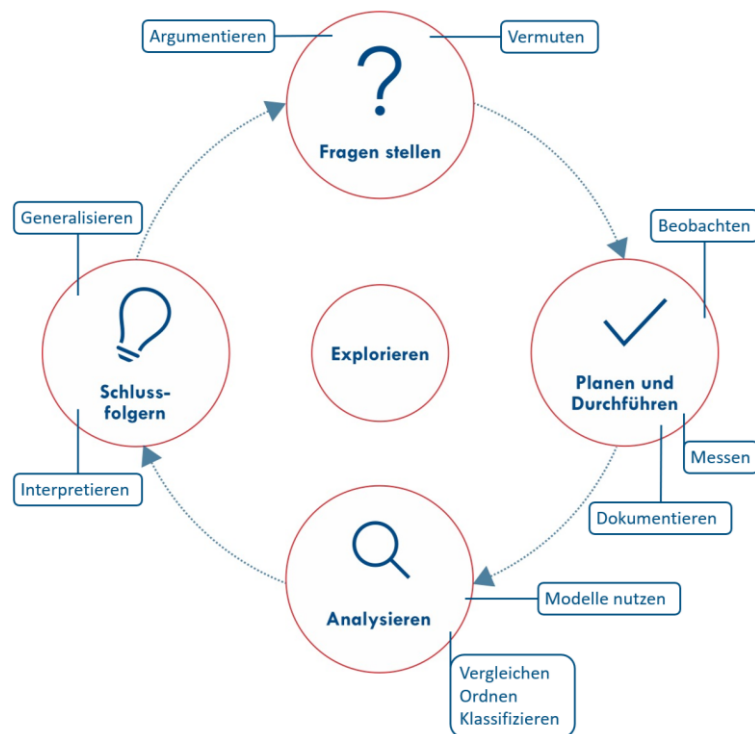


Abb. 1: Forscherkreislauf der Forscherstation (vgl. auch Steffensky, 2017; Leuchter, 2017)

Pädagogische Fachkräfte

In der Kita sollen pädagogische Fachkräfte naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen anregen und unterstützen und die Kinder in ihrer Neugierde und ihrem Forschungsdrang begleiten. Um diese Bildungsprozesse anzustoßen, benötigen pädagogische Fachkräfte naturwissenschaftliches Wissen und fachdidaktische Kompetenzen. Diese sind zusammen mit ihrer Motivation und ihren Überzeugungen Voraussetzung für die Bereitstellung qualitativ hochwertiger Lernangebote (Anders & Steffensky, 2019; Steffensky et al., 2018). Eine weitere Voraussetzung ist ein konzeptuelles Verständnis naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen. Hierzu zählt beispielsweise die Unterscheidung zwischen einer wissenschaftlichen und einer alltäglichen Beobachtung.

Zu den beruflichen Anforderungen pädagogischer Fachkräfte gehört die Bereitstellung von Lernumgebungen zu naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen. Hierzu ist es wichtig, dass pädagogische Fachkräfte sich selbst als Lernende und Forschende sehen und eine fragende Haltung einnehmen. Auch müssen sie die Interessen der Kinder erkennen und ihre unterschiedlichen Entwicklungsstände beachten. Sie beobachten und reflektieren deren Eigenaktivitäten und greifen deren Interessen und Themen auf (OP BW, 2011; Leuchter, 2017). Die pädagogische Qualität der Lernangebote hängt dabei auch von der pädagogischen Interaktion zwischen Fachkraft und Kindern ab (Anders & Steffensky, 2019). Fachdidaktisches Wissen bezeichnet nicht nur das fachliche Wissen, sondern auch darüber hinaus das Wissen über die Vorstellungen der Lernenden und das Wissen, wie Fachinhalte

den Kindern nähergebracht werden können (Skorsetz et al., 2020). Im frühpädagogischen Bereich mangelt es noch immer an empirischen Befunden zum Professionswissen von Fachkräften. Das ist u.a. auf einen Mangel an (handlungsnahen) Erhebungs- und Messinstrumenten zurückzuführen (Steffensky et al., 2018).

Projekt EScI-K

Im Projekt EScI-K (Explore Scientific Inquiry – Kindergarten) wird daher ein Vignettest zur Erfassung des Professionswissens pädagogischer Fachkräfte zu naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen entwickelt. Vignetten sind Darstellungen von alltagsnahen Situationen in Kitas. Spezifisch werden Vignetten zu den Denk- und Arbeitsweisen (1) Fragen stellen, (2) Vermuten, (3) Beobachten, (4) Ordnen und Systematisieren, (5) Messen, (6) Untersuchungen planen und durchführen konstruiert. Die pädagogischen Fachkräfte werden gebeten, schriftlich präsentierte Handlungsalternativen – sogenannte Items – auf ihre Geeignetheit hin einzuschätzen, frühe naturwissenschaftliche Bildung anzuregen. Das Testinstrument umfasst acht Situationen, die jeweils in den Formaten Text, Comic und Video erstellt wurden. In einer Teilstudie werden diese Formate anhand mehrerer Variablen verglichen, um so Aussagen zum Ausmaß kognitiver Auseinandersetzung von pädagogischen Fachkräften treffen zu können.

Literatur

- Anders, Y., & Steffensky, M. (2019). Frühe naturwissenschaftliche Bildung. *Frühe Bildung*, 8(1), 1–2.
- Aufenanger, S. (2019). MINT schon im Kindergarten!?. *Frühe Bildung*, 8(1), 53-58.
- Forscherstation (2022). Mit Kindern die Welt entdecken – wir begeistern für Naturwissenschaften. Link: www.forscherstation.info
- Koerber, S., Sodian, B. & Osterhaus, C. (2022). Entwicklung des naturwissenschaftlichen Denkens. In J. Kahlert, M. Fölling-Albers, M. Götz, A. Hartinger, S. Müller & S. Wittkowske (Hrsg.), *Handbuch Didaktik des Sachunterrichts* (3. überarb. Auflage). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Leuchter, M. (2017). *Kinder erkunden die Welt. Frühe naturwissenschaftliche Bildung und Förderung*. Stuttgart: Kohlhammer.
- Orientierungsplan für Bildung und Erziehung in baden-württembergischen Kindergärten und weiteren Kindertageseinrichtungen. Fassung vom 15. März 2011.
- Skorsetz, N., Öz, L., Schmidt, J. K. & Kucharz, D. (2020). Entwicklungsverläufe von pädagogischen Fach- und Lehrkräften in der frühen MINT-Bildung. In Stiftung Haus der kleinen Forscher (Hrsg.), *Wirkungen naturwissenschaftlicher Bildungsangebote auf pädagogische Fachkräfte und Kinder. Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“* (Band 13). Opladen, Berlin, Toronto: Verlag Barbara Budrich. 46-126.
- Steffensky, M. (2017). *Naturwissenschaftliche Bildung in Kindertageseinrichtungen. Weiterbildungsinitiative Frühpädagogische Fachkräfte, WiFF Expertisen, Band 48*, München: WiFF.
- Steffensky, M., Anders, Y., Barenthien, J., Hardy, I., Leuchter, M., Oppermann, E., Taskinen, P. & Ziegler, T. (2018). *Early Steps into Science – EASI Science. Wirkungen früher naturwissenschaftlicher Bildungsangebote auf die naturwissenschaftlichen Kompetenzen von Fachkräften und Kindern*. In Stiftung Haus der kleinen Forscher (Hrsg.), *Wirkungen naturwissenschaftlicher Bildungsangebote auf pädagogische Fachkräfte und Kinder. Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“* (Band 10). Opladen, Berlin, Toronto: Verlag Barbara Budrich. 50-138.

Marie Fischer¹
 Patrick Peifer¹
 Markus Peschel¹
 Luisa Lauer¹

¹Universität des Saarlandes

Phänomenbegegnungen als Mittler beim Experimentieren von Grundschulkindern

Ausgangslage

Zum Thema „Schwimmen und Sinken“ sind Lernendenvorstellungen (Perspektive auf das Kind) vielfach beforscht (Furtner, 2016). Fachliche Hintergründe zu den Erklärungsansätzen Auftriebskraft oder Dichte sind ebenfalls aufgearbeitet (Wodzinski, 2006) als Perspektive auf die Sache. Im Folgenden wird der Erklärungssatz zu dem Phänomen Auftrieb über Dichtewechselwirkungen bzw. -differenzen verfolgt (Fischer, 2020). Zu diesem Ansatz – im Gegensatz zum Auftriebskraftkonzept – liegen noch wenige Experimentierangebote für die Grundschule vor, die *Auftriebsphänomene als Mittler* zwischen Kind und Sache über Dichtewechselwirkungen fokussieren.

Unter Einbezug der Ergebnisse aus Grundlagenforschung (Hußmann et al., 2013) im Sinne der Didaktischen Rekonstruktion (Kattmann et al., 1997) bezieht sich die Rolle der Phänomene als *Mittler* auf die Didaktische Strukturierung des Lerngegenstandes „Dichtewechselwirkungen“. Zugänge zum Thema werden den Lernenden meist über a) den Einsatz von Alltagsgegenständen, deren Schwimmverhalten in Wasser überprüft wird, z.B. Korken, Besteck etc. oder b) vorbereitetes „didaktisches Material“, z.B. Einheitswürfel aus unterschiedlichen Materialien, was den Einfluss bestimmter Eigenschaften auf das Schwimmverhalten bereits vorab modelliert, angeboten.¹

Die Zugänge über a) und b) erlauben nur eingeschränkte Variationen – die fest vorgegebenen Einheitswürfel können nur verglichen, nicht aber verändert werden. Der Umgang mit Festkörpern (in Wasser) vernachlässigt zudem den Vergleich weiterer (bekannter) Phänomene, z.B. unterschiedliche Flüssigkeiten, die wechselwirken – Süßwasser, Salzwasser, Öl, Spiritus etc. In der hier skizzierten Forschung (Promotionsvorhaben) werden Möglichkeiten der Phänomenbegegnung als Mittler zwischen Kind und Sache beim Experimentieren, z.B. beim Schichten von Flüssigkeiten oder dem Transfer von Konzepten auf andere Fluide aufgezeigt.²

¹ Die Größe Volumen wird bei den Einheitswürfeln gleichgehalten, sodass für die Lernenden nur die Masse der Einheitswürfel zum Vergleich des Schwimmverhaltens dienen kann (Möller, 2005).

² Wie diese Phänomenbegegnung mit Studierenden des Lehramts für Primarstufe realisiert werden kann, zeigen Fischer & Peschel (2023 i.V.). Die Studierenden zeigten in einer Erhebung (Krämer, 2022) die gleichen Konzepte wie Kinder im Grundschulalter zur Erklärung des Schwimmverhaltens (z.B. Material- oder Luftkonzept) (Barkhau et al., 2020); lediglich Zweck- und Druckkonzept entsprechen stärker der kindlichen, animistischen Denkweise (Furtner, 2016; Wagenschein, 1971).

Dichteverständnis von Grundschulkindern

Ein implizites (noch nicht ausreichend verbalisierbares³) und intuitives Dichtekonzept zeigt sich bei Grundschulkindern in Aussagen wie „Holz ist leichter als Eisen“ oder „Das Gewicht ist beim Schiff besser verteilt als bei der Eisenkugel“ (Engelen et al., 2002; Möller, 1999; Klewitz, 1989). Die Lernenden begründen damit das Schwimmverhalten von Gegenständen (Einheitswürfeln), die ihnen im Sachunterricht direkt präsentiert werden, aber auch von „Gegenständen“, die ihnen nicht direkt präsentiert werden (können) und zu denen sie von der Lehrkraft befragt werden (z.B. Warum schwimmt ein (schweres, großes) Schiff (aus Eisen)?; Möller, 2005). Dabei soll es u.E. bei der Phänomenbegegnung der Lernenden (noch) nicht um die Einführung der Formel zur Dichte als Mathematisierung oder der Erarbeitung einer Vorstellung einer Teilchenvorstellung gehen (Wagenschein, 1971).

Forschungsvorhaben

Im angestrebten Forschungsvorhaben werden Phänomene und Experimentierangebote zur Entwicklung bzw. Förderung eines (anschlussfähigen) Dichtekonzepts entwickelt und mit Lernenden im Grundschulalter erprobt. Die Zugriffsmöglichkeiten auf den Lerngegenstand bzw. auf das Auftriebsphänomen als Dichtewechselwirkungskonzept werden in einem iterativen Prozess durch Design-Experimente (Hußmann et al., 2013) erfasst.

Dabei sollen Lernende ein anschlussfähiges Dichtekonzept entwickeln, indem Aspekte wie Schichtungen von Flüssigkeiten (z.B. verschiedene Zuckerlösungen in verschiedenen Farben eingefärbt), Löslichkeitsverhalten von Stoffen in Flüssigkeiten (z.B. Salz in Wasser), Volumenänderungen von Gasen aufgrund unterschiedlicher Temperaturen (z.B. Münze auf der Öffnung einer kalten Flasche, die erwärmt wird) oder Masse- und Volumenmessungen (Kernlehrplan Mathematik Grundschule, Ministerium für Bildung, Familie, Frauen und Kultur Saarland, 2009) im Sinne eines fächerübergreifenden Spiralcurriculums aufgegriffen werden. Dazu werden Lernende im Grundschulalter mit ausgewählten Phänomenen „konfrontiert“ und durch diese zum Experimentieren angeregt, um in einem begleitenden Interview ihre (konzeptuellen) Vorstellungen dazu zu äußern. Dem Interview wird ein Wissenstest zur Dichte (angelehnt an Zenger & Bitzenbauer, 2022) vorangestellt, um eine maximale Kontrastierung im Vorwissen der Lernenden abzubilden. Nur so lassen sich u.E. Aussagen der Lernenden erfassen und ggf. zu einem (intuitiven) Dichtekonzept rekonstruieren und explizieren.

Fazit

Bisherige Forschungen nutzen als Mittler zwischen Kind und Sache (Auftrieb) zumeist Versuche mit Festkörpern in Wasser (als Fluid). Dies ist in mehrfacher Hinsicht reduziert, da es u.a. mögliche Transferkonzepte einschränkt sowie grundlegende Anschlussfähigkeiten des Dichtewechselwirkungskonzepts verkennt. Die Vorteile einer umfangreichen phänomenologischen Auseinandersetzung zur Konzeptbildung samt Transferoptionen auf andere Fluide und weitere Materie (nicht nur Festkörper) scheint insgesamt vielversprechend.

³ Dann auch durch bisherige Forschung (Hardy et al., 2006) mittels quantitativer Fragebogenerhebungen nicht erfassbares Verständnis, weil Ausdrücke wie Auftrieb, Masse oder Volumen den Lernenden in ihrer Bedeutung nicht bekannt sind.

Literatur

- Barkhau, J., Kühn, C., Wilde, M. & Basten, M. (2020). „Alles, was schwer ist, geht unter.“ Warum Lehrer*innen-Vorstellungen wichtig sind – Ein Konzept für eine Seminarsequenz zum Thema „Schwimmen und Sinken“. Herausforderung Lehrer*innenbildung: Zeitschrift zur Konzeption, Gestaltung und Diskussion (HLZ) 4 (2), 10-27.
- Engelen, A., Jonen, A. & Möller, K. (2002): Lernfortschrittsdiagnosen durch Interviews - Ergebnisse einer Pilotstudie zum „Schwimmen und Sinken“ im Sachunterricht der Grundschule. In K. Spreckelsen, K. Möller & A. Hartinger (Hrsg.), Ansätze und Methoden empirischer Forschung zum Sachunterricht. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt, 155–173.
- Fischer, M. (2020). Fachliche Konzepte zum Thema „Schwimmen und Sinken“ im naturwissenschaftlich-orientierten Sachunterricht. Universität des Saarlandes [unveröffentlicht].
- Fischer, M. & Peschel, M. (2023). Dichtephänomene in der Hochschullernwerkstatt, i.V.
- Furtner, M. (2016). Kinderaussagen zu naturwissenschaftlichen Phänomenen. Eine Untersuchung historischer und aktueller Befunde im Kontext des Sachunterrichts. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt.
- Hardy, I., Jonen, A., Möller, K. & Stern, E. (2006). Effects of Instructional Support Within Constructivist Learning Environments for Elementary School Students' Understanding of "Floating and Sinking. Journal of Educational Psychology, Vol. 98, No. 2, 307.326.
- Hußmann, S., Thiele, J., Hinz, R., Prediger, S. & Ralle, B. (2013). Gegenstandsorientierte Unterrichtsdesigns entwickeln und erforschen. Fachdidaktische Entwicklungen im Dortmunder Modell. In M. Komorek & S. Prediger (Hrsg.), Der lange Weg zum Unterrichtsdesign: Zur Begründung und Umsetzung genuin fachdidaktischer Forschungs- und Entwicklungsprogramme. Münster: Waxmann, 25–42.
- Kattmann, U., Gropengießer, H. & Komorek, M. (1997): Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion - Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, Jg. 3, Heft 3, 3–18.
- Klewitz, E. (1989). Zur Didaktik des naturwissenschaftlichen Sachunterrichts eine Untersuchung von Unterrichtsmodellen am Beispiel von "Schwimmen und Sinken" vor dem Hintergrund der genetischen Erkenntnistheorie Piagets. Mülheim/Ruhr: Westarp.
- Krämer, S. (2022). Dichtevorstellungen von Studierenden des Lehramts für Primarstufe. Universität des Saarlandes [unveröffentlicht].
- Ministerium für Bildung, Familie, Frauen und Kultur (2009). Kernlehrplan Mathematik Grundschule. https://www.saarland.de/SharedDocs/Downloads/DE/mbk/Lehrplaene/Lehrplaene_Grundschule/GS_Kernlehrplan_Mathematik.pdf?__blob=publicationFile&v=2 [28.10.22]
- Möller, K. (2005). Die KiNT-Boxen - Kinder lernen Naturwissenschaft und Technik. Klassenkisten für den Sachunterricht. Paket Schwimmen und Sinken. Essen: Spectra-Verlag.
- Möller, K. (1999). Konstruktivistisch orientierte Lehr-Lernprozeßforschung im naturwissenschaftlich-technischen Bereich des Sachunterrichts. In W. Köhnlein, B. Marquardt-Mau & H. Schreier (Hrsg.), Vielperspektivisches Denken im Sachunterricht. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 125-191.
- Wagenschein, M. (1971). Die pädagogische Dimension der Physik. Braunschweig: Westermann Verlag.
- Zenger, T. & Bitzenbauer, P. (2022). Die Dichte im Physikunterricht: Pilotierung einer deutschen Version des Density Survey. In S. Habig & H. van Horst (Hrsg.), Unsicherheit als Element von naturwissenschaftsbezogenen Bildungsprozessen, Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung 2021, Band 42.
- Wodzinski, R. (2006). Schwimmen und Sinken – Ein anspruchsvolles Thema mit vielen Möglichkeiten. In G. Lück & H. Köster (Hrsg.), Physik und Chemie im Sachunterricht. Bad Heilbrunn/Braunschweig: Julius Klinkhardt/westermann, 75-94

Anna B. Bauer¹
Peter Reinhold¹

¹Universität Paderborn

PSΦ: Entwicklung einer abgestimmten Studieneingangsphase (Physik)

Ausgangslage

Die Studienabbruchquoten von MINT-Studiengängen sind deutschlandweit sehr hoch. Innerhalb dieser Fächergruppe sind Physikstudiengänge mit Abbruchquoten von fast 50% besonders betroffen (Heublein et al., 2020). Die Abbruchquoten sind u.a. auf Passungsschwierigkeiten zwischen den Vorstellungen und Fähigkeiten der Studierenden mit den Anforderungen des universitären Systems (expectation-experience gap, Holmegaard et al., 2014) zurückzuführen. Besonders herausfordernd erscheinen hier die fachlichen, die metakognitiven und sozialisatorischen Anforderungen an die Studierenden beim Start ins Studium zu sein. Die Studieneingangsphase kann dementsprechend als komplexes Wirkgefüge mit Anforderungen auf mehreren Ebenen verstanden werden (Bauer et al. 2018). Die Fachbereiche Physik unterschiedlicher Universitäten reagieren mit unterschiedlichen punktuellen Ansätzen auf die hohen Abbruchquoten. Neben Lernzentren sind z. B. Tutorienprogramme (Boud et al, 2014) oder Selbstlernmaterialien (Pflicht et al, 2021) entstanden. An der Universität Paderborn ist ein Lehr-Lernzentrum, der Physiktreff, entstanden. Ziel ist die Entwicklung einer kohärenten Studieneingangsphase. Kohärent bezieht sich zum einen darauf, dass die Unterstützungsmaßnahmen systematisch in alle Veranstaltungen der ersten Semester unter Nutzung der gleichen Gestaltungsprinzipien integriert werden. Diese werden im Sinne der Aktionsforschung (Ralle & di Fuccia, 2014) in einer Community of Practice (Bloh & Bloh, 2016) zusammen mit den Dozent:innen und Student:innen entwickelt, implementiert und evaluiert. Zum anderen werden bei allen Unterstützungsmaßnahmen nicht nur einzelne Herausforderungen in den Blick genommen. Vielmehr werden in allen Maßnahmen gleichzeitig die drei Anforderungsebenen (fachlich, metakognitiv, sozialisatorisch) adressiert.

Im Folgenden wird ein Überblick über das Forschungs- und Entwicklungsprogramm *Paderborner Studieneingangsphase Physik (PSΦ)* gegeben.

Forschungs- und Entwicklungsprojekt: Paderborner Studieneingangsphase Physik PSΦ

Die Ziele des Projektes PSΦ sind die Entwicklung einer kohärenten Studieneingangsphase mit passgenauer Beratungsstruktur sowie die Tiefenanalyse universitärer Lehr-Lernprozesse. Dazu werden Instrumente und Evidenzen unterschiedlicher Forschungsprojekte genutzt, um die Weiterentwicklung der Studieneingangsphase möglichst breit auf den unterschiedlichen Ebenen evaluieren zu können (siehe Abb. 1).

Eine der umfangreichsten Weiterentwicklungen in den vergangenen Jahren stellte die Überarbeitung des Übungsbetriebs der Vorlesungen der ersten zwei Semester (Vorkurs, Experimentalphysik & Theoretische Physik) dar (Bauer et al, 2020). Umfangreiche Bedarfsanalysen (2018) zeigten, dass die Student:innen von ernsthaften Schwierigkeiten bei Bearbeitung von Übungsaufgaben berichteten und etwa ein Drittel von ihnen im ersten Semester abgehängt werden (Woitkowski & Reinhold, 2018; Woitkowski & Riese, 2017).

Weiterhin wurden außercurriculare Angebote nicht angenommen, da die Student:innen ohnehin schon zeitlich sehr belastet sind. Es sind deswegen *Präsenzübungen* (Wahle, 2017) eingeführt worden.

| Fachliche Ebene | | Metakognitions-ebene | Sozialisations-ebene | Ebene der Lehre |
|---|--|---|---|---------------------------------|
| Fachwissenstests Mechanik, Mathematik, Theoretische Physik A | Wissenschafts- verständnis Experimentelle & Theoretische Physik | Gruppendiskussionen (2018 & 2022) Selbstregulation, Integration, Selbsteinschätzung, Herausforderungen | | |
| | | Fragebogen zu drei Testzeitpunkten | | SVK |
| Inhaltsanalyse Probeklausuren | | Mindset (Diederich, Spatz) | Sense of Belonging (Feser, Haak, Rabe) | Nutzungsevaluation Maßnahmen |
| Entwicklung Abbruchquote der Studiengänge & Quoten der Klausuren (Antritt und Bestehen) | | | | |

Abb. 1: Übersicht über die Instrumente zur Evaluation der Studieneingangsphase. Die ausgegrauten Bereiche stellen Kooperationsprojekte dar, die aktuell noch in der Erhebung sind (siehe deren Beiträge in diesem Band).

Anders als bei traditionellen Übungen, wo vorrangig zu Hause bearbeitete Aufgaben vorgestellt werden, erhalten die Student:innen Präsenzaufgaben, die sie vor Ort in der Übung zusammen mit den Kommiliton:innen rechnen. Sie können dabei jederzeit individuelle Unterstützung von den Übungsleiter:innen einfordern. Zusätzlich zu den Präsenzaufgaben erhalten sie weiterhin Heimaufgaben, zu denen sie eine Musterlösung erhalten. Weiterhin sind komplexitätsgestufte Aufgabenstellungen (Woitkowski, 2020) eingeführt worden, d. h. die Komplexität der Aufgaben wird je Themenfeld schrittweise erhöht. Die Aufgabenstellungen sind hinsichtlich ihres Schwierigkeitsgrades markiert, sodass die die Student:innen ihre Fähigkeiten im Bereich des Problemlösens passgenauer einschätzen können.

Die Evaluation zeigt, dass die Motivation sowie die Anmelde- und die Bestehensquote bei den Klausuren gestiegen sind. Mit dem Fachwissenstest von Woitkowski (2017) konnten bisher allerdings noch keine signifikanten Fachwissenszuwächse gemessen werden. Vor dem Hintergrund, dass der systematische Erwerb von Problemlösefähigkeiten bisher noch nicht adressiert wurde, erscheint dieser Befund plausibel. Der systematische Erwerb physikalischer Problemlösefähigkeiten wird deswegen im aktuellen Schwerpunktprojekt von PSΦ angelegt und evaluiert.

Entwicklung passgenauer (Selbstlern-) Unterstützungsmaterialien zum fachspezifischen Problemlösen

Ziel des Teilprojektes ist die Entwicklung von Selbstlernmaterialien für den Erwerb fachspezifischer Problemlösefähigkeiten im Rahmen eines Design Based Research Ansatzes (DBR, Wilhelm & Hopf, 2014) auf zwei Ebenen. Die Entwicklungsprinzipien sowie das Design sind in Abb. 2 dargestellt. Ziel ist das Ableiten von inhaltsabhängigen und inhaltsunabhängigen Gestaltungs- und Gelingensbedingungen. Perspektivisch sollen so Entwicklungssystematiken für Unterstützungsmaßnahmen sowie der Transfer erprobter Formate an andere Hochschulstandorte realisiert werden. Der DBR zum Physikalischen Grundpraktikum ist mittlerweile abgeschlossen. Die DBRs für die Experimentalphysik und die Theoretische Physik befinden sich aktuell im ersten Zyklus, der jeweils Ende nächsten Jahres abgeschlossen wird.

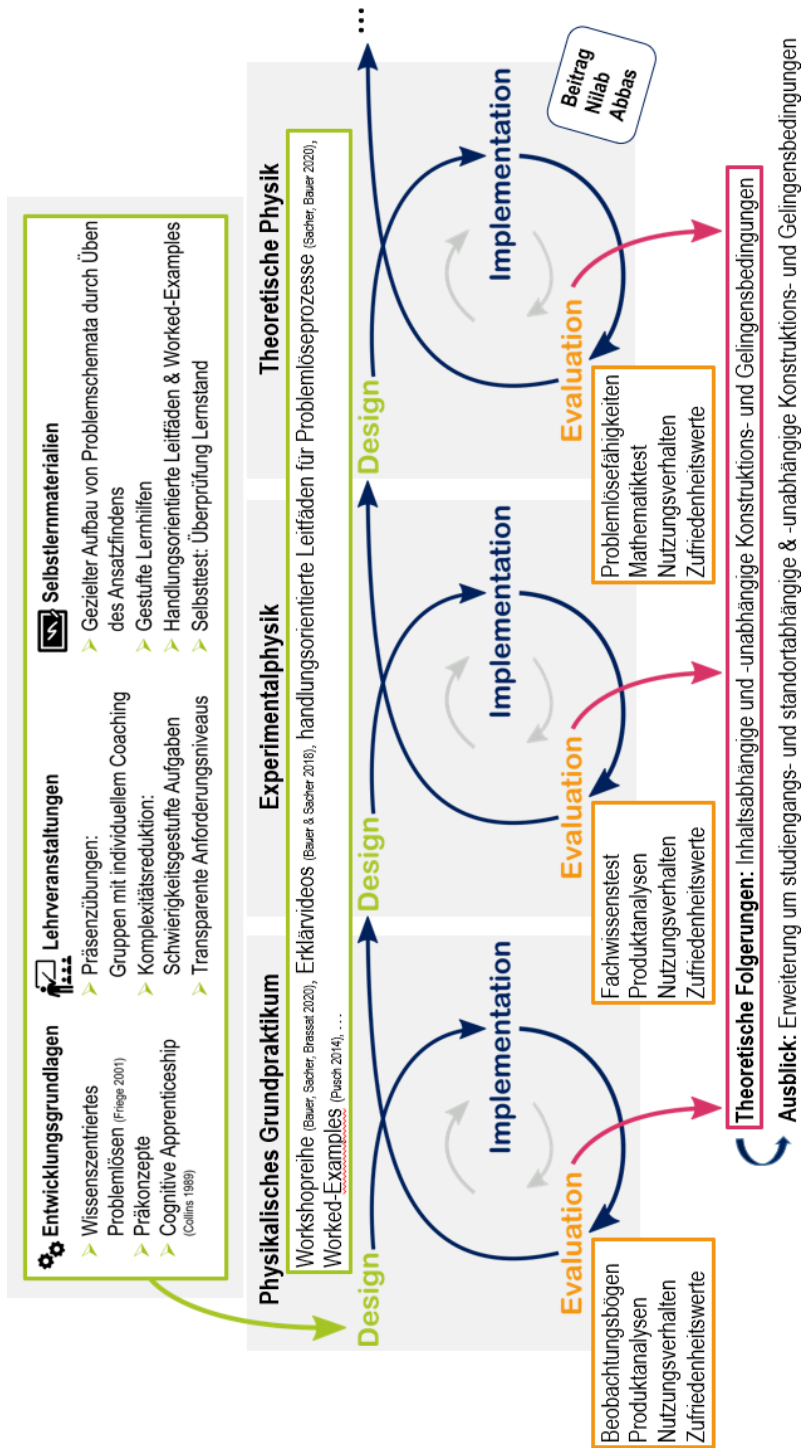


Abb. 2: Übersicht über den Design Based Research Ansatz auf zwei Ebenen, die Zielsetzungen und die Evaluationsinstrumente für die Entwicklung von Selbstlernmaterialien.

Literatur

- Bauer, A., Woitkowski, D., Reuter, D., & Reinhold, P. (2022). Fachliche und überfachliche Herausforderungen in der Studieneingangsphase Physik. In U. Fahr, A. Kenner, H. Angenent, & A. Eßer-Lüghausen (Eds.), *Hochschullehre erforschen*. Springer Fachmedien, 339–362.
- Bauer, A. B., Sacher, M. D. & Brassat, K. (2020). Studentische Akzeptanz und Relevanzwahrnehmung eines disziplinspezifischen Workshops „Wissenschaftliche Vorträge in der Physik“. *die hochschullehre*, Jahrgang 6/2020,
- Bauer, A. B., Lahme, S., Woitkowski, D., Vogelsang, C. & Reinhold, P. (2019). PSΦ: Forschungsprogramm zur Studieneingangsphase im Physikstudium. *PhyDid B – Didaktik der Physik – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung Aachen*, 53–60.
- Bauer, A., & Sacher M. (2018). Kompetenzorientierte, universitäre Laborpraktika: Das Paderborner Physik Praktikum (3P). *PhyDid B, Beiträge Zur DPG-Frühjahrstagung 2018 in Würzburg*, 65–72.
- Bloh, T. & Bloh, B. (2016). Lehrerkoooperation als Community of Practice. Zur Bedeutung kollektiv-impliziter Wissensbestände für eine kooperationsbedingte Kompetenzentwicklung. *Journal for educational research online*, 8 (3), 207–230.
- Boud, D.; Cohen, R.; Sampson, J. (2014). *Peer Learning in Higher Education*. Routledge: London
- Collins, A., Brown, J. S. und Newman & S. E. (1989). Cognitive-apprenticeship: Teaching the crafts of reading, writing, and mathematics. In L. B. Res-nick (Hrsg.), *Knowing, learning, and instruction. Essays in honor of Robert Glaser* (32-42). Hillsdale, NJ: LEA.
- Friege, G. (2001). Wissen und Problemlösen. Eine empirische Untersuchung des wissenszentrierten Problemlösens im Gebiet der Elektrizitätslehre auf der Grundlage des Experten-Novizen-Vergleichs (*Studien zum Physiklernen*, Bd. 19). Berlin: Logos.
- Heublein, U., Richter, J. & Schmelzer, R. (2020). Die Entwicklung der Studienabbruchquoten in Deutschland. *DZHW Brief 3|2020*. Hannover. DZHW.
- Holmegaard, H. T., Madsen, L. M. & Ulriksen, L. (2014). A journey of negotiation and belonging. Understanding students' transitions to science and engineering in higher education. *Cultural Studies of Science Education*, 9 (3), 755–786.
- Pflicht, K., Härtig, H. & Dorschu, A. (2021): Aufgabenanalyse und Worked-Examples als Basis eines Strategietrainings. In: S. Habig: *Naturwissenschaftlicher Unterricht und Lehrerbildung im Umbruch?*
- Pusch, A. (2014). Fachspezifische Instrumente zur Diagnose und individuellen Förderung von Lehramtsstudierenden der Physik. *Studien zum Physik- und Chemielernen* (Bd. 173), Logos Verlag: Berlin.
- Wahle, M. (2017). Traditionelle Übungen vs. Gruppenübungen in naturwissenschaftlichen Fächern. *die Hochschullehre*, 3, 1–15.
- Wilhelm, T., & Hopf, M. (2014). Design-Forschung. In *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (pp. 31-42). Springer Spektrum, Berlin, Heidelberg.
- Woitkowski, D., & Reinhold, P. (2018). Strategien und Probleme im Umgang mit Übungsaufgaben: Pilotergebnisse einer Interviewstudie im ersten Semester Physik. *Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht - normative und empirische Dimensionen*. Regensburg: Universität Regensburg, 726-729.
- Woitkowski, D. & Riese, J. (2017). Kriterienorientierte Konstruktion eines Kompetenzniveauomodells im physikalischen Fachwissen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 23 (1), 39–52.
- Woitkowski, D. (2020). Komplexitätsgestaffelte Übungsaufgaben zur Unterstützung im ersten Semester Physik. *PhyDid B – Didaktik der Physik – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung Bonn*.
- Woitkowski, D. & Riese, J. (2017). Kriterienorientierte Konstruktion eines Kompetenzniveauomodells im physikalischen Fachwissen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 23 (1), 39–52.

Inka Haak¹
 Markus Sebastian Feser²
 Thorid Rabe¹

¹MLU Halle-Wittenberg
²Universität Hamburg

Lerngruppenaktivität Physikstudierender in der Studieneingangsphase – Ergebnisse einer Teilstudie aus dem VeSP-Be-Projekt –

Lerngruppen sind eine für mathematisch-naturwissenschaftliche Studiengänge typische Arbeits- und Sozialform (Schulmeister & Metzger, 2011). Insbesondere spielen sie eine wichtige Rolle beim Lösen von wöchentlichen Physik- und Mathematikübungsaufgaben (Haak et al., 2021). Während der Lerngruppentreffen entwickeln Studierende gemeinsam Ideen, prüfen diese und verschriftlichen sie; sie vergleichen Lösungen miteinander und erklären sie sich gegenseitig (Geisler, 2018; Göller, 2020). Darüber hinaus spielen Lerngruppen auch auf einer metakognitiven Ebene eine Rolle (Bauer et al., 2022) – Studierende unterstützen sich in Lerngruppen bei der Regulation von Anstrengung und Emotionen sowie beim Selbstmanagement (Haak et al., in Vorb.). Sie können sogar einen „Schutzfaktor“ vor Studienabbruch darstellen (Geisler, 2018). Dennoch sind Lerngruppen und deren Bedeutung für das Physikstudium bislang kaum erforscht.

Forschungsinteresse

Dieser Forschungslücke widmen wir uns entlang folgender Perspektiven: Zunächst interessiert uns, wie häufig Physikstudierende in Lerngruppen lernen und wie groß diese Lerngruppen sind (F1a). Des Weiteren sollen häufige sowie – in der Wahrnehmung Physikstudierender – wichtige Lerngruppenaktivitäten identifiziert werden (F1b). Darüber hinaus sollen neben den Studierenden, die in Lerngruppen lernen, auch Studierende, die ausschließlich alleine lernen, zu ihren dementsprechenden Beweggründen befragt werden (F2). Zudem sollen diese Studierenden hinsichtlich ausgewählter studienerefolgsrelevanter Merkmale mit Studierenden, die in einer Lerngruppe lernen, verglichen werden (F3).

Design der Studie und methodisches Vorgehen

Diesen Forschungsinteressen widmen wir uns im Rahmen einer quantitativ orientierten Befragung von Physikstudierenden der Studieneingangsphase an deutschen Hochschulen. Die vorliegende Studie stellt dabei eine Teiluntersuchung des VeSP-Be-Projekts dar (siehe Feser et al., 2022; in diesem Band) und baut auf der Studie von Haak et al. (2021) zu Lerngruppenaktivitäten in der Studieneingangsphase auf.

Durchführung: Die Pilotbefragung des VeSP-Be-Projektes (Feser et al., 2022) wurde im Wintersemester 2020/2021 an zwei deutschen Universitäten durchgeführt, die Befragung der Hauptstudie im Sommersemester 2022 an insgesamt 20 deutschen Hochschulen (Feser et al., in diesem Band). In beiden Fällen handelt es sich um eine freiwillige und anonyme Onlinebefragung von Physikstudierenden in der Studieneingangsphase. Daten zu F1b wurden während der Pilotstudie, die Daten zu F1a, F2 und F3 zu beiden Messzeitpunkten erhoben, wobei sich der vorliegende Beitrag auf Ergebnisse beschränkt, die bezüglich F1a, F2 und F3 aus den Daten der Hauptstudie gewonnen wurden.

Items: Im Rahmen der VeSP-Be-Befragung (siehe Feser et al., 2022) wurde zur Untersuchung der Zustimmung zum Lerngruppenlernen auf ein Item der Skala *soziale Integration* nach Leichsenring et al. (2011) zurückgegriffen (bei VeSP-Be: *sozInt02*; Wortlaut: „*In meinem Physikstudium lerne ich auch in Lerngruppen mit anderen Studierenden zusammen.*“). Für die Erhebung der Lerngruppengröße bei der Bearbeitung von Physikübungsaufgaben wurde ein Item konstruiert. Zur Untersuchung von F1b wurden auf Basis qualitativ erhobener Lerngruppenaktivitäten von Physik- und Mathematikstudierenden (Haak et al., 2021, in Vorb.) zehn Items entwickelt, die auf je einer vierstufigen Likert-Skala bezüglich ihrer Häufigkeit und Wichtigkeit eingeschätzt werden (*0 – nie bis 3 – jedes Treffen* bzw. *0 – nicht wichtig bis 3 – wichtig*). Zur Untersuchung von F2 wurden mögliche Gründe, nicht in Lerngruppen zu lernen, antizipiert und in ebenfalls insgesamt zehn Items überführt (Multiple Choice, Mehrfachauswahl). Die Untersuchung von F3 erfolgte mit Hilfe der in Tabelle 1 aufgeführten Instrumente. *Datenanalyse:* Zur Beantwortung von F1a wurden die relativen Häufigkeiten des Items *sozInt02* berechnet, sowie die Modi der Lerngruppengröße. Zur Beantwortung von F1b wurden für die Teilstichprobe derjenigen Studierenden, die angegeben haben, sich in einer Lerngruppe zu treffen, die arithmetischen Mittel und Standardabweichungen der eingeschätzten Häufigkeiten und Wichtigkeiten von Lerngruppenaktivitäten berechnet. Die Analyse der Gründe, nicht in einer Lerngruppe zu lernen (F2), erfolgte mithilfe relativer Häufigkeiten, wobei sich hierbei auf die Teilstichprobe der Studierenden, die nicht in einer Lerngruppe lernen, beschränkt wurde. Zur Untersuchung von F3 wurden Gruppenunterschiede von Lerngruppen- und Einzellernenden mithilfe von explorativen Lageparameteranalysen durchgeführt (zweiseitiger t-Test bzw. zweiseitiger Welch-Test nach Prüfung der Varianzgleichheit).

Ergebnisse

Stichprobe: An der Pilotbefragung des VeSP-Be-Projekts haben insgesamt $N = 69$ Physikstudierende des ersten Semesters der Universitäten Hamburg und Halle-Wittenberg teilgenommen. Die Hauptbefragung des VeSP-Be-Projekts erfolgte deutschlandweit mit insgesamt $N = 263$ Studierenden des 2. Semesters an 20 verschiedenen Hochschulen. Eine detaillierte Beschreibung beider Stichproben findet sich bei Feser et al. (2022) bzw. Feser et al. (in diesem Band).

F1a: Deskriptive Beschreibung von Lerngruppen und F1b: Identifikation von häufigen und wichtigen Lerngruppenaktivitäten: Insgesamt gaben 66.1 % der Befragten an, (eher) in einer Lerngruppe zu lernen. 19.8 % lernen eher nicht und 14.1 % der Befragten lernen zum Erhebungszeitpunkt gar nicht in einer Lerngruppe. Physiklerngruppen bestehen dabei meistens aus zwei Studierenden. Erwartungskonform beziehen sich die von den Teilnehmenden am häufigsten genannten Aktivitäten der Lerngruppen auf das Lösen von Übungsaufgaben. Am häufigsten findet eine Diskussion über mögliche Ansätze ($MW = 2.47$, $SD = 2.68$) statt, gefolgt vom Vergleichen von Ergebnissen ($MW = 2.37$, $SD = 0.76$) und dem gemeinschaftlichen Bearbeiten der Übungsaufgaben ($MW = 2.33$, $SD = 0.85$). Diese Aktivitäten werden von den Teilnehmenden zudem als besonders wichtig angesehen ($MW > 2.5$). Sehr wichtig ist den Studierenden aber auch, gemeinsam private Dinge zu tun ($MW = 2.33$, $SD = 0.93$). Dieses stellt allerdings laut Auskunft der Teilnehmenden eine eher seltene Aktivität dar ($MW = 0.94$, $SD = 1.03$).

F2: Erfassung und Untersuchung von Gründen, nicht in einer Lerngruppe zu lernen: 67.6 % ($N = 25$) der Personen, die ausschließlich alleine lernen ($N_{\text{Einzel, ges}} = 37$), geben an, dieses lieber

zu tun. Ebenfalls häufig genannt wurde, dass das eigene Lerntempo nicht zu dem anderer passe (48.6 %, N = 18) oder dass sie „irgendwie den Anschluss verpasst hätten“ (37.8 %, N = 14). Demgegenüber scheinen Rahmenbedingungen der COVID-19-Pandemie kein Grund darzustellen, nicht in Lerngruppen zu lernen. Zudem geben nur 5.4 % (N = 2) der Einzellernenden an, sich überhaupt mit Kommiliton*innen zu treffen, wenn auch nicht zum Lernen.

F3: Vergleich von Studierenden, die in einer Lerngruppe lernen, und denen, die einzeln lernen: Die Ergebnisse unserer explorativen Lageparameteranalysen sind in Tabelle 1 dargestellt. Lerngruppenlernende weisen ein signifikant höheres University Belonging auf ($d = 0.747$). Ebenfalls zeigt sich bei Lerngruppenlernenden in mittlerer Effektstärke ein höheres Sense of Belonging to Physics ($d = 0.386$) und eine höhere Studienzufriedenheit mit den Inhalten ($d = 0.429$). Einzellernende kommen hingegen signifikant besser mit den Belastungen des Distanzlernens zurecht ($d = 0.404$) und sind zufriedener mit der Bewältigung der Studienbelastung ($d = 0.345$). Allerdings weisen sie auch eine höhere Studienabbruch- und -wechselintention auf ($d = 0.503$).

Tab. 1: Ergebnisse der Lageparameteranalysen, signifikante Mittelwertunterschiede.

| | <i>MW_{LG}</i> | <i>MW_{EL}</i> | <i>SD_{LG}</i> | <i>SD_{EL}</i> | <i>Min</i> | <i>Max</i> | <i>p</i> | <i>d</i> |
|---------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------|------------|----------|----------|
| SBU | 3.20 | 2.31 | 0.52 | 0.72 | 1 | 4 | <0.001 | 0.747 |
| SBP | 3.76 | 3.21 | 0.62 | 0.73 | 1 | 5 | <0.001 | 0.386 |
| SZInh | 4.07 | 3.35 | 0.98 | 0.98 | 1 | 5 | <0.001 | 0.429 |
| DisBel | 3.89 | 3.07 | 1.26 | 1.24 | 1 | 7 | 0.001 | 0.404 |
| SAWI | 1.52 | 2.03 | 0.68 | 0.98 | 1 | 4 | 0.004 | 0.503 |
| SZBew | 283 | 3.41 | 1.16 | 1.29 | 1 | 5 | 0.006 | 0.345 |

Abkürzungen und Quellen der Skalen: *MW_{LG}*, *MW_{EL}*, *SD_{LG}*, *SD_{EL}*: arithmetische Mittel und Standardabweichungen der Substichproben Lerngruppen- und Einzellernende; *Min* & *Max*: minimaler/maximaler Wert der Skala, *p*: p-Wert, *d*: Cohens *d*; *UB*: University Belonging (Baumert et al., 2009); *SBP*: Sense of Belonging to Physics (Feser, 2020); *SZInh* & *SZBew*: Studienzufriedenheit mit den Inhalten bzw. der Bewältigung der Studienbelastung (Westermann et al., 2018), *SAWI*: Studienabbruch- und -wechselintention (Westermann et al., 1996; Klingsieck & Marker, 2019); *DisBel*: Belastungen durch Distanzlernen (Feser & Michalik, in Vorb.)

Zusammenfassung und offene Fragen

In der vorliegenden Studie konnten Lerngruppen auf einem deskriptiven Niveau charakterisiert und – erwartungskonform – die Bearbeitung von Übungsaufgaben als häufige Lerngruppenaktivitäten identifiziert werden (insbesondere das Diskutieren von Ansätzen). Darüber hinaus wurde in dieser Untersuchung festgestellt, dass häufige Lerngruppenaktivitäten als subjektiv wichtig eingeschätzt werden und vice versa (subjektive wichtige Aktivitäten finden aus Sicht der Studierenden häufiger statt). Eine Ausnahme bildet das Item „private Dinge tun“. Die Diskrepanz zwischen einer geringen Häufigkeit und dessen eingeschätzter hoher Wichtigkeit könnte sowohl auf mangelnde Zeit für Privates aber auch auf die Bedingungen der COVID-19-Pandemie zurückzuführen sein. Hier könnten Studien zu Lerngruppen nach der Pandemie oder Interviewstudien Aufklärung leisten.

Daneben sind auch Studierende in den Forschungsfokus gerückt, die nicht in Lerngruppen lernen. Für diese Teilstichprobe erwies sich in unserer Befragung die COVID-19-Pandemie als vergleichsweise weniger belastend. Allerdings zeigten Einzellernende allerdings auch problematische Ausprägungen hinsichtlich studienrelevanter Merkmale. Diese weisen eine höhere Studienabbruch- und -wechselintention, ein geringeres University Belonging, sowie ein geringeres Sense of Belonging to Physics auf.

Offen bleibt in dieser Studie, ob und wenn ja, sich die Teilstichproben der Lerngruppen- und Einzellebenden bezüglich ihres tatsächlichen Studienerfolgs unterscheiden (z. B. im Sinne ihres Verbleibs im Studium, ihren Modulabschlussnoten oder weiterer Erfolgskriterien). Diesbezügliche Befunde könnten insbesondere für die Entwicklung erfolgreicher Unterstützungsmaßnahmen in der Eingangsphase des Physikstudium relevant sein. Ein echter Längsschnitt oder eine Interviewstudie, die gezielt Lerngruppenlernende und Einzellebende in den Fokus nimmt, könnten diese offene Frage weiter aufklären.

Anmerkung

Wir danken der Max-Traeger-Stiftung für die Förderung der VeSP-Be-Studie. Den Kolleg*innen, die uns bei der Erhebung vor Ort unterstützt haben, sei ebenfalls herzlich gedankt.

Literatur

- Baumert, J., Kunter, M., Blum, W., Klusmann, U., Krauss, S., Brunner, M., Dubberke, T., Jordan, A., Löwen, K., Neubrand, M., & Tsi, Y. M. (2009). Professionswissen von Lehrkräften, kognitiv aktivierender Mathematikunterricht und die Entwicklung von mathematischer Kompetenz (COACTIV): Dokumentation der Erhebungsinstrumente. Max-Planck-Institut für Bildungsforschung.
- Bauer, A.B., Woitkowski, D., Reuter, D., Reinhold, P. (2022). Fachliche und überfachliche Herausforderungen in der Studieneingangsphase Physik. In: Fahr, U., Alessandra, K., Angenent, H., Eßer-Lüghausen, A. (eds) Hochschullehre erforschen. Diversität und Bildung im digitalen Zeitalter. Springer VS, Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-34185-5_19
- Geisler, S. (2018). Bleiben oder Gehen? RIS. <https://hss-opus.ub.ruhr-uni-bochum.de/opus4/frontdoor/index/index/docId/7163>
- Göller, R. (2020). Selbstreguliertes Lernen im Mathematikstudium. Springer Spektrum.
- Feser, M. S., Haak, I., & Rabe, T. (in diesem Band). Sense of Belonging in der Studieneingangsphase Physik (VeSP-Be Studie). In: H. van Vorst (Hrsg.), Lernen, Lehren und Forschen in einer digital geprägten Welt. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Aachen 2022. Universität Duisburg-Essen.
- Feser, M. S., Haak, I., & Rabe, T. (2022). Zugehörigkeitsgefühl Physikstudierender in der Studieneingangsphase. In: S. Habig, & H. van Vorst (Hrsg.), Unsicherheit als Element von naturwissenschaftsbezogenen Bildungsprozessen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Online Jahrestagung 2021 (S. 140-143).
- Feser, M. S. (2020). Sense of Belonging to Science – Entwicklung eines Erhebungsinstrumentes für Lehramtsstudierende. Progress in Science Education (PriSE), 3(2), 10-21.
- Feser, M. S., & Michalik, K. (in Vorb.). LEngS – Längsschnittliche Evaluation des natur- und gesellschaftlichen Sachunterrichtstudium der Universität Hamburg. Dokumentation der deskriptiven Ergebnisse und Erhebungsinstrumente (Arbeitstitel, Einreichung für 2023 vorgesehen).
- Haak, I., Gildehaus, L., & Liebendörfer, M. (in Vorb.). Funktionen von Lerngruppen im frühen MINT-Studium – Eine Interviewstudie mit Lehramtsstudierenden der Mathematik und Physik (Arbeitstitel, Einreichung für 2022 vorgesehen).
- Haak, I., Gildehaus, L., & Liebendörfer, M. (2021). Genese und Funktionen von Lerngruppen in der Studieneingangsphase. In: S. Habig (Hrsg.): Naturwissenschaftlicher Unterricht und Lehrerbildung im Umbruch?. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Online-Jahrestagung 2020.
- Klingsieck, K. B., & Marker, R. (2019). Zweifel am Studium. Konzeptuelle Überlegungen und eine erste empirische Annäherung. die hochschullehre, 5, 825–838.
- Leichsenring, H., Hachmeister, C.-D., & Sippel, S. (2011). CHE-Quest – Ein Fragebogen zum Adaptionsprozess zwischen Studierenden und Hochschule –Entwicklung und Test des Fragebogens. Centrum für Hochschulentwicklung gGmbH. <http://d-nb.info/101390978X/34>
- Schulmeister, R., & Metzger, C. (Hrsg.). (2011). Die Workload im Bachelor: Zeitbudget und Studierverhalten: Eine empirische Studie. Waxmann Verlag.
- Westermann, R., Heise, E. & Spies, K. (2018). FB-SZ-K. Kurzfragebogen zur Erfassung der Studienzufriedenheit [Verfahrensdokumentation, Fragebogen und Erläuterungen zum Fragebogen]. In: Leibniz-Institut für Psychologie (ZPID) (Hrsg.), Open Test Archive. ZPID.
- Westermann, R., Heise, E., Spies, K., & Trautwein, U. (1996). Identifikation und Erfassung von Komponenten der Studienzufriedenheit. In: Psychologie in Erziehung und Unterricht 43(1), S. 1–22.

Nilab Abbas¹
 Anna B. Bauer¹
 Peter Reinhold¹

¹Universität Paderborn

PSΦ: Entwicklung von Unterstützungsmaßnahmen für Theoretische Physik

Ausgangslage und Ziele

Das Physikstudium weist, wie andere MINT-Studiengänge auch, eine überdurchschnittlich hohe Abbruchquote von ca. 50 % auf (Heublein et al., 2020). Ein Studienabbruch findet vor allem in der Studieneingangsphase statt (Heublein et al., 2017). Als häufigste Abbruchursache werden von Studienanfänger:innen inhaltliche Anforderungen genannt (Albrecht, 2011; Heublein et al. 2017). Die Schwierigkeiten mit den Anforderungen zeigen sich vor allem beim Bearbeiten von Übungsaufgaben und beim Bestehen von Klausuren. Studien zeigen, dass die hierzu nötigen fachspezifischen Problemlösefähigkeiten im Laufe der Studieneingangsphase nicht auf einem ausreichenden Niveau entwickelt werden (Woitkowski, 2019).

Um die Studierenden beim Bewältigen dieser Anforderungen zu unterstützen, wurde das Projekt „Paderborner Studieneingangsphase Physik PSΦ“ (Bauer et al., 2022) initiiert. Mit dem Ziel, eine lernwirksame Studieneingangsphase zu gestalten, werden Unterstützungsmaßnahmen auf der fachlichen, der Metakognitions- und Sozialisationsebene entwickelt, evaluiert und kontinuierlich weiterentwickelt (Bauer et al., 2022). Auf fachlicher Ebene stellt die Theoretische Physik eine besondere Herausforderung dar. Diese Veranstaltung geht u. a. mit einem hohen Grad an mathematischer Abstraktion einher und wird von Studierenden als ausgesprochen schwer empfunden (Lui & Sun, 2010). Die Anforderungen in Theoretischer Physik werden in einer Untersuchung von Albrecht (2011) von 37% der Exmatrikulierten als entscheidender Abbruchgrund genannt. Trotz der Herausforderungen, die durch die Theoretische Physik an die Studierenden gestellt werden, findet man im Gegensatz zu anderen Einführungsveranstaltungen der Physik, wie z. B. der Experimentalphysik, die in Paderborn durch Einführung von Präsenzübungen und komplexitätsgestaffelter Übungsaufgaben (Bauer et al., 2022) überarbeitet wurde, nur vereinzelt einen Einsatz neuer Lehrkonzepte (Scheiger et al., 2020). Auch die Problemlöseforschung hat sich bisher auf die Schul- und Experimentalphysik beschränkt.

Im Teilprojekt „PSΦ: Theoretische Physik“ werden theoriegeleitet passgenaue (digitale) Selbstlernmaterialien, die den Student:innen und Dozent:innen zur Verfügung gestellt werden, zur Vermittlung von Problemlösefähigkeiten in der Theoretischen Physik entwickelt. Ihre Lernwirksamkeit wird evaluiert und daraus werden Konstruktions- und Gelingensbedingungen für die Gestaltung von Unterstützungsmaterialien in der Studieneingangsphase abgeleitet. Dieser Beitrag berichtet, wie in einem ersten Schritt typische Herausforderungen und Schwierigkeiten beim Problemlösen identifiziert werden.

Untersuchungsdesign

Das hier vorgestellte Projekt folgt einem Design-Based Research Ansatz (Wilhelm & Hopf, 2014). In einem ersten Schritt wird zur Identifikation von Herausforderungen und Schwierigkeiten in der Theoretischen Physik eine multiperspektivische Analyse auf den Ebenen Problemlösen, mathematische Methoden und Wissenschaftsverständnis durchgeführt.

An der Universität Paderborn wird im Bachelorstudium die erste Veranstaltung zur Theoretischen Physik in der Regel im zweiten Semester besucht (Theoretische Physik A: Klassische Mechanik). Für jede Ebene wurden auf das inhaltliche Niveau der Veranstaltung abgestimmte Erhebungsinstrumente entwickelt (Problemlösetest, Mathematiktest & Fragebogen Wissenschaftsverständnis). In diesem Mehrebenenansatz werden qualitative und quantitative Daten erhoben und miteinander trianguliert (Mayring, 2001). Diese breite Analyse soll zunächst den Status Quo erfassen und so eine Grundlage für die Entwicklung von Unterstützungsmaßnahmen bilden. Aus den Daten des Problemlöse- und des Mathematiktests wird basierend auf dem Modell des wissenzentrierten Problemlösens nach Friege (2001) mittels einer induktiv-deduktiven qualitativen Inhaltsanalyse (Mayring & Fenzel, 2019) ein Kategoriensystem zur Beschreibung typischer Herausforderungen bei der Aufgabenbearbeitung entwickelt.

Der Problemlöse- und Mathematiktest werden auch für die spätere Evaluation der Lernwirksamkeit der Unterstützungsmaßnahmen verwendet. Zusätzlich werden zur Evaluation die Nutzungs- und Zufriedenheitswerte mittels Fragebogen erfasst.

Im Folgenden werden die einzelnen Ebenen und die jeweiligen Erhebungsinstrumente vorgestellt.

Ebene Problemlösen

Zahlreiche Untersuchungen zu Problemlöseprozessen (z. B. Chi et al. 1982; Friege, 2001) analysieren die Fähigkeiten und Strategien zur Lösung typischer Aufgaben der Schul- oder Experimentalphysik. Die bisherigen in der Hochschule eingesetzten Instrumente zur Untersuchung von Problemlösefähigkeiten (z. B. Brandenburger, 2016) fokussieren jedoch nicht die Theoretische Physik. Es wurde daher ein eigener Problemlösetest zur theoretischen Mechanik entwickelt. Die Inhaltswahl erfolgte aufgrund der Relevanz und der Strukturiertheit des Problemlöseprozesses auf den Lagrange- und Hamiltonformalismus. Hierzu wurden drei Aufgaben mit gestufter Komplexität entwickelt und pilotiert. Die Problemlösefähigkeiten wurden hiermit produktorientiert (Lösungswege, N=31) erhoben.

Ebene Mathematik

Der Übergang von der Schul- zur Hochschulmathematik stellt sich für MINT-Studienanfänger:innen als herausfordernd dar (Grünwald et al., 2004). Erschwerend kommt in Paderborn hinzu, dass die für die Theoretische Physik benötigten mathematischen Methoden (Koordinatentransformation, Differentialoperatoren, DGL, etc.) von den Studierenden nicht beherrscht werden. In einer Voruntersuchung, in der Interviews mit Tutor:innen und Student:innen geführt wurden (N=7), werden die fehlenden mathematischen Kenntnisse als erste große Hürde beim Lösen von Problemlöseaufgaben identifiziert. Dies ist konsistent mit einer Untersuchung zur Experimentalphysik, in welcher Studierende zum Ende des ersten Semesters ausnahmslos von Problemen mathematischer Art beim Problemlösen berichten (Woitkowski & Reinhold 2018). Die Schwierigkeiten auf physikalischer Ebene scheinen von denen auf mathematischer Ebene verdeckt zu werden. Auch hier liegen keine geeigneten Testinstrumente vor, da die bisherigen an Hochschulen eingesetzten Instrumente keine höhere Mathematik beinhalten. Zur Untersuchung der mathematischen Herausforderungen wurde deshalb durch Analyse der Skripte und Modulbeschreibungen ein auf die Theoretische Physik abgestimmter Mathematiktest entwickelt und pilotiert. Die

mathematischen Fähigkeiten wurden hiermit produktorientiert (Lösungswege, N=21) erhoben.

Ebene Wissenschaftsverständnis

Es ist zu vermuten, dass ein adäquates Wissenschaftsverständnis lernförderlich (Einordnung von Fachinhalten in größeren Gesamtzusammenhang, Förderung von Bereitschaft und Motivation) ist. Auf der Ebene des Wissenschaftsverständnisses finden sich neben Studien, die ein allgemeines Naturwissenschaftsverständnis erfassen, erste Untersuchungen zur studentischen Sichtweise auf die Experimentalphysik und die Theoretische Physik (Heine, 2018). Zur Untersuchung des Wissenschaftsverständnisses wurde ein auf den Erkenntnissen von Heine (2018) basierender Fragebogen mit 28 Items (Likert-Skalen) entwickelt. Inhaltliche Skalen sind das Verhältnis zur Experimentalphysik, die Rolle der Mathematik und die Arbeitsweisen in der Theoretischen Physik. Es wurde ein Quasi-Längsschnitt im Bachelorstudium erhoben (N=47).

Einblick in das Vorgehen bei der Entwicklung des Kategoriensystems

Das Kategoriensystem soll typische Fehler beim Problemlösen in der Theoretischen Physik systematisieren. Eine erste Sichtung ergab, dass vermehrt Schwierigkeiten bei der Mathematisierung und der Anwendung von Fachwissen auftreten. In Abbildung 1 ist beispielhaft das Vorgehen bei der Analyse der Aufgabenlösungen illustriert.

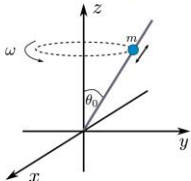
| Aufgabe | Auszug Problemlösetest | Lösung und Schwierigkeiten |
|---|--|--|
| <p>Ein Teilchen der Masse m wird durch eine Zwangskraft auf einer Stange gehalten (siehe Abbildung), auf der es sich reibungsfrei bewegen kann. Die Stange ist an einem Ende befestigt und rotiert mit einem festen Winkel θ_0 zur z-Achse mit konstanter Winkelgeschwindigkeit ω. Es wirken keine weiteren Kräfte.¹</p> | <p>Zwangskräfte:</p> $r \sin \theta_0 - r = 0$ $r \cos \theta_0 - y = 0$ $\theta_0 = \text{const}$ | <p>Inkorrekte Mathematisierung Fehlendes physikalisches Fachwissen</p> |
|  | $T = \frac{1}{2} m [\dot{r}^2 + r^2 (\dot{\theta}^2 + \dot{\varphi}^2 \sin^2 \theta)] = \frac{1}{2} m [\dot{r}^2 + r^2 \sin^2 \theta_0]$ $V = mgy = mgr \cos \theta_0$ $L = T - V = \frac{1}{2} m [\dot{r}^2 + r^2 \sin^2 \theta_0] - mgr \cos \theta_0$ | |
| <p>Bestimmen Sie die Lagrange-Funktion für das System.</p> | | |

Abb. 1: Auszug aus dem Problemlösetest und die Lösung einer Studierenden

Anhand der Lösung lässt sich erkennen, dass für diese Problemklasse die notwendigen Lösungsschritte bekannt sind. Es gelingt dem Probanden jedoch für die obige Aufgabe nicht, die physikalische Situation mathematisch korrekt zu beschreiben (Aufstellen der Zwangsbedingungen). Des Weiteren machen sich Defizite im Fachwissen bemerkbar (Zusammenhang zwischen Kraft und potentieller Energie).

Ausblick

Nach Abschluss der Analyse werden basierend auf den identifizierten Schwierigkeiten Unterstützungsmaterialien entwickelt und implementiert, sowie deren Lernwirksamkeit mit den anfangs vorgestellten Instrumenten überprüft.

Literatur

- Albrecht, A. (2011). Längsschnittstudie zur Identifikation von Risikofaktoren für einen erfolgreichen Studieneinstieg in das Fach Physik (Dissertation). Freie Universität Berlin, Berlin.
- Bauer, A., Woitkowski, D., Reuter, D., & Reinhold, P. (2022). Fachliche und überfachliche Herausforderungen in der Studieneingangsphase Physik. In U. Fahr, A. Kenner, H. Angenent, & A. Eßer-Lüghausen (Eds.), *Hochschullehre erforschen*. (pp. 339–362). Springer Fachmedien. https://doi.org/10.1007/978-3-658-34185-5_19
- Brandenburger, M. (2016). Was beeinflusst den Erfolg beim Problemlösen in der Physik? Eine Untersuchung mit Studierenden. Zugel.: Dissertation an der Pädagogischen Hochschule Freiburg. *Studien zum Physik- und Chemielernen*: Bd. 218. Berlin: Logos.
- Chi, M. T. H., Glaser, R., & Rees, E. (1982). Expertise in problem solving. In R. J. Sternberg (Ed.), *Advances in the Psychology of Human Intelligence*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Friege, G. (2001). Wissen und Problemlösen: Eine empirische Untersuchung des wissenszentrierten Problemlösens im Gebiet der Elektrizitätslehre auf der Grundlage des Experten-Novizen-Vergleichs, Band 19 von *Studien zum Physiklernen*. Logos-Verlag, Berlin.
- Grünwald, N., Kossow, A., Sauerbier, G., & Klymchuk, S. (2004). Der Übergang von der Schul- zur Hochschulmathematik: Erfahrungen aus internationaler und deutscher Sicht. *Global J. of Engng. Educ.*, 8(3), 12.
- Heine, A. J. (2018). Was ist Theoretische Physik?: Eine wissenschaftstheoretische Betrachtung und Rekonstruktion von Vorstellungen von Studierenden und Dozenten über das Wesen der Theoretischen Physik (Vol. 255). Logos Verlag Berlin GmbH.
- Heublein, U., Richter, J. & Schmelzer, R. (2020). Die Entwicklung der Studienabbruchquoten in Deutschland. *DZHW Brief 3|2020*. Hannover. DZHW.
- Heublein, U., Ebert, J., Hutzsch, C., Isleib, S., König, R., Richter, J., & Woisch, A. (2017). Studierenerwartungen und Studienwirklichkeit, Ursachen des Studienabbruchs, beruflicher Verbleib der Studienabbrecherinnen und Studienabbrecher und Entwicklung der Studienabbruchquote an deutschen Hochschulen. *Hannover: DZHW*.
- Liu, T., & Sun, H. (2010). Strategies of Theoretical Physics Instruction Reform. *Mathematical Models and Methods in Applied Sciences*, 4, 113.
- Mayring, P. (2001). Combination and integration of qualitative and quantitative analysis. In *Forum Qualitative Sozialforschung/Forum: Qualitative Social Research* (Vol. 2, No. 1).
- Mayring, P., & Fenzl, T. (2019). Qualitative Inhaltsanalyse. In *Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung* (pp. 633-648). Springer VS, Wiesbaden.
- Scheiger, P., Nawrodt, R., & Cartarius, H. (2020). Interaktive und aktivierende Lehrkonzepte in der Theoretischen Physik. *PhyDid B - Didaktik Der Physik - Beiträge Zur DPG-Frühjahrstagung, 1*. <https://ojs.dpg-physik.de/index.php/phydid-b/article/view/1066>
- Wilhelm, T., & Hopf, M. (2014). Design-Forschung. In *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (pp. 31-42). Springer Spektrum, Berlin, Heidelberg.
- Woitkowski, D., & Reinhold, P. (2018). Strategien und Probleme im Umgang mit Übungsaufgaben: Pilotergebnisse einer Interviewstudie im ersten Semester Physik. *Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht - normative und empirische Dimensionen*. Regensburg: Universität Regensburg, 726-729.
- Woitkowski, D. (2019). Erhebung der Problemlösefähigkeit im Physikstudium – Vorstellung eines Erhebungsverfahrens –. In C. Maurer (Hg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Kiel 2018*, 492–495.

Malte Diederich¹
 Verena Spatz¹
 Jana Rehberg²
 Thomas Wilhelm²

¹TU Darmstadt
²GU Frankfurt

Weiterentwicklung einer synergetischen Mindset Intervention für die MINT-Studieneingangsphase

Ausgangslage

Die Abbruchsquoten im gesamten MINT-Bereich sind nach wie vor hoch. Hierbei spielen insbesondere Leistungsprobleme eine entscheidende Rolle (Heublein et al., 2017). Als zentrale Voraussetzung für den Studienerfolg gilt hier die Fähigkeit zum eigenaktiven Studieren. Studienabbrecher:innen zeichnen sich dabei durch ein im Vergleich eher passives Studienverhalten aus, wobei sie die Hilfsangebote der Hochschulen nur im geringen Maße nutzen (ebd.). Die Mindset-Forschung könnte hiergegen einen Beitrag leisten, indem sie bei der subjektiven Erfahrung der Studierenden ansetzt.

Mindset beschreibt die Überzeugung (Laien-Theorie), dass persönliche Eigenschaften wie intellektuelle Fähigkeiten entweder weitgehend vorherbestimmt und unveränderbar (Fixed Mindset bzw. entitäre Fähigkeitstheorie) oder durch Anstrengung, gute Strategien und Unterstützung von anderen entwickelbar sind (Growth Mindset bzw. inkrementelle Fähigkeitstheorie) (Dweck, 2019). Jahrelange Forschungsarbeit zeigt hierbei, dass ein Fixed Mindset besonders in Situationen mit Herausforderungen und Rückschlägen mit ungünstigen Lernreaktionen und -haltungen sowie schlechteren Noten verbunden ist (sog. Mindset Meaning System, siehe bspw. (Dweck & Yeager, 2019; Burnette et al., 2013; Dweck & Yeager, 2021)).

Die Forschung zeigt ebenfalls, dass das Mindset hin zu einem lernförderlichen Growth-Mindset verändert werden kann. Ausgehend von zunächst aufwendigen Interventionsstudien mit mehreren Sitzungen (Aronson et al., 2002; Blackwell et al., 2007) wurden inzwischen kurze Online-Interventionen entwickelt, die leicht skalierbar sind (z.B. U.S. National Study of Learning Mindsets, N = 14.472, U-Say Experiment in Norwegen, N = 6.541, jeweils 9. Jahrgangsstufe) (Yeager et al., 2019; Yeager et al., 2016; Rege et al., 2021). Hierbei konnten positive Auswirkungen auf Noten und die Wahl von herausfordernden Mathematikkursen nachgewiesen werden beim Einsatz direkt in der Schule. Die Effektstärken nach Cohen lagen im kleinen Bereich ($d < .2$). Unter Nicht-Laborbedingungen zeigen vergleichbare Studien aber ebenfalls kleine Effektstärken bei der Messung von langfristigen Effekten, weshalb diese wegen der Kürze der Intervention dennoch bedeutsam sind (Diskussion hierzu in (Dweck, 2019; Yeager & Dweck, 2020)). Die Wirkung kann hierbei durch rekursive und sich damit selbstverstärkende soziale und psychologische Prozesse entstehen, in welche die Intervention einmalig eingreift (Yeager & Walton, 2011). Es zeigt sich, dass Interventionen insbesondere in Übergangssituationen (ebd.) und in einer unterstützenden Umgebung erfolgreich sein können (Yeager et al. 2022b).

Die erfolgreichen Interventionen beinhalten hierbei drei Elemente. Zunächst wird anhand wissenschaftlicher Studien die Veränderbarkeit des Gehirns durch die Arbeit an herausfordernden Themen verdeutlicht (1 – Studien zu Neuroplastizität). Hieraus wird die Analogie „Mein Gehirn ist trainierbar wie ein Muskel“ abgeleitet. Anschließend berichten gleichaltrige Personen,

welche Schlussfolgerungen sie aus dieser Erkenntnis für ihr Leben ziehen (2 – Erfahrungsberichte). Im abschließenden Teil sollen die Proband:innen diese Botschaft schriftlich anderen Altersgenoss:innen vermitteln (3 – „Saying is Believing“-Übung). (Yeager et al., 2016)

Der Frankfurter Prototyp

An der Goethe Universität Frankfurt wurde für Physikstudierende eine Intervention als digitale Selbstlerneinheit mit einer Dauer von 45 Minuten entwickelt (Rehberg et al., 2023, in diesem Tagungsband). Neben den oberen drei Elementen werden hier zusätzlich Techniken zum selbstständigen Lernen vermittelt. So werden im Kurs nicht nur die Mindset-Botschaft („Gerade durch Herausforderungen verstärken sich die dafür notwendigen Gehirnareale.“), sondern darauf aufbauend Strategien für ein effizientes Lernen vorgestellt, mit denen diese Stärkung der genutzten Gehirnareale möglichst gut gelingt. Die Inhalte wurden hierbei nicht nur aneinander gereiht, sondern in einer synergetischen Weise verwoben (Yeager et al. 2022a). So werden die Muskelanalogie und die Veränderbarkeit des Gehirns immer wieder aufgegriffen. Der Prototyp wurde von 338 Physikstudierenden bearbeitet. Er zeichnet sich durch im Vergleich niedrige Abbruchquote aus. Mit einem Kurzfragebogen konnte eine Verschiebung zu einem Growth Mindset unmittelbar nach der Intervention gemessen werden ($d=.3$ bis $d=.4$). Das Feedback der Studierenden war dabei insgesamt positiv. (ebd.)

Als Kritikpunkt wurde geäußert, dass der Kurs bisher nur wenig der vorgestellten Techniken einübt. Insbesondere werden die in Videos vermittelten Inhalte nicht nochmals in Übungen aufgegriffen und wiederholt. Zusätzlich zeigen die Antworten in der ‚Saying is Believing‘-Übung, dass nur eine Minderheit über die Muskelanalogie schreibt und stattdessen meist konkrete Lerntechniken aus den letzten Videos benannt werden.

Weiterentwicklung des Kurses

Basierend auf diesen Vorarbeiten wurde der Kurs in Darmstadt für den MINT-Studienbereich adaptiert und weiterentwickelt. Dabei sollte insbesondere eine stärkere Fokussierung auf die Lernziele, eine höhere Aktivierung mit einem größeren Übungsanteil und eine stärkere Vernetzung der Inhalte erreicht werden. Hierzu wurden in einem ersten Schritt die Lernziele ausgeschärft und die Inhalte kritisch auf ihren Beitrag zu diesen Lernzielen analysiert. Diese sind:

- Mindset: Die Studierenden reflektieren ihre eigenen Überzeugungen über die Veränderbarkeit von Fähigkeiten und Intelligenz und nehmen verstärkt einen Growth Mindset an.
- Die Studierenden kennen ihre Einflussmöglichkeiten (Anstrengung, Lernstrategien, Nutzen von Unterstützungsmöglichkeiten/ Teamwork) und konzentrieren sich auf ihren Einflussbereich für ein erfolgreiches Studium. Sie übernehmen Verantwortung für ihren Lernerfolg.
- Die Studierenden sehen Schwierigkeiten zu Beginn als normal an und interpretieren diese nicht als eine mangelnde Begabung.
- Die Studierenden kennen die Grundprinzipien guten Lernens (AGIL –Abrufstrategie (Anstrengung, Aktiv), Gemischtes-Lernen (Interleaving, „Verschachteln“), Intervall-Lernen (Rehberg et al., 2023), aufbauend auf (Dunlosky et al., 2013)).
- Die Studierenden wissen, wie sie diese Prinzipien in verschiedenen Studiensituationen (Übung, Vorlesung) situativ anwenden können.

Für die Anpassung von der Physik auf den MINT-Studienbereich wurden zunächst die Inhalte in kurzen Interviews Studienanfänger:innen (N = 5) aus verschiedenen Fachbereichen vorgestellt. Anschließend wurde in einer Online-Erhebung im Januar 2022 gezielt ein Feedback von

einer Gruppe von 20 Studierenden im ersten Fachsemester eingeholt (Informatik, Elektrotechnik, Biologie, Wirtschaftsingenieurwesen, davon 3 weiblich). Hierbei wurden konkrete Nachfragen zu einzelnen Inhalten in den Videos und deren persönlicher Relevanz gestellt.

Pilotierung

Aufbauend auf diesem Feedback wurden die Inhalte des Kurses überarbeitet. Diese Weiterentwicklung des Kurses wurde im SoSe 2022 mit Studierenden des zweiten Fachsemesters pilotiert, die über eine Moodle-Nachricht in unterschiedlichen MINT-Studiengängen rekrutiert wurden. Der Kurs wurde hierbei von 125 Studierenden angefangen, wobei es innerhalb der ersten Kurshälfte zu einem hohen Dropout kam, der deutlich höher als im ursprünglichen Kurs war (vor dem 2. Video 26 % Dropout vs. 7 % beim Frankfurter Kurs). Da die Kurse bis hierher sehr ähnlich waren, deutet dies darauf hin, dass im zweiten Semester weniger Studierende mit einem solchen Angebot erreicht werden können bzw. die Inhalte weniger relevant sind als zum Studienbeginn. Die 43 Studierenden (Größte Gruppen: 13 Informatik, 5 Physik, davon 11 weiblich), die vollständig an dem Kurs teilgenommen haben, sind dabei hinsichtlich ihrer soziodemographischen Angaben (nach Geschlecht, HZB-Note, Herkunftssprache, First-Generation) als Gruppe unauffällig. Sie bewerteten dabei die Aufgabenformate als sehr aktivierend, aber etwas zu lang und zu textlastig. Durch das Einbauen von weiteren Aufgabenformaten verlängerte sich die Bearbeitungszeit von ursprünglich 45 Minuten auf etwa 60 bis 90 Minuten mit einer stärkeren Streuung.

In einem Kurzfragebogen wurde die Veränderung durch die Intervention mit jeweils einem Item zum fachspezifischen Mindset (MS_Fach), zum Intelligenz-Mindset (MS_Intel) sowie zum fachspezifischen Selbstkonzept (FSK) untersucht. Hierbei zeigt sich jeweils eine klare Veränderung in die beabsichtigte Richtung mit mittlerer bis hoher Effektstärke (Cohen's d , T1: Beginn, T2: Ende der Intervention, Items auf Likert-Skala von 1 bis 6). Die Effektstärke ist damit größer als in der ursprünglichen Intervention, allerdings ist wegen des hohen Dropouts auch von besonders großen Verzerrungen der Stichprobe auszugehen.

| Item | M_{T1} | M_{T2} | ΔM | σ_{T1} | σ_{T2} | d |
|--|----------|----------|------------|---------------|---------------|-----|
| FSK: Ich bin mir sicher, dass ich gut genug bin, um in meinem Studiengang erfolgreich zu sein. | 4,33 | 4,95 | -,63 | 1,13 | 1,12 | ,56 |
| MS_Fach: Ich glaube, manche Leute sind gut in meinem Studienfach und andere werden es nie richtig können, egal wie viel sie dafür lernen. | 3,16 | 2,56 | ,60 | 0,82 | 1,41 | ,53 |
| MS_Intel: Ich kann zwar Neues lernen, aber meine Intelligenz kann ich nicht wirklich ändern. | 3,30 | 2,21 | 1,09 | 1,46 | 1,01 | ,87 |

Ausblick

Aufbauend auf diesen Ergebnissen wurden die Materialien weiter angepasst und die Videos nochmals überarbeitet. Diese finale Version soll nun im WiSe 22/23 in einer großen Erhebung im MINT-Bereich an der TU Darmstadt und weiteren Hochschulen eingesetzt werden. (Kontakt bei Interesse am Kurs: malte.diederich@physik.tu-darmstadt.de)

Das GroMM (Growing MINT Mindsets) Projekt wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert. Die Autor:innen sind verantwortlich für die Inhalte dieser Publikation.



Literatur

- Aronson, J., Fried, C.B., & Good, C. (2002). Reducing the Effects of Stereotype Threat on African American College Students by Shaping Theories of Intelligence. In *Journal of Experimental Social Psychology* 38 (2), S. 113–125. <https://doi.org/10.1006/jesp.2001.1491>
- Blackwell, L.S., Trzesniewski, K.H., & Dweck, C.S. (2007). Implicit theories of intelligence predict achievement across an adolescent transition: a longitudinal study and an intervention. In *Child development* 78 (1), S. 246–263. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2007.00995.x>
- Burnette, J.L., O'Boyle, E.H., VanEpps, E.M., Pollack, Jeffrey M., & Finkel, E.J. (2013). Mind-sets matter: a meta-analytic review of implicit theories and self-regulation. In *Psychological bulletin* 139 (3), S. 655–701. <https://doi.org/10.1037/a0029531>
- Dunlosky, J., Rawson, K.A., Marsh, E.J., Nathan, M.J., & Willingham, D.T. (2013). Improving Students' Learning With Effective Learning Techniques: Promising Directions From Cognitive and Educational Psychology. In *Psychological science in the public interest : a journal of the American Psychological Society* 14 (1), S. 4–58. <https://doi.org/10.1177/1529100612453266>
- Dweck, C.S., & Yeager, D.S. (2019). Mindsets: A View From Two Eras. In *Perspectives on psychological science : a journal of the Association for Psychological Science* 14 (3), S. 481–496. <https://doi.org/10.1177/1745691618804166>
- Dweck, C.S., & Yeager, D.S. (2021). Global Mindset Initiative Introduction: Envisioning the Future of Growth Mindset Research in Education. In *SSRN Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3911564>
- Dweck, C.S. (2019). The Choice to Make a Difference. In *Perspectives on psychological science : a journal of the Association for Psychological Science* 14 (1), S. 21–25. <https://doi.org/10.1177/1745691618804180>
- Heublein, U., Ebert, J., Hutzsch, C., Isleib, S., König, R., Richter, J., & Woisch, A. (2017). Zwischen Studiererwartungen und Studienwirklichkeit. Ursachen des Studienabbruchs, beruflicher Verbleib der Studienabbrecherinnen und Studienabbrecher und Entwicklung der Studienabbruchquote an deutschen Hochschulen. In *Forum Hochschule* (1).
- Rege, M., Hanselman, P., Solli, I.F., Dweck, C.S., Ludvigsen, S., Bettinger, E., Crosnoe, R., Muller C., Walton, G., Duckworth, A., & Yeager, D.S. (2021). How Can We Inspire Nations of Learners? An Investigation of Growth Mindset and Challenge-Seeking in Two Countries. In *American Psychologist*. <http://dx.doi.org/10.1037/amp0000647>
- Rehberg, J., Wilhelm, T., Spatz, V., & Diederich, M. (2023). Längsschnittstudie und Online-Workshop zum physikspezifischen Mindset. v. Vorst, H. (Hrsg.). *Lernen, lehren und forschen in einer digital geprägten Welt, Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Aachen 2022, Band 43, in diesem Band*
- Yeager, D.S., Bryan, C.J., Gross; Murray, J.S., Cobb D.K., Santos P., Graveling, H., Johnson, M., % Jamieson, J.P. (2022a). A synergistic mindsets intervention protects adolescents from stress. In *Nature* 2022 (607), S. 512–520. <https://doi.org/10.1038/s41586-022-04907-7>
- Yeager, D.S., & Dweck, C.S. (2020). What can be learned from growth mindset controversies? In *The American psychologist* 75 (9), S. 1269–1284. <https://doi.org/10.1037/amp0000794>
- Yeager, D.S., Carroll, J.M., Buontempo, J., Cimpian, A., Woody, S., Crosnoe, R., Muller, C., Murray, J., Mhatre, P., Kersting, N., Hulleman, C., Kudym, M., Murphy, M., Duckworth, A.L., Walton, G.M., & Dweck, C.S. (2022b). Teacher Mindsets Help Explain Where a Growth-Mindset Intervention Does and Doesn't Work. In *Psychological science* 33 (1), S. 18–32. <https://doi.org/10.1177/09567976211028984>
- Yeager, D.S., Hanselman, P., Walton, G.M., Murray, J.S., Crosnoe, R., Muller, C. et al. (2019). A national experiment reveals where a growth mindset improves achievement. In *Nature* 573 (7774), S. 364–369. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1466-y>
- Yeager, D.S., Romero, C., Paunesku, D., Hulleman, C.S., Schneider, B., Hinojosa, C. et al. (2016). Using Design Thinking to Improve Psychological Interventions: The Case of the Growth Mindset During the Transition to High School. In *Journal of educational psychology* 108 (3), S. 374–391. <https://doi.org/10.1037/edu0000098>
- Yeager, D.S., & Walton, G.M. (2011). Social-Psychological Interventions in Education. In *Review of Educational Research* 81 (2), S. 267–301. <https://doi.org/10.3102/0034654311405999>

Katrin Schübler¹
 Michael Giese¹
 Maik Walpuski¹

¹Universität Duisburg-Essen

Digitales Lehren und Prüfen in der Organischen Chemie

Ausgangslage und theoretischer Hintergrund

Aktuell fehlen Möglichkeiten, um typische Aufgabenformate der organischen Chemie digital in Lehre und Prüfung umzusetzen. Eine digitale Lernumgebung könnte speziell vorwissenschwache Studierende, die ihren Wissensrückstand nicht aufholen können (Averbeck, 2020) und dadurch gefährdet sind die Veranstaltung nicht (in Regelstudienzeit) zu bestehen (Halikari & Nevgi, 2010), unterstützen, indem sie zusätzliche Lern- und Feedbackgelegenheiten schafft. Für die Konzeption einer lernförderlichen Lernumgebung ist zu beachten, dass Arbeitsgedächtniskapazität begrenzt ist und diese Kapazität für den Lernprozess - und nicht für unnötige Verarbeitungsprozesse - zur Verfügung stehen sollte (z. B. Mayer, 2009; Pass & Sweller, 2014; Sweller, 2005). Ziel ist daher die Entwicklung einer digitalen Lern- und Prüfungsumgebung, die (1) möglichst wenig unnötige kognitive Belastung durch die digitale Umsetzung hervorruft (Mayer, 2009; Paas & Sweller, 2014) und (2) einen didaktischen Mehrwert (z. B. durch automatisiertes Fehlerspezifisches Feedback; Johnson & Priest, 2014) gegenüber der aktuellen paper-pencil Lösung bietet. Hierfür wurde in das E-Assessment Tool JACK (z. B. Striewe, 2016) der Moleküleditor KEKULE.JS (Jiang, Jin, Dong, & Chen, 2016) integriert, so dass es möglich ist, einfache „Zeichne-folgendes-Molekül“-Aufgaben digital umzusetzen, automatisiert auszuwerten und zunächst grundlegendes Feedback zu geben (richtig/falsch).

Forschungsfragen

- Inwiefern unterscheiden sich digitale und papierbasierte Zeichenaufgaben hinsichtlich der Performanz der Studierenden und der kognitiven Belastung, während der Bearbeitung?
- Wie bewerten Studierende die Usability digitaler Zeichenaufgaben?

Design

Entwickelt wurden 8 Zeichenaufgaben-Tandems mit jeweils einer papierbasierten (Zeichnen Sie ein 3-Ethyloctan-Molekül) und einer analog konstruierten, digitalen Aufgabe (Zeichnen Sie ein 2-Methylheptan-Molekül). Studierende (14 Chemie B. Sc., 2. Semester, 8 Water Science B. Sc., 4. Semester), die die Veranstaltung Organische Chemie 1 bereits besucht hatten, bearbeiteten im ersten Teil der Studie das Testheft mit den 8 papierbasierten Zeichenaufgaben und füllten anschließend einen Fragebogen (9-stufige, beschriftete Rating-Skala) zur kognitiven Belastung aus (Leppink, Paas, Van der Vleuten, & van Merriënboer, 2013). Danach erhielten die Studierenden ein I-Pad® sowie eine kurze Einführung in das digitale Zeichentool, in deren Rahmen sie eine Übungsaufgabe bearbeiteten (Zeichnen Sie die abgebildete Struktur nach). Im zweiten Teil der Studie bearbeiteten die Studierenden 8 digitale Zeichenaufgaben, füllten erneut den Fragebogen zur kognitiven Belastung aus und bewerteten zusätzlich die Usability (9-stufige, beschriftete Rating-Skala)

der digitalen Zeichenaufgaben (Brooke, 2014; Hauck, Melle & Steffen, 2022). Die Fragebögen zu den digitalen Zeichenaufgaben wurden in Moodle digital ausgefüllt.

Methoden

Für 22 Studierende liegen vollständige Datensätze vor. Die erhobenen Daten wurden IRT-skaliert (eindimensionales Rasch-Modell, WINSTEPS) und mit SPSS (IBM SPSS 26) ausgewertet. Die Ergebnisse der digitalen und papierbasierten Zeichenaufgaben wurden hierfür separat skaliert und die Personenfähigkeiten der Studierenden exportiert. Das gleiche Vorgehen wurde für die Ratings zur kognitiven Belastung gewählt. Für die Usability Ratings wurden ebenfalls die Personenfähigkeiten exportiert. Im Anschluss wurden die mittleren Personenfähigkeiten mittels *t*-Tests verglichen und Korrelationsanalysen durchgeführt. Für beide Verfahren werden zusätzlich zu den Kennwerten 95 % Konfidenzintervalle (bias corrected and accelerated) basierend auf 1000 Bootstrapping-Stichproben berichtet. Die Effektstärken wurden mithilfe der Website psychometrica berechnet (Lenhard, 2022).

Ergebnisse

Die Reliabilitäten der Instrumente sind zum Teil nicht zufriedenstellend. Mögliche Gründe können die kleine Stichprobe, die geringe Aufgabenanzahl und die geringe Varianz in der Schwierigkeit der Zeichenaufgaben sein. Da die Personenfähigkeiten lediglich für den Vergleich der Formate (nicht zur Kompetenzbestimmung der Individuen) verwendet werden sollen, werden sie im Folgenden trotz der unzufriedenstellenden Reliabilitäten verwendet.

Tabelle 1: Reliabilitäten der Testinstrumente

| | <i>N</i> _{Items} | Format | Person Reliability | Item Reliability |
|----------------------------------|---------------------------|---------------|--------------------|------------------|
| Zeichenaufgaben | 8 | papierbasiert | .35* | .90 |
| | | digital | .63 | .85 |
| Extraneous cognitive load | 3 | papierbasiert | .47 | .56 |
| | | digital | .54 | .97 |
| Intrinsic cognitive load | 3 | papierbasiert | .71 | .87 |
| | | digital | .70 | .96 |
| Usability | 9 | digital | .88 | .89 |

*Eine 12 Item Version des Tests weist eine verbesserte Person Reliability (.65) auf; da für einen Erhebungstermin die digitalen Partneritems fehlen, wird die gekürzte Version verwendet.

Für die papierbasierten Zeichenaufgaben ist die mittlere Personenfähigkeit größer ($M = 0.69$, $SE = .33$) als für die digitalen Zeichenaufgaben ($M = -0.63$, $SE = .45$). Ein *t*-Test für verbundene Stichproben zeigt, dass dieser Mittelwertsunterschied ($\Delta M = 1.33$, BCa 95 % CI [.143, 2.381]) signifikant ist ($t(21) = 2.590$, $p = .017$, $d = 0.696$).

Die mittlere Personenfähigkeit ist für Ratings zur unnötigen kognitiven Belastung (*extraneous cognitive load*) durch die papierbasierten Zeichenaufgaben niedriger ($M = -1.77$, $SE = .42$) als für Ratings durch die digitalen Zeichenaufgaben ($M = -0.28$, $SE = .79$), das heißt, dass die Studierenden für die papierbasierten Zeichenaufgaben den Aussagen zur unnötigen kognitiven Belastung seltener zugestimmt haben, als für die digitalen Zeichenaufgaben. Ein *t*-Test für

verbundene Stichproben zeigt, dass dieser Mittelwertsunterschied ($\Delta M = -1.49$, BCa 95 % CI [-2.383, -.579]) signifikant ist ($t(21) = 3.213$, $p = .004$, $d = 0.992$).

Für die aufgabenbedingte kognitive Belastung (*intrinsic cognitive load*) zeigen sich keine Unterschiede zwischen den Formaten (papierbasiert: $M = -0.80$, $SE = .32$; digital: $M = -0.43$, $SE = .25$; $\Delta M = -0.36$, BCa 95 % CI [-1.052, .295], $t(21) = 1.062$, $p = .300$).

Die Personenfähigkeit für die Usability-Ratings korreliert negativ mit der aufgabenbedingten kognitiven Belastung durch die digitalen Zeichenaufgaben ($r = -.477$, BCa 95 % CI [-.726, -.200], $p = .025$), das heißt Studierende, die Aussagen zur aufgabenbedingten kognitiven Belastung zustimmen, stimmen Aussagen zur Usability seltener zu (und anders herum).

Diskussion und Ausblick

Der Vergleich der papierbasierten mit den digitalen Zeichenaufgaben zeigt, dass für Studierende, die im Rahmen ihrer Lehrveranstaltung lediglich papierbasierte Übungsaufgaben bearbeitet haben, die digitalen Zeichenaufgaben signifikant schwieriger sind. Gespräche mit den Studierenden haben ergeben, dass die kurze Einführung und die Übungsaufgabe nicht ausreichend waren, um mit dem digitalen Zeichentool ausreichend vertraut zu werden, und zwei bis drei zusätzliche Übungsaufgaben benötigt werden. Im nächsten Schritt ist geplant das digitale Tool nach einer ausführlicheren Einführung systematisch in die Übung der Organischen Chemie zu implementieren, so dass Studierende bereits in der Lernphase mit dem Tool arbeiten und nicht mehr ausschließlich auf das Papierformat trainiert werden. Für den Einsatz des Tools in der Übung ist ein Ausbau der Feedbackfunktion geplant, um Studierende in ihrem Lernprozess zu unterstützen (Johnson & Priest, 2014).

Das digitale Format verursacht eine signifikant höhere unnötige kognitive Belastung. Dieses Ergebnis kann (auch) mit der zu kurzen Übungsphase mit dem Tool zusammenhängen. Gerade bei den ersten Aufgaben hatten Studierende Schwierigkeiten die benötigte Funktion (Doppelbindung, Heteroatom, ...) sofort zu finden, so dass der Zeichenprozess durch Suchprozesse unterbrochen wurde. Im nächsten Schritt muss geprüft werden, ob (a) eine längere Übungsphase ausreicht, um Unterschiede in der unnötigen kognitiven Belastung zwischen den Formaten zu verringern, ob (b) diese Unterschiede mit der Gewöhnung an das Tool im Lauf des Semesters verschwinden oder (c) ob das digitale Tool grundsätzlich eine höhere unnötige kognitive Belastung verursacht und Anpassungen notwendig sind.

Der negative Zusammenhang zwischen der aufgabenbedingten kognitiven Belastung und der Usability zeigt, dass die Einschätzung zur Nutzbarkeit des (unvertrauten) digitalen Formats mit der kognitiven Belastung durch die Aufgaben zusammenhängt. Studierende, die bereits durch die Aufgaben herausgefordert sind, empfinden die Usability als geringer. Auch für dieses Ergebnis ist zu prüfen, ob dieser Effekt im Lauf des Semesters verschwindet. Gleichzeitig zeigt dieser Zusammenhang, dass neue Formate vorsichtig eingeführt werden müssen, weil sie schwächere Studierende in ihrem Lernprozess zusätzlich beeinträchtigen können. Gerade mit Blick auf digitale Prüfungen ist dieser Aspekt von Bedeutung.

Limitationen

Die bisherigen Ergebnisse sind durch die geringe Varianz in den Aufgaben und die kleine Stichprobe limitiert. Dies zeigt sich auch in der Reliabilität der Instrumente. Trotzdem geben die Ergebnisse einen Hinweis darauf, welche Aspekte in den folgenden Entwicklungs- und Evaluationsschritten zu beachten sind.

Literatur

- Averbeck, D. (2020). Zum Studienerfolg in der Studieneingangsphase des Chemiestudiums – Der Einfluss kognitiver und affektiv-motivationaler Variablen. Berlin: Logos.
- Brooke, J. (1995). SUS: A quick and dirty usability scale. *Usability evaluation in industry*, 189(194), 4-7.
- Hailikari, T. K. & Nevgi, A. (2010). How to Diagnose At-risk Students in Chemistry: The case of prior knowledge assessment. *International Journal of Science Education*, 32(15), 2079-2095. <https://doi.org/10.1080/09500690903369654>
- Jiang, C., Jin, X., Dong, Y., & Chen, M. (2016). Kekule.js - An Open Source JavaScript Chemoinformatics Toolkit. *J. Chem. Inf. Model.*, 56(6), 1132–1138.
- Hauck, D. J., Melle, I. & Steffen, A. (2021). Molecular Orbital Theory—Teaching a Difficult Chemistry Topic Using a CSCL Approach in a First-Year University Course. *Educ. Sci.* 2021, 11(9)
- Johnson, Ch. I. & Priest, A. H. (2014). The Feedback Principle in Multimedia Learning (pp.449-463), in: Mayer, R. E. [Hg.]. *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning – Second Edition*, Cambridge University Press, New York.
- Lenhard, A. (2022, 30.08.). Berechnung von Effektstärken. *Psychometrica*. <https://www.psychometrica.de/effektstaerke.html>
- Leppink, J., Paas, F., Van der Vleuten, C.P.M., & van Merriënboer, J. J. G. (2013). Development of an instrument for measuring different types of cognitive load. *Behavior Research Methods*, 45, 1058–1072. <https://doi.org/10.3758/s13428-013-0334-1>
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia learning* (2nd ed.). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511811678>
- Paas, F. & Sweller, J. (2014). Implication of Cognitive Load Theory for Multimedia Learning. In: R. E. Mayer (Hrsg.), *Cambridge Handbook of multimedia learning*. Second Edition (S. 27-42). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Striewe, M. (2016). An architecture for modular grading and feedback generation for complex exercises, *Science of Computer Programming*, 129, 35–47.
- Sweller, J. (2005). Implications of Cognitive Load Theory for Multimedia Learning. In: R. E. Mayer (Hrsg.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (S. 19-30), New York: Cambridge University Press.

Heike Theyßen¹
 Andreas Borowski²
 Kai Cardinal¹
 Julia-Marie Franken¹
 Philipp Schmiemann¹

¹Universität Duisburg-Essen
²Universität Potsdam

Wissensarten und Studienerfolg

Vorstellung einer Interventionsstudie in den Fächern Biologie und Physik

Hintergrund

Viele Studierende, insbesondere der Fächergruppe Mathematik und Naturwissenschaften beenden ihr Studium vorzeitig (Heublein & Schmelzer, 2018). Die komplexen Ursachen des Studienabbruchs werden in allgemeinen Studienerfolgsmodellen systematisiert (z. B. Blüthmann et al., 2008). Allerdings beruhen diese Modelle in der Regel auf korrelativen Zusammenhängen und erlauben damit keine Aussagen über kausale Zusammenhänge von Prädiktoren mit Studienerfolg. Zudem sind sie nur bedingt geeignet, fachspezifische Maßnahmen zur Förderung von Studienerfolg abzuleiten.

Die bisher nicht sehr umfangreichen Befunde für deutsche Studierende der Fächer Biologie und Physik deuten darauf hin, dass insbesondere das fachspezifische Wissen prädiktiv für den Studienerfolg ist. So lassen sich in Physik 45 % der Notenvarianz der zentralen Abschlussklausur im ersten Semester durch die Leistung in einem Vorwissenstest sowie die Abiturnote und die letzte Physiknote aufklären (Sorge et al., 2016). Werden das physikalische Wissen und die Rechenfähigkeit betrachtet, so lässt sich 44 % Varianz der Studienleistung im dritten Semester sowie der Studienverbleib durch entsprechende Wissenstests im ersten Semester auflösen (Buschhüter et al., 2017). In Biologie erklären die Abiturnote, das Wunschfach, das fachspezifische Wissen zu Studienbeginn und die Fähigkeitsüberzeugungen zu 56 % den Studienerfolg (gemessen als gemittelte Klausurnoten; Schachtschneider, 2015, S. 158). Als einzelner Prädiktor erklärt das biologische Wissen zu Studienbeginn etwa 16 % der Erfolgsvarianz.

Allerdings erscheint eine differenzierte Betrachtung des Wissens in diesem Zusammenhang sinnvoll. Gemäß dem Modell von Hailikari, Nevgi und Lindblom-Ylänne (2007) können vier Wissensarten unterschieden werden, von denen nur einzelne und zwischen den Fächern unterschiedliche Wissensarten den Klausurerfolg in Biologie und Physik in der Studieneingangsphase präzisieren (Binder et al., 2019). Unter den vier Wissensarten erweist sich in Biologie nur das Konzeptverständnis als prädiktiv für den Klausurerfolg (Binder et al., 2019). Im Fach Physik kommt neben dem Konzeptverständnis mit fast gleichem Anteil noch die Wissensanwendung als Prädiktor hinzu (ebenda). Die zusätzliche Vorhersagekraft der Wissensanwendung kann in Physik vermutlich durch die Anforderung, fachspezifische Problemlöseaufgaben zu bearbeiten, erklärt werden. Dabei spielt neben dem Finden eines geeigneten Lösungsansatzes auch die Rechenfähigkeit eine Rolle, denn die Aufgaben verlangen i. d. R. das Aufstellen und Umformen von Gleichungen mit physikalischen Größen sowie das Einsetzen und Berechnen von Werten. Die hohe Bedeutung der Rechenfähigkeit für das Physikstudium konnte wiederholt bestätigt werden (z. B. Buschhüter et al., 2016; Müller et al., 2018; Woitkowski, 2019) und stellt einen weiteren Unterschied zur Biologie dar.

Zielsetzung und Forschungsfragen

Vor dem oben beschriebenen Hintergrund verfolgt das Projekt EASTER (Einfluss der Förderung spezifischer Wissensarten auf Studienerfolg in Biologie und Physik) die übergeordnete Zielsetzung, aufbauend auf bestehenden Erkenntnissen zu Studienerfolgsprädiktoren in den Fächern Biologie und Physik ...

... fachspezifische Unterstützungsangebote zur Förderung von Studienerfolg abzuleiten und auf ihre Wirksamkeit zu überprüfen sowie in diesem Zuge

... die bisher nur als Korrelationen nachgewiesenen Zusammenhänge experimentell auf Kausalität zu prüfen, indem die als prädiktiv identifizierten Wissensarten gezielt gefördert werden.

Damit verbunden sind die folgenden Forschungsfragen:

- Fördermaßnahmen und Studienerfolg: Wie wirkt sich eine Fördermaßnahme für Konzeptverständnis bzw. für Wissensanwendung auf den Studienerfolg in Biologie bzw. Physik aus?
- Fördermaßnahmen und Wissenszuwachs: Wie entwickelt sich das Wissen der Studierenden in den adressierten Wissensarten (Konzeptverständnis bzw. Wissensanwendung) durch die spezifischen Fördermaßnahmen bzw. ohne Fördermaßnahme?
- Wissenszuwachs und Studienerfolg: Inwieweit hängt der potenzielle Zuwachs im Studienerfolg durch eine spezifische Fördermaßnahme mit einem potenziellen Zuwachs in der adressierten Wissensart zusammen?

Studiendesign

Entsprechend der übergeordneten Zielsetzung werden Interventionen entwickelt, um die jeweiligen Wissensarten gezielt zu fördern. Diese werden kontrastierend in verschiedenen Gruppen eingesetzt. Die Lernwirksamkeit der Interventionen, insb. bezüglich der adressierten Wissensarten, wird mit einem Pre-Posttest-Design erhoben. Der Studienerfolg wird über die Klausurergebnisse am Ende des ersten Semesters erhoben. Eine Kontrollgruppe dient der Abgrenzung der Effekte gegenüber einer reinen Testwiederholung in Verbindung mit dem „regulären“ Studium. Tabelle 1 zeigt das Studiendesign. Die Studie wird in Biologie und Physik parallel durchgeführt. Zielgruppe sind Studierende des ersten Fachsemesters.

Tabelle 1. Studiendesign und Ablauf der Hauptstudie

| Vorlesungswoche | Maßnahmen der Hauptstudie | | |
|-----------------|---|------------------------------------|----------------------------------|
| 2-3 | Messzeitpunkt 1: Erhebung Wissensarten (pre), Kontrollvariablen | | |
| 4-8 | Kontrollgruppe | Intervention Konzeptverständnis | Intervention Wissensanwendung |
| 9 | Messzeitpunkt 2: Erhebung Wissensarten (post) | | |
| 10-15 | keine Intervention | | |
| 16 + | Messzeitpunkt 3: Erhebung Studienerfolg | | |

Interventionen

Die Interventionen werden in Biologie und Physik soweit möglich parallel aufgebaut. Die fachspezifischen Konzepte und Problemlöseaufgaben orientieren sich an den Inhalten des ersten Fachsemesters und den Basiskonzepten der Bildungsstandards für die gymnasiale

Oberstufe (KMK, 2020a; KMK 2020b). Geeignete Methoden zur Förderung der Wissensarten wurden anhand vorliegender empirischer Befunde identifiziert.

Für die Förderung des Konzeptverständnisses werden Begriffsnetze (Concept Maps; Novak & Gowin, 1984) eingesetzt. Sie können Konzeptverständnis fördern, da sie visualisieren, wie Konzepte Inhalte organisieren (Mandl & Fischer, 2000) und konzeptuelles Wissen in präziser visueller Form repräsentieren (Martinez et al., 2013). Pro Konzept wird ein Begriffsnetz erarbeitet. Diese Erarbeitung orientiert sich am Basismodell Konzeptbildern nach Oser (z. B. Krabbe & Fischer, 2020). Zunächst wird das Konzept, z. B. Oberflächenvergrößerung in der Biologie, in Beispielkontexten vorgestellt und die zugehörige Wissensstruktur wird in einem Begriffsnetz visualisiert. Dann werden die charakteristischen Merkmale des Konzeptes herausgearbeitet, deren Relationen im Begriffsnetz dargestellt und zu einer Definition des Konzepts verallgemeinert. Zum aktiven Umgang und Transfer wird das Konzept mit Hilfe des Begriffsnetzes auf weitere Beispiele angewandt und so in andere Kontexte übertragen. Dabei wird das Begriffsnetz sukzessive erweitert.

Zur Förderung der Wissensanwendung werden Lösungsbeispiele (worked examples; Atkinson et al., 2000) zu fachspezifischen Problemlöseaufgaben eingesetzt. Diese haben sich für den Erwerb fachspezifischer Problemlösefähigkeiten insb. in hochstrukturierten Domänen als geeignet erwiesen (z.B. Atkinson et al., 2000; Koenen et al., 2016). Die Strukturierung der Lösungsbeispiele folgt dem Modell des wissenszentrierten Problemlösens von Friege (2001) und dem mathematischen Modellierungskreislauf nach Trump (2015). Auf die Problemrepräsentation, die die Wiedergabe der Aufgabe und die Visualisierung durch eine Skizze umfasst, folgt die Auswahl eines geeigneten allgemeinen Lösungsansatzes, z. B. Anwendung des Impulserhaltungssatzes in der Physik, der auf die konkrete physikalische Situation angepasst wird. Daran schließt die Ausarbeitung der Lösung an, die in der Physik in der Regel das mathematische Arbeiten beinhaltet, sowie die Evaluation der Lösung.

In der Ausgestaltung beider Interventionen werden zudem empirisch fundierte Empfehlungen umgesetzt; darunter die Einforderung von Selbsterklärungen verbunden mit schrittweisem „fading“ der Erklärungen über mehrere Problemlöseaufgaben bzw. Begriffsnetze hinweg (z. B. Atkinson et al., 2000; Hardy & Stadelhofer, 2006).

Ausblick

Die Interventionsmaterialien werden im Wintersemester 2022/23 pilotiert, bevor im Wintersemester 2023/24 optimierte Materialien in den Interventionen der Hauptstudie zum Einsatz kommen. Der erwartete Ertrag der Studie besteht neben Erkenntnissen bezüglich der Kausalität vorliegender korrelativer Zusammenhänge zwischen Wissensarten und Studienerfolg auch in erprobtem, lernwirksamem Material zur gezielten Förderung relevanter Wissensarten in der Studieneingangsphase Biologie und Physik.

Das Projekt EASTER wird durch das BMBF unter den Förderkennzeichen 01PX21015A und 01PX21015B gefördert. Die Verantwortung für den Beitrag liegt bei den Autor:innen.

Literatur

- Atkinson, R. K., Derry, S. J., Renkl, A. & Wortham, D. (2000). Learning from Examples: Instructional Principles from the Worked Examples Research. *Review of Educational Research*, 70 (2), 181–214.
- Binder, T., Sandmann, A., Sures, B., Friege, G., Theyssen, H. & Schmiemann, P. (2019). Assessing prior knowledge types as predictors of academic achievement in the introductory phase of biology and physics study programmes using logistic regression. *International Journal of STEM Education*, 6 (1).
- Blüthmann, I., Lepa, S. & Thiel, F. (2008). Studienabbruch und -wechsel in den neuen Bachelorstudiengängen. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 11 (3), 406–429.
- Buschhüter, D., Spoden, C. & Borowski, A. (2016). Mathematische Kenntnisse und Fähigkeiten von Physikstudierenden zu Studienbeginn. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 22(1), 61–75.
- Buschhüter, D., Spoden, C. & Borowski, A. (2017). Studienerfolg im Physikstudium: Inkrementelle Validität physikalischen Fachwissens und physikalischer Kompetenz. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 23 (1), 127–141.
- Friege, G. (2001). Wissen und Problemlösen: Eine empirische Untersuchung des wissenszentrierten Problemlösens im Gebiet der Elektrizitätslehre auf der Grundlage des Experten-Novizen-Vergleichs. *Studien zum Physiklernen: Bd. 19*. Berlin: Logos.
- Hailikari, T., Nevgi, A. & Lindblom-Ylänne, S. (2007). Exploring alternative ways of assessing prior knowledge, its components and their relation to student achievement: A mathematics based case study. *Studies in Educational Evaluation*, 33 (3-4), 320–337.
- Hardy, I. & Stadelhofer, B. (2006). Concept Maps wirkungsvoll als Strukturierungshilfen einsetzen: Welche Rolle spielt die Selbstkonstruktion? *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 20 (3), 175–187.
- Heublein, U. & Schmelzer, R. (2018). Die Entwicklung der Studienabbruchquoten an den deutschen Hochschulen. Berechnungen auf Basis des Absolventenjahrgangs 2016. Hannover: Deutsches Zentrum für Hochschul- und Wissenschaftsforschung (DZHW).
- KMK (2020a). Bildungsstandards im Fach Biologie für die Allgemeine Hochschulreife. Carl Link.
- KMK (2020b). Bildungsstandards im Fach Physik für die Allgemeine Hochschulreife. Carl Link.
- Koenen, J., Emden, M. & Sumfleth, E. (Hrsg.) (2016). *Chemieunterricht im Zeichen der Erkenntnisgewinnung. Ganz In – Materialien für die Praxis*. Münster: Waxmann.
- Krabbe, H & Fischer, H. E. (2020). Gestaltung von Unterricht. In E. Kircher, R. Girwidz & H. E. Fischer (Hrsg.), *Physikdidaktik. Grundlagen* (S. 117-151). Springer Spektrum.
- Mandl, H. & Fischer, F. (2000). Mapping-Techniken und Begriffsnetze in Lern- und Kooperationsprozessen. In H. Mandl & F. Fischer (Hrsg.), *Wissen sichtbar machen. Wissensmanagement mit Mapping-Techniken* (S. 3-12). Hogrefe.
- Martínez, G., Pérez, Á. L., Suero, M. I. & Pardo, P. J. (2013). The Effectiveness of Concept Maps in Teaching Physics Concepts Applied to Engineering Education: Experimental Comparison of the Amount of Learning Achieved With and Without Concept Maps. *Journal of Science Education and Technology*, 22(2), 204–214.
- Müller, J., Stender, A., Fleischer, J., Borowski, A., Dammann, E., Lang, M. & Fischer, H. E. (2018). Mathematisches Wissen von Studienanfängern und Studienerfolg. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 24 (1), 183–199.
- Novak, J. D. & Gowin, D. B. (1984). *Learning how to learn*. Cambridge University Press.
- Schachtschneider, Y. (2015). *Studieneingangsvoraussetzungen und Studienerfolg im Fach Biologie*. Universität Duisburg-Essen, Essen.
- Sorge, S., Petersen, S. & Neumann, K. (2016). Die Bedeutung der Studierfähigkeit für den Studienerfolg im 1. Semester in Physik. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 22 (1), 165–180.
- Trump, S. (2015). *Mathematik in der Physik der Sekundarstufe II!?. Mathematisch-naturwissenschaftliche Fakultät Universität Potsdam*.
- Woitkowski, D. (2019). Erfolgreicher Wissenserwerb im ersten Semester Physik: Analyse mithilfe eines Niveaumodells. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 25 (1), 97-114.

Dennys Gahrman¹
 Andreas Borowski¹
 Irene Neumann²

¹Universität Potsdam
²IPN Kiel

Höhere mathematische Kompetenz in der Studieneingangsphase?

Einer der wichtigsten Prädiktoren für den Studienerfolg ist das akademische Vorwissen (z.B. Rach & Heinze, 2016). In der Studieneingangsphase Physik ist neben dem physikalischen insbesondere das mathematische Vorwissen von großer Relevanz (Buschhüter, Spoden & Borowski, 2016; Müller, Stender, Fleischer, Borowski, Dammann, Lang & Fischer 2018). Bereits 1978 wurde von Krause und Reiners-Logothetidou ein Studieneingangstest für Physiker:innen eingesetzt, der in 45 Items das mathematische und in 47 Items das physikalische Vorwissen erfasst. 2013 wurde dieser Studieneingangstest erneut eingesetzt (Buschhüter et al., 2016) und es zeigte sich im Vergleich zu 1978, dass die Studienanfänger:innen nicht grundsätzlich besser oder schlechter waren, sondern bestimmte Anforderungen schlechter, andere dafür besser bewältigen konnte. Dieser Befund ist nicht verwunderlich, haben sich Schule und Hochschule in diesen 35 Jahren doch gewandelt (z.B. Einführung von Bachelor/Master). Seit 2013 gab es ebenfalls einige Änderungen, wie beispielsweise die Einführung der Bildungsstandards Physik für die Oberstufe (KMK, 2020). 2023 soll der Test erneut eingesetzt werden und damit ergeben sich zwei zentrale Fragen: (1) Inwieweit deckt der Studieneingangstest der 1978 entwickelt wurde ab, was heutzutage in der Schule gelernt bzw. gekonnt werden soll? (2) Welches Wissen bzw. Können wird von Hochschullehrenden der Physik zu Beginn des Studiums erwartet? Mit der Beantwortung dieser Fragen beschäftigt sich der vorliegende Beitrag am konkreten Beispiel des Mathematikteils des Studieneingangstests von 1978 sowie dessen Erweiterung mit Aufgaben aus etablierten Mathematiktestinstrumenten. Das Ziel besteht darin, eine Aktualisierung des Studieneingangstests zu erreichen.

Die Komplexität von Mathematik-Items wurde bereits aus einer mathematikdidaktischen Sicht analysiert und hat ergeben, dass die Aufgaben vorrangig die Rechenfähigkeiten adressieren und kaum Aufgaben mit höheren Komplexitätsstufen vorhanden sind (Heinze Neumann, Ufer, Rach, Borowski, Buschhüter, Greefrath, Halverscheid, Kürten, Pustelnik, & Sommerhoff, 2019). Dieser Analyse wurde das sogenannte KUM-Modell (Knowledge of Undergraduate Mathematics, Rach, Sommerhoff & Ufer, 2021) zugrunde gelegt. Das KUM-Modell differenziert vier Komplexitätsstufen in den vier Inhaltsbereichen Analysis, Infinitesimalrechnung, Lineare Algebra und Logik. Aufgaben auf Stufe 1 („Faktenwissen und prozedurales Wissen“) beziehen das bereits bekannte Wissen ein und fragen Routinen ab (z.B. Ableiten einer Polynomfunktion oder das Zeichnen einer Normalparabel in ein Koordinatensystem). Für Aufgaben der Stufe 2 („Grundlegendes, konzeptuelles Wissen“) werden vertraute Vorstellungen zu mathematischen Konzepten genutzt, die keinen Darstellungswechsel benötigen (z.B. Auffinden von fünf verschiedenen irrationalen Zahlen aus den reellen Zahlen). Für Aufgaben der Stufe 3 („Flexibles, konzeptuelles Wissen“) ist es nicht ausreichend, Faktenwissen zu besitzen (z.B. verschiedene Eigenschaften von Funktionen und Funktionsgraphen nutzen, um eine Funktionsgleichung zu bestimmen). Aufgaben auf

Stufe 4 („Flexibles, konzeptuelles Wissen inklusive formaler Notation“) erfordern darüber hinaus noch ein Verständnis der abstrakten Schreibweisen (z.B. Limes-Schreibweise; Nutzung des Differentials beim Ableiten (Rach et al. 2021).

Im Rahmen der Aktualisierung stellt sich die Frage, inwieweit höhere Komplexitätsstufen angesprochen werden müssen, um zum einen abzudecken, was Schüler:innen lernen und zum anderen, was Hochschuldozierende von Studienanfänger:innen als Lernvoraussetzungen erwarten (Borowski, Sumfleth & Ufer, im Druck). Im Rahmen der MaLeMINT-Studie (Neumann, Pigge & Heinze, 2017) hatte sich beispielweise gezeigt, dass diverse mathematische Inhalte durchaus auf einem höheren Verständnisniveau als dem reinen Anwenden von bekannten Kenntnissen und Routinen erwartet werden.

Methoden

Um den Mathematikteil des Studieneingangstests zu aktualisieren und den beschriebenen Anforderungen zu genügen wurden die Aufgaben der Version von 1978 zunächst von $N = 3$ Ratern in Bezug zur aktuellen, curricularen Eignung (Grundlage: Bildungsstandards, KMK, 2012) und zur Komplexität entsprechend des KUM-Modells eingeschätzt. Die als curricular valide eingeschätzten Items wurden ergänzt durch 35 weitere Items aus dem KUM-Katalog (Rach, et al., 2021). In einem Online-Umfragetool bewerteten schließlich Physik-Hochschullehrende die Items auf einer sechsstufigen Likert-Skala hinsichtlich der Notwendigkeit für ein Physikstudium. Konkret sollte für jedes der Items die folgende Frage beantwortet werden: „Wie relevant ist es aus Ihrer Sicht, dass Studierende die folgende Aufgabe zu Beginn des Studiums lösen können, um erfolgreich ins Physikstudium zu starten?“ Von den teilnehmenden $N=26$ Hochschullehrenden gaben mehr als 95 % an, dass sie sich eher der Experimentalphysik zugeordnet sehen. Alle Dozierenden haben außerdem die Einführungsveranstaltung bereits mindestens zweimal gehalten. Damit der spätere Studieneingangstest eine breite Akzeptanz unter den Physikdozierenden besitzt wurde ein Item für den neu konstruierten Studieneingangstest ausgewählt, wenn mindestens 75 % der Dozierenden das Item positiv (vier oder höher auf der Likert-Skala) bewertet haben. Auf Basis dieser Ergebnisse lassen sich einerseits die oben genannten Fragen beantworten und andererseits ein aktualisierter Studieneingangstest erstellen.

Ergebnisse

Bei der Bewertung der Items aus der Version von 1978 hinsichtlich ihrer curricularen Validität stimmten die Rater hoch überein ($\kappa = .68$). Items ohne Übereinstimmung wurden zu dritt diskutiert und ein Konsens erzielt. Als Ergebnis lagen 30 (von ursprünglich 45) curricular valide Items vor. Die als nicht geeignet eingeschätzten Items behandelten z.B. komplexe Zahlen, Aussagenlogik oder auch Additionstheoreme für trigonometrische Funktionen. Von diesen Items adressierten 24 die KUM-Stufe 1 (80 %), 4 die KUM-Stufe 2 (13 %), 2 die KUM-Stufe 3 (7 %), und keines die KUM-Stufe 4. Entsprechend wurden insbesondere Items der Stufen 2, 3 und 4 aus dem KUM-Katalog für die Befragung der Hochschullehrenden ausgewählt.

Die 68 Items, die von den Hochschullehrenden bewertet wurden, verteilten sich wie folgt auf die vier Komplexitätsstufen des KUM-Modells: Stufe 1 – 26 Items (38 %), Stufe 2 – 17 Items (25 %), Stufe 3 – 15 Items (22 %), Stufe 4 – 10 Items (15 %). Auf Basis des oben beschriebenen 75%-Kriteriums wurden von davon 46 Items für den aktualisierten

Studieneingangstest ausgewählt. Diese 46 Items zeigten die folgende Komplexitätsverteilung: Stufe 1 – 23 Items (50 %), Stufe 2 – 11 Items (24 %), Stufe 3 – 9 Items (20 %), Stufe 4 – 3 Items (6 %). Der Vergleich dieser beiden Verteilungen zeigt, dass die Hochschullehrenden tendenziell Items niedriger Komplexität als für einen Studieneinstieg notwendig erachten.

Diskussion

Das Expertenrating bzgl. der curricularen Validität bestätigte die Notwendigkeit, den Studieneingangstest von 1978 zu aktualisieren. Von den ursprünglichen Aufgaben wurden lediglich zwei Drittel als konform mit den aktuellen Bildungsstandards (KMK, 2012) bewertet. Aufgaben, die als nicht curricular valide eingeschätzt wurden, betrafen vornehmlich mathematische Inhalte, die eher formal und abstrakt sind (z.B. Berechnung des komplex Konjugierten einer komplexen Zahl, Negieren einer Aussage). Einige dieser Inhalte wurden bereits 2011 von der Konferenz der Fachbereiche Physik als im Studium zu behandeln klassifiziert.

In einem zweiten Schritt sollte die Frage geklärt werden, welches Komplexitätsniveau Physik-Hochschuldozierende erwarten. Dabei zeigte sich, dass vornehmlich Aufgaben, die Faktenwissen und Routinen, aber auch grundlegendes konzeptuelles mathematisches Wissen erfordern, als von Studienanfänger:innen zu lösen erwartet werden. Interessant hervorzuheben ist, dass bei dieser Befragung die Hochschullehrenden insbesondere Aufgaben zur Ableitung von Polynomfunktion und Exponentialfunktion als relevant einschätzten. Demgegenüber wurden Logikaufgaben, welche typische Implikationen abfragen und dabei auch reale Kontexte mit einbeziehen (wie etwa „Wenn die Straße nass ist, ...“) eher als irrelevant beurteilten. Erwartete Routinen beziehen sich also nicht nur auf Stoff der Sekundarstufe 1, sondern auch der Sekundarstufe 2 (z.B. Differential- und Integralrechnung). Aufgaben zur Logik, die 1978 noch in einer zu lösenden Aufgabe im Studieneingangstest verankert war, werden nun scheinbar nicht mehr erwartet.

Grundsätzlich decken sich die erwarteten mathematischen Inhalte in den als relevant eingeschätzten Aufgaben mit den Erwartungen, die im Rahmen der Delphi-Studie MaLeMINT (Neumann et al., 2017) von Hochschullehrenden der Mathematik-Lehrveranstaltungen in MINT-Studienfächern geäußert wurden (jenseits der Logik, die dort allerdings auch eher einen geringeren Stellenwert einnahm). Interessant ist allerdings, dass die hier befragte Expert:innengruppe aus Dozierenden der Physiklehreveranstaltungen den Fokus eher auf der Anwendung von Routinen sehen, während für Mathematiklehreveranstaltungen (insbesondere solche in Mathematikstudiengängen) die ganze Breite an Komplexitätsniveaus relevant scheint (vgl. Rach et al., 2021).

Aus beiden Ratings konnten nun 46 Items identifiziert werden, die in einer aktualisierten Auflage des Studieneingangstests zum Einsatz kommen können, und gleichzeitig genügen Überlapp zu den Versionen von 1978 und 2013 aufweisen, um Vergleiche ziehen zu können. Bei der Interpretation der Ergebnisse sollte allerdings berücksichtigt werden, dass im Physikstudium Mathematik in der Regel sowohl in anwendungsnahen Kontexten genutzt (z.B. Physik-Vorlesungen) als auch in Form klassischer Mathematikmodule belegt werden muss. Beide Perspektiven (die der Physik- und die der Mathematikhochschullehrenden) sind abzudecken, aus denen ggf. unterschiedliche Anforderungen an Studienanfänger:innen resultieren.

Literatur

- Borowski, A., Sumfleth, E., Ufer, S. (im Druck). Mathematik als Voraussetzung für das Fachstudium. Beispiele aus der Mathematik, Chemie und Physik. Erscheint in T. Rolfes, S. Rach, Ufer, S., Heinze, A. (Hrsg.): *Das Fach Mathematik in der gymnasialen Oberstufe*. Waxmann.
- Buschhüter, D., Spoden, C. & Borowski, A. (2016). Mathematische Kenntnisse und Fähigkeiten von Physikstudierenden zu Studienbeginn. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 22(1), 61–75. <https://doi.org/10.1007/s40573-016-0041-4>
- Heinze, A., Neumann, I., Ufer, S., Rach, S., Borowski, A., Buschhüter, D., Greefrath, G., Halverscheid, S., Kürten, R., Pustelnik, K. & Sommerhoff, D. (2020). Mathematische Kenntnisse in der Studieneingangsphase – Was messen unsere Tests? In A. Frank, S. Krauss & K. Binder (Hrsg.), *Beiträge zum Mathematikunterricht 2019: Bd. 53. Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik*. (Vol. 1 Münster Aufl., S. 345–348). Beltz Verlag.
- KFP (2011). *Empfehlung der Konferenz der Fachbereiche Physik zum Umgang mit den Mathematikkenntnissen von Studienanfängern der Physik*. Konferenz der Fachbereiche Physik
- KMK (2012). *Bildungsstandards im Fach Mathematik für die Allgemeine Hochschulreife*. Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland.
- KMK (2020). *Bildungsstandards für das Fach Physik für die Allgemeine Hochschulreife*. Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland.
- Krause, F. & Reiners-Logothetidou, A. (1981). Folgerungen aus dem Studieneingangstest Physik 1978: Vorschläge zum Abbau der festgestellten Defizite. *Physik Journal*, 37(9), 295–299. <https://doi.org/10.1002/phbl.19810370911>
- Müller, J., Stender, A., Fleischer, J., Borowski, A., Dammann, E., Lang, M. & Fischer, H. E. (2018). Mathematisches Wissen von Studienanfängern und Studienerfolg. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 24(1), 183–199. <https://doi.org/10.1007/s40573-018-0082-y>
- Neumann, I., Pigge, C. & Heinze, A. (2017). *Welche mathematischen Lernvoraussetzungen erwarten Hochschullehrende für ein MINT-Studium?* IPN - Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik.
- Rach, S. & Heinze, A. (2017). The Transition from School to University in Mathematics: Which Influence Do School-Related Variables Have? *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15(7), 1343–1363. <https://doi.org/10.1007/s10763-016-9744-8>
- Rach, S., Sommerhoff, D. & Ufer, S. (2021). KUM/MOAS: Technical Report - Knowledge for University Mathematics (KUM) and Mathematics Online Assessment System (MOAS). *Munich Center of the Learning Sciences: MCLS Reports, Nr. 1*.

Anja Tschiersch¹
Jenny Meßinger-Koppelt²

¹Universität Potsdam
²Joachim Herz Stiftung

Von KI bis Inklusion – Lehren und Lernen mit digitalen Medien

Digitale Medien sind aus dem alltäglichen Leben nicht mehr wegzudenken. Immer mehr Lernkonzepte finden Einzug in Schule und Hochschule. Insbesondere im Bereich der naturwissenschaftlichen Fächer gibt es vielseitige Möglichkeiten neue Technologien wie Augmented Reality, Künstliche Intelligenz und Virtuell Reality zielgerichtet einzusetzen.

Umso wichtiger ist es, dass Lehrkräfte während ihrer Ausbildungszeit und später in Fortbildungen entsprechende Kompetenzen aufbauen bzw. weiterentwickeln können. Darüber hinaus ist die Verknüpfung zu weiteren Kompetenzbereichen z.B. Bewertungs- und Fachkompetenz, die Lehrer*innen beherrschen müssen, unabdingbar.

Im Postersymposium „Von KI bis Inklusion – Lehren und Lernen mit digitalen Medien“ wurden daher innovative Lehrkonzepte sowohl für den naturwissenschaftlichen Unterricht als auch für die Aus- und Weiterbildung von Lehrer*innen sowie ein Kompetenzraster im Bereich der digitalen Medien vorgestellt. Hierbei waren sowohl neu geplante als auch bereits evaluierte Vorhaben vertreten.

Bereits 2016 wurde im Strategiepapier der Kultusministerkonferenz „Bildung in der digitalen Welt“ gefordert, die digitalen Kompetenzen von Lehramtsstudierenden und Lehrkräften zu fördern. Hierbei wurde Bezug auf alle Unterrichtsfächer genommen. Doch insbesondere in den MINT-Fächern bieten digitale Medien, durch die Multimodalität und Multicodalität Chancen für einen besseren Zugang zu fachlichen Inhalten, die auf Prozesse und Zusammenhänge basieren (Kuhn et al., 2017). Zudem besteht durch die Integration von Interaktivitäten und Anwendungen für das kooperative Arbeiten (Kerres, 2013) zum Beispiel Verknüpfungsmöglichkeiten zum forschenden Lernen.

Zudem wiesen 2017 Erkenntnisse von Lorenz et al. darauf hin, dass die Nutzung von digitalen Medien im Unterricht besonders in den naturwissenschaftlichen Fächer ein hohes Entwicklungspotenzial aufzeigen und, dass Lehrkräfte offensichtlich das Potenzial von digitalen Medien für das Lehren und Lernen (noch) nicht ausschöpfen.

Die folgenden Beiträge geben Impulse für den Einsatz von aktuellen Technologien für den schulischen Unterricht und die Hochschullehre. Dabei werden ein universitäres Lehrvorhaben zum Thema KI oder ein Test zum mathematischen Lernen in Chemie ebenso vorgestellt, wie Einsatzbeispiele der EyeTracking Methode oder Anwendungsmöglichkeiten von Augmented Reality in Kontexten der Physik und Chemie. Die Verzahnung von digitalen, fachlichen, fachdidaktischen und didaktischen Kompetenzen (Mishra & Koehler, 2006) ist wesentlich und bildet die Grundlage für den ebenfalls nachfolgend diskutierten Orientierungsrahmen DiKoLAN, der als Modell der digitalen Basiskompetenzen in den naturwissenschaftlichen Fächern (Becker et al., 2020) entwickelt wurde.

Literatur

- Becker, S., Meßinger-Koppelt, Jenny, & Thyssen, Christoph. (2020). Digitale Basiskompetenzen - Orientierungshilfe und Praxisbeispiele für die universitäre Lehramtsausbildung in den Naturwissenschaften. Hamburg: Joachim Herz Stiftung Verlag
- Kerres, M. (2013). Mediendidaktik: Konzeption und Entwicklung mediengestützter Lernangebote. Oldenbourg: Wissenschaftsverlag
- Kuhn, J., Ropohl, M., & Groß, J. (2017). Fachdidaktische Mehrwerte durch Einführung digitaler Werkzeuge. In J. Meßinger-Koppelt, S. Schanze, & J. Groß (Hrsg.), Lernprozesse mit digitalen Werkzeugen unterstützen - Perspektiven aus der Didaktik naturwissenschaftlicher Fächer. Hamburg: Joachim Herz Stiftung Verlag, 11–32
- Kultusministerkonferenz KMK. (2017). Bildung in der digitalen Welt - Strategie der Kultusministerkonferenz
- Lorenz, R., Endberg, M., & Eickelmann, B. (2017). Unterrichtliche Nutzung digitaler Medien durch Lehrpersonen in der Sekundarstufe I im Bundesländervergleich und im Trend von 2015 bis 2017. In R. Lorenz, W. Bos, M. Endberg, B. Eickelmann, S. Grafe, & J. Vahrenhold (Hrsg.), Schule digital - der Länderindikator 2017: Schulische Medienbildung in der Sekundarstufe I mit besonderem Fokus auf MINT-Fächer im Bundesländervergleich und Trends von 2015 bis 2017. Münster: Waxmann, 84–121
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge. 108(6), 1017–1054

Anja Tschiersch¹
Amitabh Banerji¹

¹ Universität Potsdam

leARn Chemistry – AR Lehr-Lernmaterialien mit und durch Lehrkräfte entwickeln

Seit einigen Jahren wird Augmented Reality (AR) in den naturwissenschaftlichen Fächer Chemie, Biologie und Physik eine immer größer werdende Bedeutung zugeschrieben. Dies zeigt sich durch die beinahe exponentiell ansteigende Anzahl unterrichtsrelevanter Beiträge innerhalb der letzten Jahre (Krug et al., 2021).

AR kann als Lerntechnologie auf verschiedene Weise in das SAMR Modell nach Puentedura (2006) für die Erweiterung, Umgestaltung und Neubelegung eingeordnet werden (Schweiger et al., 2022). Lehrer*innen können AR dafür einsetzen um analoge Arbeitsmaterialien wie z.B. Arbeitsblätter mit digitalen Inhalten (Bild- und Videomaterial, 3D-Model usw.) anzureichern oder Zusatzinformationen können gezielt auf Arbeitsgeräten zum Beispiel im Labor platziert werden (An et al., 2020). Positive Effekte bei den Lernprozessen der Lernenden wurden hierbei schon beobachtet (Garzón et al., 2020).

Die Verbreitung von AR in der Unterrichtspraxis nimmt vermehrt zu, da AR-Autorentools (Software um eigene AR-Inhalte auch ohne Programmierkenntnisse zu erstellen) zunehmend zur Verfügung stehen (Tschiersch et al., 2021).

Da AR nun verstärkt Einzug in den Chemieunterricht erhalten kann, ist es wichtig, dass es Kriterien gibt, wie AR-Lehr-Lernmaterialien, speziell für den Chemieunterricht gestaltet werden können und zum anderen das Lehrer*innen befähigt werden, selbstständig qualitativ hochwertiges AR Lehr-Lernmaterial für Ihren Unterricht anzufertigen. Im Promotionsprojekt leARn-chemistry werden Chemielehrer*innen als Zielgruppe fokussiert und zwei wesentliche Ziele verfolgt.

Bei dem ersten Projektziel werden mittels eines qualitativen Forschungsansatzes nach dem Design-Based-Research Prinzip Gelingensbedingungen speziell für die Integration von AR in den Chemieunterricht und Gestaltungskriterien für AR Lehr-Lernmaterialien aus Sicht der Lehrkräfte herausgearbeitet. Für die Erstellung eigener AR-Elemente wird das nutzerfreundliche Autorentool BlippAR genutzt, welche ohne Programmierkenntnisse auskommt und daher keine lange Einarbeitungszeit erfordert. Dadurch soll gewährleistet werden, dass die herausgearbeiteten Bedingungen durch die Chemielehrkräfte für die eigenen AR-Elemente niedrigschwellig umgesetzt werden können.

Die theoretische Grundlage für die Entwicklung der ersten beiden Prototypen bilden hierbei medien- und chemiedidaktische Aspekte. Aus mediendidaktischer Sicht werden herausgearbeitete Prinzipien von AR nach Cuendet et al. (2013) und Gestaltungsparameter von Lehr-Lernszenarien von AR für den naturwissenschaftlichen Unterricht nach Krug et al. (2021) beachtet. Um der Gestaltung aus Sicht der Chemiedidaktik gerecht zu werden, werden insbesondere der Unterrichtseinsatz und die Merkmale von Modellen für den Chemieunterricht (Kircher, 1977; Przywarra & Risch, 2022; Stachowiak, 1980) und die Theorien nach Johnstone (1991) berücksichtigt. Nach Johnstone lassen sich chemische Sachverhalte auf einer makroskopischen, submikroskopischen und einer symbolischen Ebene

beschreiben (Johnstone, 1991). Bezüglich der submikroskopischen Ebene wird der Lernprozess von Schüler*innen vor allem durch Modelle unterstützt. In Abbildung 1 wird gezeigt, wo die Prototypen des Projektes leARn chemistry für den Vermittlungsprozess einzuordnen sind.

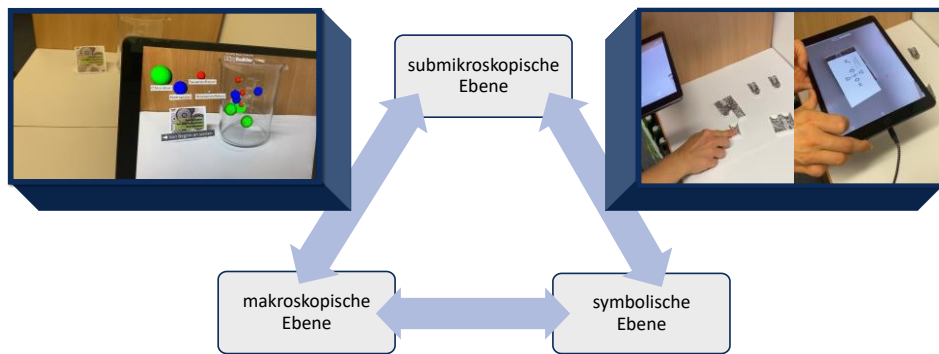


Abb. 1: Bildausschnitte der aktuell im Entwicklungsprozesse befindenden Prototypen 1 & 2 eingeordnet im Johnstone Dreieck.

Bereits vor Beginn der Entwicklung wurde eng mit acht Chemielehrkräften zusammengearbeitet und exemplarisch AR Lehr-Lernmaterial zum Unterrichtsthema „Neutralisation von Säuren und Basen“ erstellt. Hierbei wurden in Interviews die theoretischen Designprinzipien, das Thema für das Material und die stetige Optimierung des AR-Lehr-Lernmaterials diskutiert. Die Auswertung des Interviewmaterials erfolgt mittels qualitativer Inhaltsanalyse nach Mayring (2016). Zum aktuellen Zeitpunkt fanden drei Interviewrunden statt auf dessen Grundlage die Prototypen nun weiter optimiert werden. Die Optimierungsvorschläge bezogen sich (u.a.) auf den Wunsch nach mehr Interaktionsmöglichkeiten innerhalb der AR-Anwendung sowie eine höhere Zuverlässigkeit für die Erkennung der Marker zur Auslösung der AR-Anwendung.

Das zweite Ziel des Promotionsprojektes ist die Untersuchung der Einstellungsakzeptanz von Lehrkräften hinsichtlich des AR-Autorentools BlippAR. Hierzu werden praxisorientierte Lehrer*innenfortbildungen im Workshopcharakter durchgeführt, in der die Lehrkräfte als „Produzierende“ selbst AR-Arbeitsmaterialien mit BlippAR für ihren Unterricht gestalten. Des Weiteren werden Anwendungsbeispiele vorgestellt und fach- und mediendidaktische Hinweise für den Einsatz im Chemieunterricht thematisiert. Im Anschluss der Fortbildung wird die Akzeptanz der Lehrkräfte hinsichtlich des Autorentools erhoben. Bei der Konfiguration des Fragebogens wurde sich an das Technikakzeptanzmodell nach Davis (1989) orientiert. Zudem soll die Selbstwirksamkeit, Verhaltensabsicht und Usability erfasst werden.

Literatur

- An, J., Poly, L.-P., & Holme, T. A. (2020). Usability Testing and the Development of an Augmented Reality Application for Laboratory Learning. *Journal of Chemical Education*, 97(1), 97–105. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00453>
- Cuendet, S., Bonnard, Q., Do-Lenh, S., & Dillenbourg, P. (2013). Designing augmented reality for the classroom. *Computers & Education*, 68, 557–569. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.02.015>
- Davis, F. D. (1989). Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology. *MIS Quarterly*, 13(3), 319. <https://doi.org/10.2307/249008>
- Garzón, J., Kinshuk, Baldiris, S., Gutiérrez, J., & Pavón, J. (2020). How do pedagogical approaches affect the impact of augmented reality on education? A meta-analysis and research synthesis. *Educational Research Review*, 31, 100334. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2020.100334>
- Johnstone, A. H. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning*, 7(2), 75–83. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.1991.tb00230.x>
- Kircher, E. (1977). Einige erkenntnistheoretische und wissenschaftstheoretische Auffassungen und deren mögliche Auswirkungen auf die Fachdidaktik der Naturwissenschaften. 3.
- Krug, M., Czok, V., Weitzel, H., Müller, W., & Huwer, J. (2021). Gestaltungsparameter für Lehr-Lernszenarien mit Augmented-Reality-Anwendungen im naturwissenschaftlichen Unterricht – ein Review. In N. Graulich, J. Huwer, & A. Banerji (Hrsg.), *Digitalisierung in der Chemiedidaktik* (S. 51–57). Waxmann Verlag.
- Mayring, P. (2016). *Einführung in die qualitative Sozialforschung*. Beltz GmbH, Julius. https://www.ebook.de/de/product/25647182/philipp_mayring_einfuehrung_in_die_qualitative_sozialforschung.html
- Przywarra, T., & Risch, B. (2022). Intervention studies to compare different model types: Challenges and possible solutions. *CHEMKON*, 29(S1), 250–254. <https://doi.org/10.1002/ckon.202200004>
- Puentedura, Ruben. (2006). Transformation, Technology and Education. <http://homepages.uni-paderborn.de/wilke/blog/2016/01/06/SAMR-Puentedura-deutsch/>
- Schweiger, M., Wimmer, J., Chaudhry, M., Alves Siegle, B., & Xie, D. (2022). Lernerfolg in der Schule durch Augmented und Virtual Reality?: Eine quantitative Synopse von Wirkungsstudien zum Einsatz virtueller Realitäten in Grund- und weiterführenden Schulen. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung*, 47, 1–25. <https://doi.org/10.21240/mpaed/47/2022.04.01.X>
- Stachowiak, H. (1980). Modelle und Modelldenken im Unterricht: Anwendungen der allgemeinen Modelltheorie auf die Unterrichtspraxis H. Stachowiak, Hrsg.; (S. 9–47). Verlag Julius Klinkhardt.
- Tschiersch, A., Krug, M., Huwer, J., & Banerji, A. (2021). Augmented Reality in chemistry education – an overview. *CHEMKON*, 28(6), 241–244. <https://doi.org/10.1002/ckon.202100009>

Mathematisches Modellieren in der Chemie – empirische Validierung eines Modellierungskreislaufes mithilfe eines Kompetenztests

Mathematisches Modellieren & Modellierungskreisläufe:

Modellieren ist wie das Experimentieren eine essentielle Arbeitsweise in den Naturwissenschaften. Modellierungskompetenz stellt sich dabei für viele Lernende als Bündel komplexer Fähigkeiten und Fertigkeiten dar. Mit der Entwicklung von Modellierungskreisläufen können diese Prozesse strukturiert dargestellt und somit sowohl diagnostisch als auch didaktisch genutzt werden. Somit ermöglichen Modellierungskreisläufe einen Einblick in den Modellierungsprozess von Schülerinnen und Schülern. Blum & Borromeo Ferri (2009) entwickelten ein diagnostisches Modell für Mathematisches Modellieren aus mathematikdidaktischer Perspektive. Damit Modellierungsprozesse in den unterschiedlichen naturwissenschaftlichen Fachdisziplinen untersucht werden können, wurden basierend auf diesem Kreislauf für mathematisches Modellieren, weitere fachspezifische Modellierungskreisläufe entwickelt (Physik: Massolt et al., 2016; Chemie: Goldhausen & De Fuccia, 2015; Biologie: Meister & Upmeyer zu Belzen, 2018; Frick, 2020). Auf Grundlage von IRT-skalierten Testinstrumenten für mathematisches Modellieren aus der Mathematikdidaktik (Brand, 2014) soll ausgehend von Goldhausen & Di Fuccias (2020) entwickelten diagnostischen Modells für mathematisches Modellieren in der Chemie

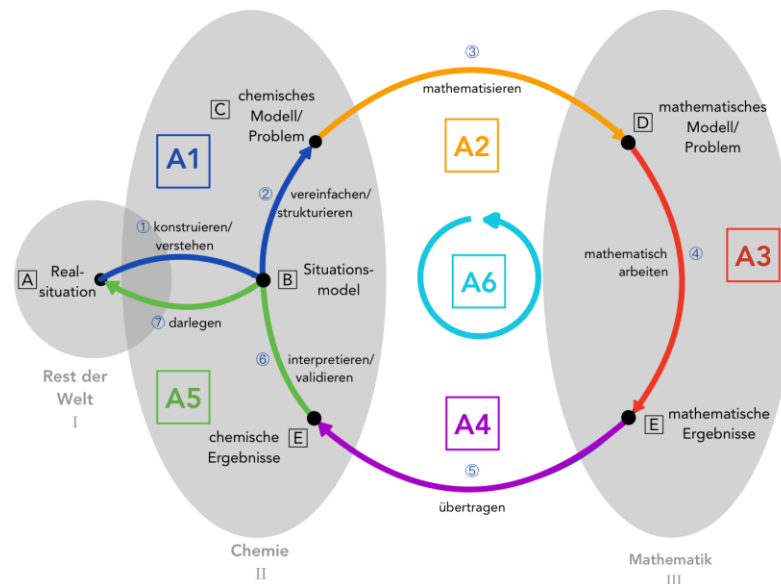


Abbildung 1: Kategorienbildung am Mathematischen Modellierungszyklus von Goldhausen & Di Fuccia (2015)

(Goldhausen, 2015; Goldhausen & Di Fuccia 2020) ein chemiespezifisches Testinstrument (für die Fähigkeit des Mathematisches Modellierens) entwickelt werden.

Testentwicklung:

Die einzelnen Teilschritte innerhalb des Kreislaufes wurden in Itemkategorien zusammengefasst (Brand, 2014). Dabei wurde der im Modell beschriebene Wechsel zwischen den fachlichen Ebenen (Realitäts-/Aufgabenkontext; Chemie; Mathematik) fokussiert. Für die Entwicklung des Testinstruments wird Schmidt & Di Fuccias (2015) Modellierungskreislauf in fünf verschiedene Abschnitte unterteilt: (A1) Realität → Chemie, (A2) Chemie → Mathematik, (A3) Mathematisches Arbeiten, (A4) Mathematik → Chemie, (A5) Chemie → Realität, s. Abb. 1. Diese Abschnitte beschreiben jeweils den Wechsel zwischen den von Johnston (1991) beschriebenen Ebenen (Makroskopische Ebene (Realität, Phänomene), Submikroskopische Ebene (spezifische Modelle in der Chemie), Repräsentationale Ebene (chemie- und Mathematikspezifische Symbolsysteme)). Für jeden Abschnitt wurden 12 Items konstruiert. Jedes Item hat insgesamt fünf Antwortmöglichkeiten. Eine richtige Antwort, zwei ‚plausible‘ Antworten die auf Schülervorstellungen/Präkonzepten oder gängigen Fehlern beruhen und zwei falsche Antworten. Zusätzlich wurde eine Kategorie (A6) ‚Gesamtmodellieren‘ entwickelt (6 Items), die den Modellierungsprozess als Ganzen in den Blick nimmt. Die Testaufgaben der Kategorien (A1) bis (A5) fokussieren unterschiedliche Transformationen im Modellierungsprozess:

- Kategorie A1 umfasst Fragen, die sich auf das Verstehen/Konstruieren einer Problemstellung, das Strukturieren/Vereinfachen von Problemen/Aufgaben, das Identifizieren relevanter Aspekte eines Sachverhaltes oder das Auswählen geeigneter Modellvorstellungen konzentrieren.
- Kategorie A2 fokussiert darauf, das ausgewählte Modell zu mathematisieren. Es sind geeignete Formeln auszuwählen, mathematische Zusammenhänge zu beschreiben oder mathematische Formeln zu entwickeln.
- In der dritten Kategorie A3 gilt es mathematisch zu arbeiten. Entsprechend werden hier mathematische Konzepte, Arbeitsweisen und Lösungswege getestet.
- In Abschnitt vier A4 müssen mathematische Ergebnisse chemiespezifisch eingeordnet werden. Hierzu gehört z.B. das Identifizieren der Einheit eines mathematischen Ergebnisses, das Zuordnen mathematischer Ergebnisse zu Variablen oder mathematische Ergebnisse in den Fachkontext einzuordnen.
- Die letzte Kategorie A5 des Kreislaufes beschreibt die Interpretation des Ergebnisses unter Berücksichtigung der Ausgangssituation, entsprechend ist hier auf Sinnhaftigkeit oder ob das Ergebnis zum verwendeten Modell passt zu prüfen oder es sind Antwortsätze zu formulieren.
- Die Kategorie A6 "Gesamtmodellieren" nimmt den ganzen Modellierungsprozess in den Fokus. Dabei werden Vorgehensweisen zur Lösung von Modellierungsaufgaben abgefragt.

Beispielitems:

Für jede Kategorie wird ein Beispielitem skizziert, das den Fokus des Abschnittes herausarbeitet:

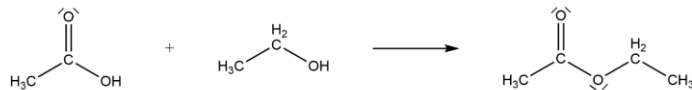
- (A1) *Wirkung von ACE-Hemmer*: Auswahl einer geeigneten Modelldarstellung (kompetitive Hemmung) inklusive korrekter Beschreibung. Distraktoren enthalten

fehlerhafte Abbildungen (keine Hemmung abgebildet; falsche Substrate) oder falsche Beschreibungen.

- (A2) *Reaktionskinetik*: Ergebnisse eines im Labor durchgeführten Experiments zum Einfluss von Temperatur auf die Reaktionsgeschwindigkeit einer chemischen Reaktion. Antworten enthalten jeweils ein Diagramm, in dem Temperatur und Geschwindigkeit gegeneinander aufgetragen sind sowie eine Aussage über den vorliegenden Zusammenhang (direkte; indirekte Proportionalität) zwischen den Variablen. Fehlerhafte Diagramme und falsche mathematische Zusammenhänge dienen als Distraktoren.
- (A3) *Bestimmung von Flächeninhalten*: Ausrechnen von rechteckigen Flächeninhalten, Oberflächen von Körper; Flächen unterhalb von Funktionsgraphen
- (A3) *Funktionsbegriff*: Definition von Funktionen, Eigenschaften von Funktionen bestimmen, Berechnen von Funktionsschnittpunkten
- (A4) *Reaktionsgeschwindigkeit*: Einheit eines ausgerechneten Wertes ausgehend von der mathematischen Formel ableiten. Distraktoren bestehen in falscher Zuordnung von Variablen und Einheiten sowie "falsch gekürzten" Einheiten (Abbildung 2).
- (A5) *Mischungskreuz*: Mithilfe des Mischungskreuz berechnete Mengen für die Verdünnung von Natriumchloridlösung. Beurteilung einer daraus gezogenen Schlussfolgerung. Distraktoren bestehen aus falschen Einschätzungen als auch richtigen Einschätzung mit inkorrekten Begründungen.
- (A6) *Säure-Base-Chemie*: Bestimmung der benötigten Menge an Base zur Neutralisation eines Kesselwagens mit Säure (bestimmter Konzentration). Distraktoren: unrealistische Abschätzung, fehlerhafte Berechnungen oder auch falsche Interpretation des Stoffmengenverhältnisses.

Reaktionsgeschwindigkeit

Bei der Reaktion von Carbonsäure und Alkoholen entstehen Carbonsäureester (vgl. Reaktionsgleichung)



Die Reaktionsgeschwindigkeit lässt sich als die Änderung der Konzentration über die Zeit beschreiben. Dies wird über das Differential $v = \frac{dc}{dt}$ ausgedrückt. Mithilfe dieser Formel wurde eine mittlere Reaktionsgeschwindigkeit von 2,1 berechnet.

Welche Einheit hat der berechnete Zahlenwert ?

- $\frac{\text{mol} \cdot \text{s}}{\text{L}}$
- $\frac{\text{g}}{\text{L} \cdot \text{s}}$
- $\frac{\text{g}}{\text{s}}$
- $\frac{\text{mol}}{\text{s}}$
- $\frac{\text{mol}}{\text{L} \cdot \text{s}}$

Abbildung 2: Beispielim der Kategorie A4.

Das hier beschriebene Testinstrument wird im Winter 2022 mithilfe von Studierenden der Chemie validiert und skaliert um es im Anschluss zur Anwendung bringen zu können.

Literatur

- Blum, W. & Borromeo Ferri, R. (2009). Modelling: Can it be taught and learnt? In: *Journal of Mathematical Modelling and Application*, 1 (1), S. 45-58.
- Brand, S. (2014). *Erwerb von Modellierungskompetenzen: Empirischer Vergleich eines holistischen und eines atomistischen Ansatzes zur Förderung von Modellierungskompetenzen*. Springer Spektrum.
- Goldhausen, I. & Di Fuccia, D. (2015). *Mathematische Modelle im Chemieunterricht*. Dissertation, Universität Kassel.
- Goldhausen, I. & Di Fuccia, D. (2020). Mathematical Modelling in Chemistry Lessons. *CHEMKON*, 28(7), 282-293.
- Johnston, A. H. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of computer assisted learning*, 7(2):75-83.
- Massolt, J., Nowak, A., Trump, S., & Borowski, A. (2016). Mathematisches Modellieren im Physikunterricht – Erfolgreiche SuS vs. Nicht-erfolgreiche SuS. In: C. Maurer (Hrsg.), *Authentizität und Lernen – das Fach in der Fachdidaktik*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Berlin 2015, S. 464-466.
- Meister, J., & Upmeyer zu Belzen, A. (2018). Naturwissenschaftliche Phänomene mit Liniendiagrammen naturwissenschaftlich-mathematisch modellieren. In M. Hammann & M. Lindner (Eds.), *Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik Band 8* (pp. 87–106). Innsbruck: StudienVerlag.

Arne Bewersdorff¹
 Claudia Nerdel¹

¹Technische Universität München

Lehrprojekt ‚Einführung in die Künstliche Intelligenz‘ im Rahmen des Seminars ‚Technologie in der Fachdidaktik: Biologie‘

Hintergrund

In vielen alltäglichen Handlungen ist Künstliche Intelligenz (KI) bereits fest verankert (Paaß & Hecker 2020). Beispiele sind (teil-)autonome Fahrzeuge, bildgebende Diagnostik in der Medizin sowie Internetsuchmaschinen, aber auch Chatbots und manipulierte Ton- und Videosequenzen zur Verbreitung von Falschinformationen („Deep Fakes“). KI hat darüber hinaus das Potenzial, zu signifikanter Transformation in allen Bereichen der Arbeitswelt zu führen (Frank et al. 2019).

Auch wenn nationale Steuerungsdokumente aufgrund ihrer langen Erneuerungszyklen das Themenfeld KI (noch) nicht explizit abbilden, so fordert doch die KMK, dass Schüler*innen „zu einem selbstständigen und mündigen Leben in einer digitalen Welt befähigt werden“ (KMK 2016, S. 11). Dieses schließt auch ein Verständnis für wesensprägenden Aspekte der Digitalisierung ein. Als einer dieser Aspekte muss KI angesehen werden (Marquardt 2019). Darum ist es im Kontext Digitaler Bildung von Bedeutung, dass sich die Lernenden in allen Fachbereichen mit den Aspekten von KI auseinandersetzen. Noch ist KI jedoch kein Thema an allgemeinbildenden Schulen in Deutschland (Rietz & Völmicke 2020).

Angehende Lehrkräfte müssen daher dazu befähigt werden, KI in ihren Grundsätzen zu verstehen und bezüglich gesellschaftlicher, ethischer und rechtlicher Aspekte zu reflektieren, um an den Schulen ebendiese Kompetenzen (sog. AI Literacy, Long & Magerko, 2020) auch an Schüler*innen vermitteln zu können. Auch aufgrund des sich abzeichnenden Einsatzes von KI im Lehrberuf selbst (vgl. Krüger & Krell 2020) ist bei angehenden Lehrkräften ein grundsätzliches Verständnis dieser Technologie erstrebenswert.

Ziele des Lehrprojekts und der Begleitforschung

Die Lehramtsstudierenden der Biologie sollen durch die Teilnahme an dem Seminar ein grundlegendes Verständnis von der Funktionsweise von KI sowie Implikationen auf gesellschaftlicher und ethischer Ebene – auch mit dem Blick auf den Einsatz von KI in Schule und Unterricht, etwa im Bereich Learning Analytics und Intelligent Agents – erwerben. Der Aufbau didaktisch-methodische Kompetenzen zur Vermittlung von AI Literacy ist ebenfalls Ziel des Seminars.

Sowohl durch eine begleitende Fragebogenstudie im Pre-Post-Design als auch durch die Analyse der Lernprodukte sollen erste Einblicke in die Eingangswissensstände der Studierenden sowie zu den Wirkweisen des Seminars erzielt werden.

Das Lehr-Lernkonzept

Das Seminar wird im Stil des Project-Based Learning (Krajcik & Shin 2014), ergänzt um Abschnitte des Inputs und der Reflexion, durchgeführt. Im Wesentlichen gliedert sich das Seminar in drei Phasen: 1. Erarbeitung; 2. Implementation; 3. Reflexion und Transfer.

In der Erarbeitungsphase setzen sich die Studierenden mit den Möglichkeiten und Limitationen der KI in Alltag und Beruf allgemein aber auch speziell in den Naturwissenschaften auseinander.

Der motivationale Einstieg wird durch Durchführung eines Drohnenflugwettbewerbs „Mensch vs. KI“ erzielt. Hier sollen die Studierenden erfahren, dass KI dem Menschen in speziellen Domänen – hier bei der Steuerung von Drohnen – bereits überlegen ist.

Nach dieser Hinführung sollen grundlegende fachliche Kenntnisse zur KI an Stationen vermittelt werden. Ziel der Lernstationen ist es jeweils spezifische Aspekte der KI (u. a. Typen von KI, Aufbau eines Neuronalen Netzes, Trainieren von KI) zu erfahren und zu explorieren sowie durch theoretischen Input das Verständnis zu fördern.

In der Phase der Implementation sind die Studierenden aufgefordert, im Rahmen eines Gruppenprojekts (Project-Based Learning) eine Anwendung der KI aus ihrer Domäne, hier der Biologie, (aber anschlussfähig an die Chemie bzw. Physik und Domänen des beruflichen Lehramts) im Stil des Guided Inquiry umzusetzen: Die Studierenden planen ihr Vorgehen anhand einer Prozessfolge zur Entwicklung von Anwendungen der KI. Wo nötig werden den Gruppen vorbereitete Hilfestellungen zur Verfügung gestellt. Um den Entwicklungsprozess zu verkürzen und die Lernenden nicht zu überfordern, ist die KI bereits vorkonfiguriert.

Anhand der von den Studierenden definierten Eingangs- und Ausgangsvariablen legen diese das Grundgerüst der KI an. Auch Parameter des KI-Modells wie u.a. die Learning Rate und die Anzahl der Durchläufe (Epochen) werden von den Studierenden explorativ ermittelt. Dadurch lernen die Studierenden die unterschiedlichen Parameter zur Anpassung und Optimierung der (vorkonfigurierten) KI kennen und erleben so praxisnah den Aufbau und die Optimierung eines KI-Systems.

Konkret sollen die Studierenden der Biologie mittels Drohnenaufnahmen die Anzahl von Maulwurfshügeln auf einer Wiese bestimmen. Alternativ sind je nach Vegetationsphase andere Klassifizierungen anhand von Luftbilddaufnahmen denkbar, etwa die Bestimmung des Anteils an vertrockneter Wiesenfläche einer Weide. Für die Physik und Chemie sowie das berufliche Lehramt können äquivalente Anwendungsfelder bestimmt werden. In allen Domänen sollen den Lernenden stets Szenarien zu KI bereitgestellt werden welche zum Erreichen der UN-Nachhaltigkeitsziele (United Nations, 2015) beitragen können.

Die Phase Reflexion und Transfer beinhaltet zum einen die Verortung von KI unter gesellschaftlicher und ethischer Perspektive. Die Studierenden sollen, auch auf Basis der in dem Seminar gewonnenen Erkenntnisse, die Möglichkeiten und Absichten beim Einsatz von KI bewerten können und einer verantwortlichen Anwendung von KI offen gegenüberstehen. An Beispielen (Abhängigkeit von Technologiefirmen; Datenhoheit; Bias und Manipulation von KI) sollen gesellschaftliche Auswirkungen diskutiert und ethische Aspekte verhandelt werden.

Zum anderen soll der Transfer in die schulische Praxis angestoßen werden. Hierzu werden mit den Studierenden typische Pre- und Fehlkonzepte im Themenfeld KI sowie potenziell geeignete Lehr-Lernformate zum Conceptual Change besprochen. Anschließend erarbeiten die Studierenden eine Unterrichtseinheit zur KI.

Abschließend wird ein Ausblick auf den möglichen zukünftigen Einsatz von KI als lernunterstützendes Medium (Intelligent Agent) sowie als System zur Analyse von Lernständen und -fortschritten (Learning Analytics) gegeben. Diese skizzierten

Einsatzszenarien werden, wie zuvor bezüglich KI im Allgemeinen, kritisch bezüglich ethischer und rechtlicher Aspekte diskutiert.

Design, Methode und Stichprobe

Über ein Pre-Post-Design wurden die Wirkungen des Seminars mittels Multiple-Choice-Testinstrumenten auf Fachwissen bezüglich KI (AI Literacy), das Interesse an KI sowie die Selbsteinschätzung bezüglich KI-Kompetenzen untersucht.

Zur Erfassung des Interesses wurden Items von PISA 2015 (OECD, 2017) adaptiert, die Items zur Selbsteinschätzung basieren auf den von Long & Magerko (2020) formulierten KI-Kompetenzen. AI Literacy (Fachwissen) wurde, orientiert an den Kompetenzdimensionen von Long & Magerko (2020), mit einem in einem assoziierten Projekt entwickelten Testinstrument (Hornberger et al. i.V.) erfasst. Zentrale Wissensdimensionen im Feld AI Literacy sind nach Long & Magerko (2020), formuliert als Fragen: „What is AI?“, „What can AI do?“, „How does AI work?“ und „How should AI be used?“.

An der Studie nahmen sechs Studierende des Masterstudiengangs Lehramt Biologie teil (Median Alter: 27; Median Semester: 7; ♀: 3; ♂: 2). Eine Person nahm nicht am Pre-Test teil ($N_{pre} = 5, N_{post} = 6$).

Deskriptive Ergebnisse der Pilotierung

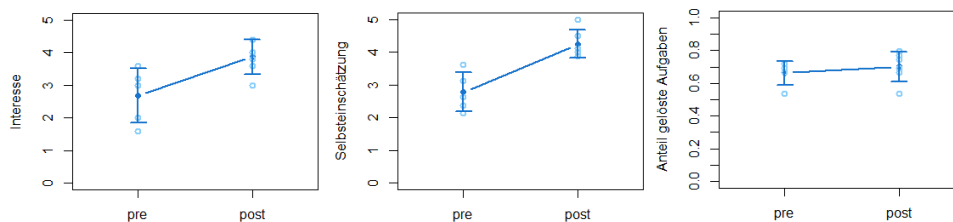


Abb. 1: Pre-Post Ergebnisse zu Interesse, Selbsteinschätzung und AI Literacy

Die deskriptiven Befunde zeigen ein tendenziell steigendes Interesse, eine steigende Selbsteinschätzung und einen minimalen Fachwissenszuwachs im Bereich der AI Literacy. Aufgrund der geringen Stichprobengröße sind die Ergebnisse nicht belastbar und als vorläufig zu betrachten.

Ausblick

Durch die Analyse von im Seminar erstellten Projektprotokollen sowie Unterrichtsentwürfen mittels qualitativer Inhaltsanalyse nach Mayring (2015) sollen die vorliegenden quantitativen Ergebnisse ergänzt werden (Mixed Methods, Kuckartz, 2014). Ein Vergleich des Fachwissens bezüglich KI (AI Literacy) mit Studierenden anderer Studiengänge sowie Fachsemester (Hornberger et al. i.V.) steht aus.

Ausgehend von auf den Ergebnissen soll das Seminar überarbeitet werden. Eine Adaption auf weitere Fachdidaktiken wird vorbereitet.

Literatur

- Frank, M. R.; Autor, D.; Bessen, J. E.; Brynjolfsson, E.; Cebrian, M.; Deming, D. J. et al. (2019): Toward understanding the impact of artificial intelligence on labor. In: Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 116 (14), S. 6531–6539.
- Google: Google AI. Learn with Google AI. Hg. v. Google. Online verfügbar unter <https://ai.google/education/>.
- Hornberger, M.; Bewersdorff, A., Nerdel, C. (i.V.): What do University Students know about AI? Development and Validation of a test to measure AI Literacy. (Arbeitstitel).
- Intel: Intel® AI For Youth. KI-Fähigkeiten als Vorbereitung junger Schüler auf die Zukunft. Hg. v. Intel. Online verfügbar unter <https://www.intel.de/content/www/de/de/it-managers/ai-youth-education.html>.
- KMK (2016): Bildung in der digitalen Welt. Strategie der Kultusministerkonferenz. Hg. v. Sekretariat der Kultusministerkonferenz. Berlin.
- Kuckartz, U. (2014): *Mixed Methods. Methodologie, Forschungsdesigns und Analyseverfahren*. Wiesbaden: Springer.
- Krajcik, J. S.; Shin, N. (2014): Project-Based Learning. In: R. K. Sawyer (Hg.): *The Cambridge handbook of the learning sciences*. Cambridge: Cambridge University Press, S. 275–297.
- Krüger, D.; Krell, M. (2020): Maschinelles Lernen mit Aussagen zur Modellkompetenz. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 26 (1), S. 157–172.
- Long, D.; Magerko, B. (2020): What is AI Literacy? Competencies and Design Considerations. In: CHI, S. 1 – 16.
- Mayring, P. (2015): *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken*. Weinheim: Beltz.
- Marquardt, P. (2019): Künstliche Intelligenz kritisch verstehen. Teilhabe an Bildung und Wissenschaft im digitalen Zeitalter. In: J. Hafer, M. Mauch und M. Schumann (Hg.): *Teilhabe in der digitalen Bildungswelt*. Münster: Waxmann, S. 105–110.
- Microsoft: AI School. Hg. v. Microsoft. Online verfügbar unter <https://www.microsoft.com/en-us/ai/ai-school>.
- OECD (2017): PISA 2015 Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematic, Financial Literacy and Collaborative Problem Solving, OECD Publishing, Paris.
- Paaß, G.; Hecker, D. (2020): *Künstliche Intelligenz. Was steckt hinter der Technologie der Zukunft?* Heidelberg: Springer.
- Rietz, C.; Völmicke, E. (2020): Künstliche Intelligenz und das deutsche Schulsystem. Warum es das Wissen um die Algorithmen braucht. In: A. Ternès und M. Schäfer (Hg.): *Digitalpakt - was nun? Ideen und Konzepte für zukunftsorientiertes Lernen*. Wiesbaden: Springer VS, S. 89–96.
- United Nations (2015): *Transforming our world. The 2030 Agenda for Sustainable Development*. Hg. v. United Nations. New York.

Christoph Stolzenberger¹
Florian Frank¹
Hagen Schwanke¹
Annika Kreikenbohm¹
Thomas Trefzger¹

¹Julius-Maximilians-Universität Würzburg

Augmented Reality in der Physikausbildung

Durch „Augmented Reality“ (AR) können Realobjekte mit zusätzlichen digitalen Informationen überlagert werden, was neue Arten des Lernens ermöglicht. Internationale Studien beschreiben verschiedene Vorteile von AR-gestützten Lernumgebungen (Bacca et al., 2014; Ibáñez, 2018). Zwei Metastudien berichten über positive Auswirkungen auf die Lernleistung, die Zusammenarbeit in Gruppen, die Motivation und die Entwicklung des räumlichen Vorstellungsvermögens von Schülerinnen und Schülern, insbesondere in MINT-Fächern (Ibáñez, 2018; Radu, 2014). Die zusätzliche kognitive Belastung oder die nicht intuitiven Benutzeroberflächen der Anwendungen, gepaart mit den mangelnden digitalen Kompetenzen der Lernenden, sind die wichtigsten beschriebenen negativen Auswirkungen von AR (Ibáñez, 2018; Radu, 2014). Für den Einsatz von AR in Lernsituationen braucht es daher sowohl *geschulte Lehrkräfte* als auch *professionell entwickelte AR-Applikationen*.

Das Seminar ProjektARbeit

Die Ausbildung der Lehrkräfte im Bereich AR wird in Würzburg u.a. durch das semesterweise angebotene Seminar *ProjektARbeit* erreicht (Stolzenberger et al., 2020). Dieses ist im Wahlpflichtbereich des Elitestudiengangs MINT Lehramt PLUS angesiedelt und wird in der Regel als Blockveranstaltung durchgeführt.

Ziel des Seminars ist die Schulung von Lehramtsstudierenden in der Erstellung, dem Umgang mit und dem Einsatz von AR-Applikationen. Dafür setzen sich die teilnehmenden Studierenden im Seminar kritisch mit mediendidaktischen und erzieherischen Themen auseinander. Essenzieller Bestandteil des Seminars ist die eigenständige Konzeption und Erstellung einer individuellen Augmented Reality-Applikation mit dem Ziel der Vermittlung eines selbstgewählten naturwissenschaftlichen Phänomens. Die Studierenden erarbeiten die Umsetzung dafür sowohl auf didaktischer, methodischer als auch auf technischer Ebene. Durch diesen großen Praxis-Anteil im Seminar wird die eigene Medienkompetenz der Studierenden zusätzlich gestärkt.

| Montag | Dienstag | Mittwoch | Donnerstag | Freitag |
|--|---|-------------------------------------|-------------------------------------|---|
| Theorie: Medien- pädagogische Kompetenz | Unity-Elemente Einführung in C# Skripte | GUI & Menüs in Unity | Entwicklung des eigenen Projekts | Entwicklung des eigenen Projekts |
| Mittagspause | | | | |
| Digitale Medien im Unterricht Einführung in Unity & Vuforia | Konzeption & Entwicklung des eigenen Projekts | Entwicklung des eigenen Projekts | Entwicklung des eigenen Projekts | Vorstellung der Ergebnisse Feedback |

Abb. 1 Überblick über die Inhalte des Seminars

Das Projekt PUMA – PhysikUnterricht Mit Augmentierung

Neben kompetenten Lehrkräften im Bereich AR müssen diesen auch entsprechende Apps zum Einsatz in ihrem Unterricht zur Verfügung stehen. Die professionelle Entwicklung und Evaluation von AR-Applikationen für den Schulunterricht ist das Ziel des Projekts *PUMA - PhysikUnterricht Mit Augmentierung*. Unter diesem Projektdach werden in kleinen Teams (u.a. im Rahmen von Dissertationsvorhaben) Applikationen für die Vermittlung ausgewählter physikalischer Themen konzipiert und realisiert. Hier sollen zwei dieser Projekte vorgestellt werden.

Die Applikation *PUMA : Spannungslabor* (Stolzenberger et al., 2022) thematisiert das in der Sekundarstufe I angesiedelte Thema der einfachen elektrischen Stromkreise und grundlegenden elektrischen Konzepte. Zur Vermittlung der Elektrizitätslehre, etwa bei der Erklärung zur Bewegung der Ladungsträger, werden an Schulen meist Analogiemodelle verwendet. Das Verständnis der Elektrizitätslehre hängt dabei stark vom verwendeten Modell ab. Die hier vorgestellte Applikation visualisiert auf intuitive Art und Weise zwei Modelle, welche sich als lernfördernd erwiesen haben (Burde & Wilhelm, 2017; Burde & Wilhelm, 2021): Das Elektronengasmodell (Burde, 2018) und das Höhenmodell (z.B. Koller, 2008; Burde & Wilhelm, 2021).

Die Entwicklung der Applikation wurde durch eine qualitative Interviewstudie mit Lehrkräften begleitet, wodurch eine optimale Passung der entwickelten Applikation an die Bedürfnisse der Lehrkräfte gewährleistet wurde (Frank et al., 2022). Im Rahmen einer quantitativen Interventionsstudie in Schülerlaboren soll der Einfluss des Einsatzes einer AR-Applikation auf das konzeptuelle Verständnis der Lernenden (ausgedrückt in Lernleistung und Aufkommen von fehlerhaften Schülervorstellungen) untersucht werden. Dies geschieht in Abgrenzung zum Einfluss einer bildschirmgestützten Simulation oder der Nutzung von Infografiken.¹

¹ Nähere Informationen dazu im Beitrag „PUMA : Spannungslabor – Pilotuntersuchung zur Lernwirksamkeit von AR“ von Frank et al. in diesem Tagungsband

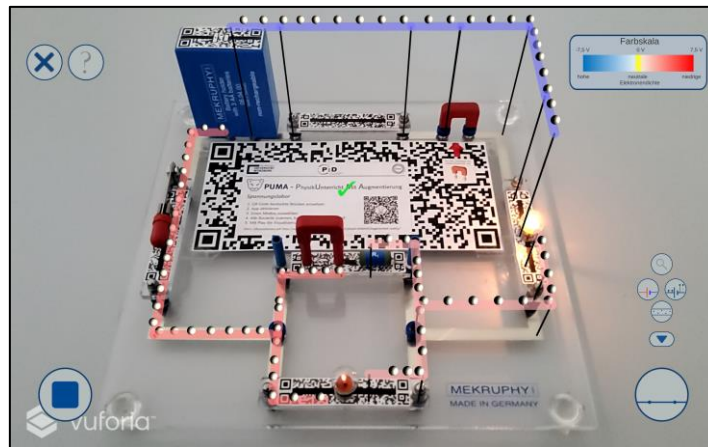


Abb. 2 AR-Applikation zur Darstellung von Analogiemodellen der Elektrizität

Die App *PUMA : Magnetlabor* (Schwanke et al., 2021) beschäftigt sich thematisch mit dem ebenfalls in der Sekundarstufe I angesiedelten Thema des Magnetismus. Dabei handelt es sich um eine Rahmenapplikation, welche sechs verschiedene Experimentierstationen eines Lehr-Lern-Labors beinhaltet. Anhand ausgewählter Experimente erhalten die Lernenden durch die Überblendung der Realobjekte mit dem dreidimensionalen und sich zeitlich möglicherweise veränderlichen magnetischen Feld u.a. Zugang zu den teilweise komplexen und unsichtbaren Vorgängen der Induktion oder der Regel von Lenz. Die Einbindung von realen Versuchsdaten aus dem Experiment lässt eine hohe Interaktivität zu, welche sich in Echtzeit auf dem Display verfolgen lässt. Die Applikation wurde mittels des qualitativen Usabilitykonzepts evaluiert (Schwanke & Trefzger, 2022, im Druck) und entsprechend angepasst.

Im Rahmen einer quantitativen Interventionsstudie wird dabei der Einfluss des Einsatzes einer AR-Applikation auf den Cognitive Load und das situationale Interesse untersucht. Als Vergleichsgruppen werden Experimente, die mit einer Simulation angereichert sind, und klassisch durchgeführte Experimente gewählt. Die Pilotierung ist bereits abgeschlossen.²

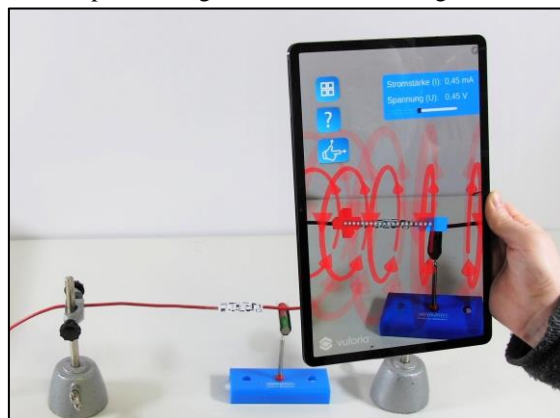


Abb. 3 AR-Applikation zur Darstellung von Magnetfeldphänomenen

² Nähere Informationen zur Pilotierung und der kommenden Hauptstudie im Beitrag „Der Einfluss von AR auf das Lernen: Lernförderlich und wenig belastend?“ von Schwanke et al. in diesem Tagungsband.

Zusammenfassung & Ausblick

Um den Anforderungen an ein lernförderliches Lernszenario mithilfe von AR-Applikationen (als ein Beispiel des Einsatzes digitaler Medien) gerecht zu werden, benötigt man neben der professionellen Entwicklung des eingesetzten Mediums (hier: der AR-Applikation) auch entsprechend gut ausgebildete Lehrkräfte. Beide Anforderungen werden an der Universität Würzburg im Rahmen des Seminars ProjektARbeit und des Projekts PUMA adressiert und mithilfe empirischer Begleitforschung abgesichert.

So bleibt zu hoffen, dass in der Zukunft immer mehr Lehrkräfte intuitiv und passgenau für den Unterricht entwickelte digitale Werkzeuge nutzen können und sie selbst kompetent sind, diese in ihren eigenen Lernsituationen gewinnbringend einzusetzen.

Literatur

- Bacca, J., Baldiris, S., Fabregat, R., Graf, S. & Kinshuk. (2014). Augmented Reality Trends in Education: A Systematic Review of Research and Applications. In *Educational Technology & Society*, 17(4), S. 133-149
- Burde, J.-P. (2018). Konzeption und Evaluation eines Unterrichtskonzepts zu einfachen Stromkreisen auf Basis des Elektronengasmodells. In H. Niedderer, H. Fischler & E. Sumfleth (Hrsg.), *Studien zum Physik- und Chemielernen*. Logos-Verlag, Berlin.
- Burde, J.-P. & Wilhelm, T. (2017). Modelle in der Elektrizitätslehre – Ein didaktischer Vergleich verbreiteter Stromkreismodelle. In *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, Nr. 157, S. 8-13
- Burde, J.-P. & Wilhelm, T. (2021). Unterrichtskonzeptionen zu elektrischen Stromkreisen. In T. Wilhelm, H. Schecker & M. Hopf (Hrsg.), *Unterrichtskonzeptionen für den Physikunterricht*. S. 231-277. Springer-Verlag, Berlin.
- Frank, F., Stolzenberger, C. & Trefzger, T. (2022). Vorstellung einer qualitativen Studie zur Eignung einer AR-Applikation zur Unterstützung der Modellvorstellungsbildung in der E-Lehre. In S. Habig & H. van Vorst (Hrsg.), *Unsicherheit als Element von naturwissenschaftsbezogenen Bildungsprozessen (Tagungsband der virtuellen GDGP-Jahrestagung 2021)*. S. 684-687.
- Ibáñez, M.-B. & Delgado-Kloos, C. (2018). Augmented reality for STEM learning: A systematic review. In *Computers & Education*, 123, S. 109–123
- Koller, D. (2008). Entwurf und Erprobung eines Unterrichtskonzepts zur Einführung in die Elektrizitätslehre. Zulassungsarbeit am Lehrstuhl Didaktik der Physik der LMU München. Unterrichtsmaterialien verfügbar unter https://www.didaktik.physik.uni-muenchen.de/archiv/inhalt_materialien/einf_elektrizitaet/ [zuletzt aufgerufen: 17.10.2022]
- Radu, I. (2014). Augmented reality in education: A meta-review and cross-media analysis. In *Personal and Ubiquitous Computing*, 18(6), S. 1533–1543
- Schwanke, Hagen; Kreikenbohm, Annika; Trefzger, Thomas (2021): Augmented Reality in Schülerversuchen der E-Lehre in der Sekundarstufe I. In: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDGP) (Hg.): *Naturwissenschaftlicher Unterricht und Lehrerbildung im Umbruch?*, Band 41. Unter Mitarbeit von Sebastian Habig: Universität Duisburg-Essen (Band 41), S. 641–644. Online verfügbar unter https://www.gdcp-ev.de/wp-content/tb2021/TB2021_641_Schwanke.pdf.
- Schwanke, Hagen; Trefzger, Thomas (2022): Augmented Reality in Schülerversuchen der Elektrizitätslehre in der Sekundarstufe I. In: Michael Baum, Katja Eilerts, Gabriele Hornung, Jürgen Roth und Thomas Trefzger (Hg.): *Die Zukunft des MINT-Lernens : Konzepte für guten Unterricht mit digitalen Methoden. Digitale Tools und Methoden im MINT-Unterricht*, Band 2. 2 Bände: Springer Spektrum.
- Stolzenberger, C., Wolf, N., Kreikenbohm, A. & Trefzger, T. (2020). Augmented Reality in der Lehramtsausbildung. In S. Becker, J. Meßinger-Koppelt & C. Thyssen (Hrsg.), *Digitale Basiskompetenzen*. S. 128 - 131. Joachim-Herz-Stiftung, Hamburg.
- Stolzenberger, C., Frank, F. & Trefzger, T. (2022). Experiments for students with built-in theory: ‚PUMA: Spannungslabor‘ – an augmented reality app for studying electricity. In *Physics Education*, 57(4), 045024.

Ingrid Krumphals¹
 Thomas Plotz²
 Bianca Watzka³

¹Pädagogische Hochschule Steiermark
²Kirchliche Pädagogische Hochschule
 Wien/Krems
³Otto-von-Guericke-Universität
 Magdeburg

Ein deutsch-österreichisches Entwicklungsprojekt zum Thema Wetter

Einleitung

Jede:r von uns erlebt das Thema Wetter unmittelbar im eigenen Alltag. Das Wetter beeinflusst etwa die Wahl unserer Kleidung oder unsere Freizeitgestaltung. Wetterberichte sind zwar meist benutzerfreundlich verfasst, enthalten aber trotzdem ein breites Repertoire an Fachvokabular, das mit reinem Alltagswissen schwer zu greifen ist. So kann beispielsweise in einem klassischen Wetterbericht die Rede von „*abschwächendem Hochdruckeinfluss*“, „*Tiefausläufern*“ oder „*orkanartige Böen*“ sein. Für die reine Alltagsbewältigung ist es notwendig, Wetterberichte oder auch Wetterwarnungen richtig zu deuten, um entsprechende Handlungen ableiten zu können. Ein darüberhinausgehendes Verständnis über Wetterelemente, -phänomene und -prozesse sowie Verfahren der Wettervorhersage würde es zusätzlich ermöglichen, auch die grundlegenden Ursachen für Wetterphänomene wie etwa lokale Windsysteme zu verstehen und damit auch eine Basis für das Verstehen der komplexen Zusammenhänge der Atmosphärenphysik legen. Die Vision des deutsch-österreichischen Projekts ist die Entwicklung eines ganzheitlichen Spiralcurriculums zum Thema Wetter, das durchgängig von der Primarstufe bis zum Abschluss der Sekundarstufe II ein vertieftes physikalisches Verständnis von Wettervorgängen und -phänomenen vermittelt.

Ausgangspunkt und Vorarbeiten

Die meisten Schüler:innen begegnen dem Thema Wetter bereits im Primarbereich im Rahmen des Sachunterrichts. Je nach Lehr- bzw. Bildungsplan im jeweiligen Bundesland/Land werden bereits im Sachunterricht einzelne Grundsteine wie ein erstes einfaches Verständnis von Temperatur, die Entstehung von Niederschlag, Nebel und Wind sowie die Eigenschaften von Luft und Wasser vermittelt. Das Portal *SUPRA* bietet Primarstufenlehrkräften zum Thema Wetter fachliche und fachdidaktische Informationen sowie Unterrichtsmaterialien (*SUPRA - Sachunterricht praktisch und konkret*, 2022). Zudem widmet sich auch ein gesamtes Heft von „Grundschule Sachunterricht“ dem Thema Wetter (Otten & Schubert, 2019). Auch verschiedenste Bildungsserver der Bundesländer bzw. Länder bieten Material an (z.B.: Bildungsserver Berlin-Brandenburg, 2017; Hessischer Bildungsserver / Unterricht, 2021). Im Bereich der Mittelstufe formulierte einst Muckenfuß (1997) die Frage: „Wetterkunde statt Wärmelehre?“. Die Wetterkunde nach Muckenfuß zeichnet sich vor allem dadurch aus, gerade nicht multiperspektivisch zu sein. Vielmehr wird die physikalische Fachstruktur systematisch im Kontext Wetter abgebildet. Folglich verbleiben fächerübergreifende Aspekte zu Gunsten der physikalischen Systematik eher randständig (Muckenfuß, 2004a). Inhaltlich decken die Arbeiten von Muckenfuß u.a. folgendes ab: Temperatur und Ursachen für Temperaturdifferenzen (Strahlungshaushalt, Temperaturdifferenzen als Antrieb, Wärmeleitung,

spezifische Wärmekapazität, thermische Ausdehnung, Gasgesetze), Luftdruck und Wind (Höhenabhängigkeit des Luftdrucks, Druckdifferenzen als Antrieb, Konvektionssysteme, adiabatische Zustandsänderungen), Luftfeuchte mit Wolken, Nebel und Niederschlag (Kristallisationsvorgänge, Dampfdruck/Sättigungsdampfdruck, Verdampfen/Kondensieren, Sättigungsfeuchte, relative Luftfeuchte und Taupunkt, Schichtung) und globale Wettererscheinungen wie etwa Jet-Streams, Zyklone, Antizyklone (Superposition und Corioliskraft jeweils auf phänomenologischem Niveau) (Muckenfuß, 2004b).

Watzka und Rubitzko (2021) ergänzen die Arbeiten von Muckenfuß um speziell für die Oberstufe ausgelegte Themenbereiche, die vor allem aus der Mechanik (Drehimpuls, Strömungsmechanik, beschl. Bezugssysteme) stammen. Hinzu kommen u.a. die Wirkung von Coriolis-, Reibungs- und Gradientkräften auf Luftpakete beim Beschreiben von Höhen- bzw. Bodenwind oder die mathematische Diskussion von Einflussgrößen auf Windgeschwindigkeiten bei isobarenparallelem Wind (Rubitzko et al., 2021).

Mit dieser Zusammenschau wird deutlich, dass bereits viele Vorarbeiten zum Thema Wetter existieren. Das fehlende Element hierzu ist noch die durchgängige Verschränkung und Verknüpfung der Inhalte und geforderten Kompetenzen hinsichtlich der Unterstützung eines kontinuierlichen Lernprozesses über die gesamte Schulausbildung (1.-12./13.) hinweg.

Die Untersuchung von Lernendenvorstellungen ist eine weitere Basis für die Entwicklung entsprechender Lernarrangements. Vorstellungen zum Thema Wetter sind bereits in der Literatur dokumentiert. Dazu zählen z.B. Arbeiten zu Vorstellungen zu Wolken und Nebel (Rappaport, 2009; Wilhelm & Schiel, 2016) oder zum Verdunstungsprozess (Bar & Galili, 1994). Einen Überblick zu Lernendenvorstellungen zu Wetter gibt Henriques (2002) in einem Literaturreview. Dabei fasst sie Lernendenvorstellungen zu folgenden Themen zusammen: Eigenschaften des Wassers und Wasserkreislauf, Phasenübergänge von Wasser, Wolken und Niederschlag, Atmosphäre und Gase, Jahreszeiten und Wärmehaushalt der Erde, Globale Erwärmung und Treibhauseffekt (Henriques, 2002). Dennoch sind in der Lernendenvorstellungsforschung Lücken im Themenbereich Wetter zu finden. Diese werden im vorliegenden Projekt geschlossen. Auch Forschung zu in der Literatur bereits dokumentierten Vorstellungen zum Thema Wetter wird im Projekt umgesetzt, um diese bereits bekannten Lernendenvorstellungen abzusichern, zu reproduzieren als auch zu erweitern.

Vision – Spiralcurriculum

Auf Basis der didaktischen Rekonstruktion (Kattmann et al., 1997) werden in Zusammenarbeit mit Meteorolog:innen fachliche Klärungen für Lehrkräfte erstellt und Elementarisierungen entwickelt. Zudem werden empirische Lücken bzgl. Lernendenperspektiven und -vorstellungen zum Thema Wetter sukzessive geschlossen. Methodisch folgt das Projekt einem Design-based Research Ansatz (Barab & Squire, 2004; Haagen-Schützenhöfer & Hopf, 2020), sodass in iterativen Zyklen Lernarrangements und Lerntheorien (weiter-)entwickelt werden. Nachfolgend wird die Entwicklung eines Spiralcurriculums zum Thema Wind exemplarisch beschrieben (siehe Abb.1): Im Primärbereich wird u.a. das Beobachten bzw. Messen und Dokumentieren von Größen (Temperaturen) und anderen Wetterbedingungen (Anzahl von Sonnen- oder Regentagen etc. innerhalb eines Monats) eingeführt, auf phänomenologischem Niveau die Eigenschaften von Luft und Wasser erarbeitet und der Wechsel von Zustandsformen beobachtet. Das grundlegende Konzept ist, dass beobacht- und dokumentierbare Veränderungen auftreten, die im besten Fall mit ihren Ursachen verknüpfbar sind.

In der Mittelstufe wird das Teilchenmodell als auch die Idealisierung der Luft als Luftpakete eingeführt. Im Teilchenmodell werden die Zustände von Luftdruck, Dichte und Temperatur als auch die Eigenschaften von Luft und Wasser gedeutet. Das grundlegende Konzept ist, dass Differenzen (Druck-, Temperatur- und Dichtedifferenzen) als Antriebe fungieren und Strömungen verursachen und diese Ströme messbar sind.



Abb. 1: Beispiel für die Entwicklung eines Spiralcurriculums zum Thema Wind

In der Oberstufe werden die Basiskonzepte vertieft und komplexere Zusammenhänge z.B. Zirkulationsprozesse aus thermodynamischer, dynamischer und energetischer Perspektive betrachtet. Die Thematisierung von Windsystemen bei Erdrotation und der Einfluss der Corioliskraft sowie das Thema Reibungseffekte bei Bodenwind sollen ermöglichen das Kernkonzept in der Oberstufe – Kraftwirkungen auf die einzelnen Luftpakte – zu vertiefen. Wissen und Kompetenzen zum Thema Wind können so von der Primarstufe bis zur Sekundarstufe II kontinuierlich aufgebaut werden.

Projektphasen

Das Projekt teilt sich im Grunde in drei Phasen auf, die ineinander überfließen und für die einzelnen entwickelten Unterrichtsbausteine durchlaufen werden: In der ersten Phase des Projekts werden normativ Grundideen, Kompetenzen und Lernziele festgelegt, welche als Standard nach der Grundschule, der 9. Schulstufe und nach der 12./13. Schulstufe zum Thema Wetter gelten. Diese Ziele bauen auf Literaturrecherche, gesetzliche Vorgaben (Kompetenzmodelle, Lehrpläne) sowie Grundideen auf, welche u.a. lose an die Strandmaps der AAAS (American Association for the Advancement of Science, 2007) angedockt sind.

In der zweiten Phase werden Unterrichtsbausteine entwickelt. Die didaktische Strukturierung dieser Lernmodule basiert auf fundierten fachlichen Klärungen, welche u.a. durch Meteorolog:innen des Wetterdienstes validiert werden. Zudem sind Erhebungen von Lernendenperspektiven essenziell für die Entwicklung der Unterrichtsbausteine. Weiters werden die Lernmodule durch Akzeptanzbefragungen einer erstmaligen kleinen Evaluation unterzogen, welcher eine erste Überarbeitungsschleife folgt.

In der dritten Phase werden die entwickelten Unterrichtsbausteine in Lernprozessstudien erprobt. Auch Längsschnittstudien sind angedacht. Am Ende des Projekts sollen forschungsbasiert entwickelte Unterrichtsmaterialien sowie abgeleitete und weiterentwickelte Lerntheorien zum Thema Wetter stehen.

Literatur

- American Association for the Advancement of Science. (2007). *Atlas of science literacy*. American Association for the Advancement of Science; National Science Teachers Association.
- Bar, V. & Galili, I. (1994). Stages of children's views about evaporation. *International Journal of Science Education*, 16(2), 157–174.
- Barab, S. & Squire, K. (2004). Design-Based Research: Putting a Stake in the Ground. *Journal of the Learning Sciences*, 13(1), 1–14. https://doi.org/10.1207/s15327809jls1301_1
- Bildungsserver Berlin-Brandenburg. (2017). *Mein Forscherheft Wetter: Temperatur – Wind – Niederschlag – Wetterbericht*. https://bildungsserver.berlin-brandenburg.de/fileadmin/bbb/unterricht/faecher/naturwissenschaften/mint/iMINT-Projekte/Science4Life_Academy/Wetterbox/Mein_Forscherheft_Wetter.pdf
- Haagen-Schützenhöfer, C. & Hopf, M. (2020). Design-based research as a model for systematic curriculum development: The example of a curriculum for introductory optics. *Physical Review Physics Education Research*, 16(2). <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.16.020152>
- Henriques, L. (2002). Children's ideas about weather: A review of the literature. *School Science and Mathematics*, 102(5), 202–215.
- Hessischer Bildungsserver / Unterricht. (2021). *Wetter und Klima*. <https://lernarchiv.bildung.hessen.de/grundschule/Sachunterricht/Umwelt/Wetter/index.html>
- Kattmann, U., Duit, R., Gropengießer, H. & Komorek, M. (1997). Das Modell der didaktischen Rekonstruktion: Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 3(3), 3–18.
- Muckenfuß, H. (1997). Wetterkunde statt Wärmelehre? Zur Didaktik einer physikalischen Wetterkunde. *Unterricht Physik*, 8(42), 4–8.
- Muckenfuß, H. (2004a). Themen und Kontexte als Strukturelemente des naturwissenschaftlichen Unterrichts: Zu den Schwierigkeiten, systematisches Physiklernen zu organisieren. *PhyDid A-Physik und Didaktik in Schule und Hochschule*, 2/3, 57–66.
- Muckenfuß, H. (2004b). Zur Didaktik einer physikalischen Wetterkunde. *Praxis der Naturwissenschaften - Physik in der Schule*, 53(7), 26–30.
- Otten, M. & Schubert, J. C. (Hrsg.). (2019). 83: Bd. 3. *Wetter*. Friedrich Verlag.
- Rappaport, E. D. (2009). What undergraduates think about clouds and fog. *Journal of Geoscience Education*, 57(2), 145–151.
- Rubitzko, T., Watzka, B. & Schweinberger, M. (2021). Woher weht der Wind? Newtonsche Mechanik anhand sich horizontal bewegender Luftpakete spielend lernen. *Naturwissenschaft im Unterricht Physik*, 32(186), 34–40.
- SUPRA - Sachunterricht praktisch und konkret. (2022). *Thema Wetter im Lernfeld Natur und Technik*. <http://www.supra-lernplattform.de/index.php/lernfeld-natur-und-technik/wetter>
- Watzka, B. & Rubitzko, T. (2021). Lernen im Kontext der atmosphärischen Zirkulation. *Naturwissenschaft im Unterricht Physik*, 32(186), 2–6.
- Wilhelm, T. & Schiel, M. (2016). Schülervorstellungen zu Wolken in der Grundschule. In C. Maurer (Hrsg.), *Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Berlin 2015* (S. 364–366). Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik.

Stefan Ropac¹
Ingrid Krumphals¹

¹Pädagogische Hochschule Steiermark

Interviewstudie zu Lernendenvorstellungen zum Thema Föhn

Einleitung

In Österreich treten Föhnwetterlagen häufig auf und kommen daher in nationalen Wetterberichten immer wieder vor. Somit bildet das Wetterphänomen Föhn eine kontextorientierte Möglichkeit, verschiedene physikalische Inhalte im Unterricht zu behandeln. Bei der Entwicklung von entsprechenden Lernumgebungen für Schüler:innen ist es wichtig, auch deren Lernendenvorstellungen mitzubersichtigen. Vorstellungen von Schüler:innen zum Wetterphänomen Föhn sind jedoch aus der Literatur nicht bekannt. So verfolgt die vorliegende Studie das Ziel, erste Erkenntnisse zu Lernendenvorstellungen zu Föhn zu generieren.

Theoretischer Rahmen

Die Didaktische Rekonstruktion (Kattmann et al., 1997, 2009) setzt Lernendenvorstellungen, die fachliche Klärung des Unterrichtsthemas und die didaktische Strukturierung des Unterrichts in eine rekursive Beziehung. Die Fachliche Klärung und die Erkenntnisse aus Lernendenvorstellungserhebungen bilden gemeinsam den Ausgangspunkt für die didaktische Strukturierung des Unterrichts. Für die Entwicklung von Lernarrangements zum Thema Föhn ist die Kenntnis zu dazugehörigen Lernendenvorstellungen essenziell. Zusätzlich zu allgemeinen relevanten Lernendenvorstellungen wie bspw. zu Temperatur und Wärme (z.B.: Duit (2015) und Fischler & Schecker (2018)) müssen Vorstellungen zu den dem Föhnwind zugrundeliegenden Phänomenen in den Blick genommen werden. Die Werke von Henriques (2002), Rappaport (2009) und Wilhelm & Schiel (2016) behandeln z. B. allgemeine Vorstellungen zu Wetter oder bspw. Wolken. Relevante Lernendenvorstellungen konkret zum Thema Föhn sind in der Literatur jedoch leider nicht zu finden.

Ziel & Studiendesign

Das Ziel dieser Studie ist, einem explorativen Ansatz folgend, erste Vorstellungen der Lernenden zum Thema Föhn zu erschließen. Zur Erhebung der Lernendenvorstellungen wurden leitfadengestützte Interviews mit 10 Schüler:innen an einer Grazer Allgemeinbildenden Höheren Schule (AHS) durchgeführt. Die Interviews dauerten zwischen 10 – 25 Minuten und wurden im Juni 2022 durchgeführt. Auf einen möglichst offen gewählten Einstieg mit Fragen zur Regelmäßigkeit des Konsums von Wetterberichten wurden den Lernenden 15 Begriffe, welche in Verbindung mit dem Thema stehen könnten (z.B.: Niederschlag, Luftfeuchtigkeit, Berg – siehe Abb. 1) in Form von Karteikärtchen präsentiert. Die Schüler:innen sortierten anschließend in einem ersten Schritt die Begriffe, die ihnen unbekannt waren, aus. Daraufhin wurden sie gebeten, die ihnen bekannten Begriffe zu erklären und diese entweder als „zu-Föhn-zugehörig“ oder „nicht-zu-Föhn-zugehörig“ einzustufen. Die Begriffe wurden so gewählt, dass man sie aus fachlicher Sicht alle dem Phänomen Föhn zuordnen könnte. Im Anschluss daran folgten drei gerichtete Fragen zum Verhalten von Luft beim Aufsteigen, beim Absinken und bei Regen. Diese drei Prozesse sind

in der thermodynamischen Föhntheorie von großer Bedeutung. Demographische Daten wurden zu Beginn des Interviews erhoben.

Stichprobe & Auswertung

Alle Studienteilnehmer:innen (n = 10) besuchten die 4. Klasse (8. Schulstufe) an der gleichen Grazer Schule. Bezüglich des Geschlechts gaben 50 % der Schüler:innen „weiblich“ und 50 % „männlich“ an. Sieben von zehn Schüler:innen waren 14 Jahre alt, die restlichen drei 13 Jahre. Die Auswertung der Daten erfolgte qualitativ inhaltsanalytisch nach Mayring (2015).

Ausgewählte Ergebnisse

In Bezug auf die Regelmäßigkeit des Konsums von Wetterberichten gab eine Befragte an, sich nur einmal die Woche über das Wetter zu informieren, sechs Befragte gaben „alle zwei-drei Tage“ an und 3 Befragte gaben an, sich jeden Tag über das Wetter zu informieren. Alle Befragten nannten das Smartphone als bevorzugtes Medium zum Konsum von Wetterberichten, zwei nannten noch zusätzlich Wetterberichte im Fernsehen und einer nannte „Amazon Alexa“. Somit ist die Beschäftigung mit dem Wetterbericht Teil des Alltags aller Teilnehmer:innen der Studie.

Sieben Schüler:innen stießen in eigenen Recherchen zum Wetter bereits auf den Begriff Föhn, wovon vier Schüler:innen angaben, den Begriff Föhn „manchmal“ gelesen zu haben, zwei „selten“ und eine Person wusste es nicht mehr genau. Acht Befragte gaben auch an, dass Föhn bereits im Unterricht vorkam, wobei sieben Schüler:innen das Unterrichtsfach „Geographie und Wirtschaftskunde“ nannten.

Besonders interessant stellten sich die Ergebnisse der Begriffszuordnung zum Thema Föhn dar (siehe Abb. 1). In Abbildung 1 gibt die Gesamtanzahl in den jeweiligen Kreisdiagrammen an, wie viele Lernende den jeweiligen Begriff überhaupt kennen. Die Begriffe „Latente Wärme“ (100 %, der Befragten kannten den Begriff nicht), „Kondensieren“ (80 %), „Taupunkt“ (70 %) und „Luftdruck“ (60 %) waren der Mehrheit der Befragten unbekannt. Bezüglich des Begriffs „Kondensieren“ ist dieses Ergebnis besonders überraschend, da der Begriff „Verdunsten“ allen Befragten bekannt war und die Phänomene „Kondensieren“ und „Verdunsten“ üblicherweise in thematischer Nähe liegen.

Zusätzlich zeigt Abbildung 1 zu welchen Teilen die bekannten Begriffe von den interviewten Schüler:innen mit dem Thema Föhn in Verbindung gebracht werden oder nicht. Die qualitativen Daten zu den Zuordnungen der Begriffe zum Thema Föhn zeigen ein fragmentiertes Verständnis der dem Föhn zugrundeliegenden Phänomene. In den Erklärungen zur Zuordnung der Begriffe bleiben die Schüler:innen tlw. sehr vage und unsicher. Dies illustriert folgendes Beispiel: *„Taupunkt, also da weiß ich nicht genau, was der Taupunkt ist, aber Tau ist das so, wenn etwas auftaut, so irgendwie etwas“* (S-J: 78-80). Außerdem zeigen die befragten Schüler:innen Leerstellen bei der Beschreibung der Begriffe: *„Also Luftdruck, zum Beispiel, ich kann es nicht erklären, aber ich habe es schon so gehört, aber warum ich denke, dass es nichts [mit Föhn] zu tun hat, ich bin mir nicht sicher ... Ich weiß nicht, es war einfach so, ich bin mir nicht sicher“* (S-J: 66-68).

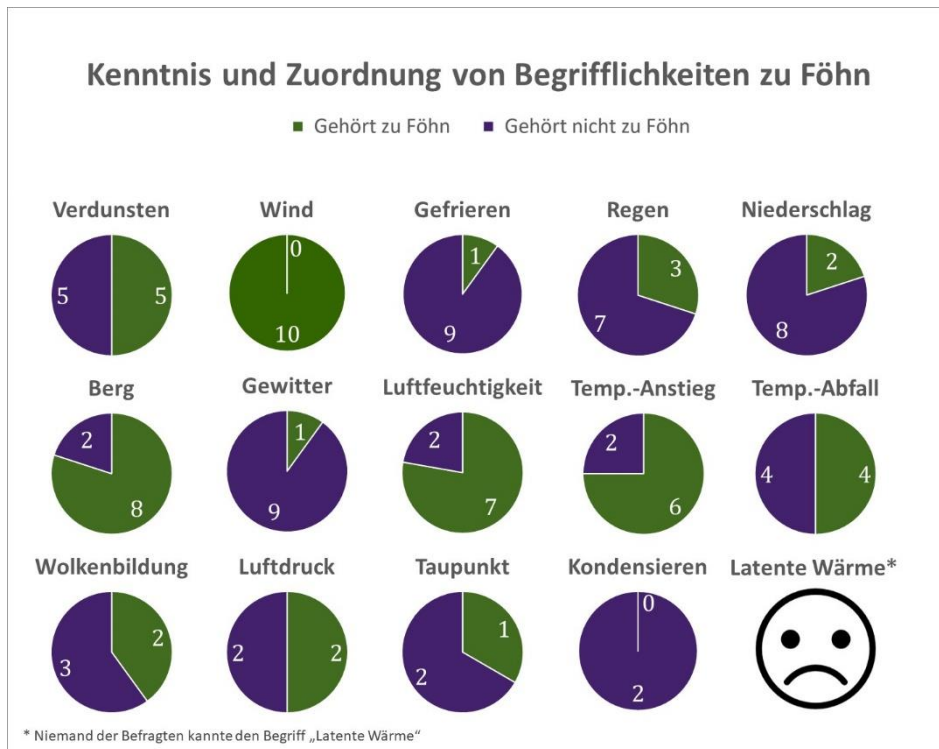


Abb. 1: Absolute Häufigkeiten der Zuordnung, von den Befragten bekannten Begrifflichkeiten, zum Thema Föhn zu „Gehört zu Föhn“ oder „Gehört nicht zu Föhn“

In Bezug auf die Beschreibung von Föhn wählten neun von zehn Befragten eine Beschreibung von Föhn als „Wind“ bzw. „warmer Wind“. Die Temperaturerhöhung in Gebieten mit Föhn wurde von denselben fünf Befragten genannt, welche Föhn auch als „warmen Wind“ bezeichneten.

Zusammenfassung & Ausblick

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie zeigen, dass die Schüler:innen der Stichprobe aktiv Wetterberichte konsumieren und den Begriff „Föhn“ in diesen Berichten wahrnehmen. Zudem kennen sie den Begriff auch aus dem Geografieunterricht. Hinsichtlich der Kenntnis von Fachbegriffen wie bspw. Latente Wärme, Kondensieren, Taupunkt und Luftdruck zeigen die Befragten große Lücken. Wird konkret nach Vorstellungen zu Föhn gefragt, so nennen die Schüler:innen korrekt „Wind“ bzw. „warmen Wind“. Jedoch können sie keine tiefergehenden Beschreibungen oder gar Erklärungen zur Entstehung des Föhns geben. Die Ergebnisse der Studie können nur als erste Hinweise gedeutet werden, da sich durch die Stichprobe deutliche Limitationen ergeben. Dennoch zeigen sich erste Lernendenvorstellungen als auch Leerstellen zu physikalischen Begriffen in Bezug auf das Wetterphänomen Föhn auf. Um die Erkenntnisse abzusichern und zu erweitern sind bereits weitere Untersuchungen geplant.

Literatur

- Duit, R. (2015). Alltagsvorstellungen und Physik lernen. In Kircher, E., Girwidz, R., Häußler, P. (Hrsg.), *Physikdidaktik. Theorie und Praxis* (S. 657 – 680). Springer Verlag.
- Fischler, H. & Schecker, H. (2018). Schülervorstellungen zu Teilchen und Wärme. In Schecker, H., Wilhelm, T. Hopf, M., Duit, R. (Hrsg.), *Schülervorstellungen und Physikunterricht* (S. 139 – 162). Springer Verlag.
- Henriques, L. (2002). Children's ideas about weather: A review of the literature. *School Science and Mathematics* 102(5), S.202-125.
- Kattmann, U. et al. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion – Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 3(3), S. 3-18.
- Kattmann, U. et al. (2009). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion. Eine innovative Methode zur fachdidaktischen Erforschung und Entwicklung von Unterricht. *Beiträge zur Lehrerbildung*, 27(3), S. 404-414.
- Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken* (12. Auflage). Weinheim/Basel: Beltz.
- Rappaport, E. D. (2009). What Undergraduates Think About Clouds and Fog. In: *Journal of Geoscience Education* 57 (2), S. 145–151.
- Wilhelm, T., Schiel, M. (2016). Schülervorstellungen zu Wolken in der Grundschule. In: C. Maurer (Hg.): *Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Berlin 2015. Regensburg: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, S. 364–366.

Natasha-Gabriela Gstettner¹
Ingrid Krumphals¹

¹Pädagogische Hochschule Steiermark

Schulbuchanalyse zum Thema Wetter im Sachunterricht

Das Wetter ist eines der alltäglichsten Themen mit dem wir bereits seit dem Kleinkindalter konfrontiert sind. Damit ist es bereits in jungen Jahren wichtig, Basiskompetenzen zum Thema Wetter aufzubauen, um bspw. Wetterberichte richtig deuten zu können. So ist das Thema Wetter auch im österreichischen Grundschulplan für Sachunterricht verankert (BMUKK, 2011).

Die Forschungslage zum Thema Wetter im Grundschulalter, vor allem im österreichischen Raum, ist noch sehr dünn. Aus der Forschung zu Lernendenvorstellungen zum Thema Wetter sind bisher für das Grundschulalter vor allem Untersuchungen zum Thema Wolken zu finden (z.B.: Wilhelm & Schiel, 2016). Unklar ist jedoch, wie das Thema Wetter in den Sachunterricht in Österreich überhaupt einfließt und welche konkreten Inhalte und Kompetenzen dazu in der Grundschule gefordert werden.

Schulbücher stellen eine wesentliche Ressource für Unterricht und Lernen dar und können Hinweise bzgl. der Inhalte und geforderten Kompetenzen geben. So sollen in einem ersten Schritt Hinweise zur Behandlung des Themas Wetter und des Themas Klimas (Klima wurde aufgrund der tlw. engen und häufigen Verknüpfung zum Thema Wetter, zusätzlich in die Analyse aufgenommen), durch eine Schulbuchanalyse der österreichischen Sachunterrichtsbücher, gefunden werden.

Theoretischer Hintergrund

Zum Thema Schulbuchanalyse von Sachunterrichtsbüchern, vor allem in Österreich, gibt es in der Literatur wenig. So finden sich hauptsächlich nur vereinzelt Abschlussarbeiten. Vor allem zum Thema Wetter und Klima konnten weder für den österreichischen noch für den deutschsprachigen Raum Studien gefunden werden, die sich mit Schulbüchern im Sachunterricht im engeren Sinn befassen.

Den Begriff Wetter kann man im österreichischen Lehrplan der Primarstufe sechsmal finden (inkl. Als Kompositum). Dabei beschränkt sich das Thema Wetter auf „Wetterbeobachtungen einfacher Art durchführen“, im Teilbereich „zukünftiges Anbahnen“ spricht der Lehrplan von Wetter als zukünftiges Ereignis beschreiben können bzw. „Wettererscheinungen als Kräfte und ihre Wirkung wahrnehmen“ können. Das Thema Klima wird nicht im Lehrplan erwähnt.

Forschungsinteresse und -fragen

Ziel der Studie ist es, den Status quo zu den Inhaltsbereichen sowie vorkommenden Aufgabenstellungen zu den Themen Wetter und Klima in Sachunterrichtsbüchern zu erheben, um einen ersten Überblick zu erhalten. So wird in der vorliegenden Studie, welche im Rahmen einer Qualifizierungsarbeit umgesetzt wurde, folgenden Forschungsfragen nachgegangen

- Wie viel Raum (Seiten im Vergl. Zum Gesamtwerk) wird in Sachunterrichtsbüchern den Themen Wetter und Klima eingeräumt?
- Welche Inhalte werden zu den Themengebieten Wetter und Klima behandelt?

- Welche Arten von Aufgabenstellungen, hinsichtlich der Offenheit, finden sich zu den Themen Wetter und Klima und wie verteilen sich diese in den Lehrwerken?

Untersuchungsdesign

In der vorliegenden Studie wurden die sieben meistverkauften Lehrwerkreihen für Sachunterricht in der Primarstufe mit insgesamt 21 Büchern untersucht. Um die Forschungsfragen beantworten zu können, wurde eine produktorientierte Analyse (Weinbrenner, 1995) von Lehrbüchern durchgeführt, die sich auf die inhaltsanalytische Ebene konzentriert. Mittels qualitativer Inhaltsanalyse (Mayring, 2015) und kommunikativer Validierung (insg. durch drei Personen) wurde induktiv ein Kategoriensystem entwickelt, welches einen Überblick über die Inhalte zum Thema Wetter und Klima in den einzelnen Sachunterrichtsbüchern der Grundstufe I und II gibt. Außerdem wurden die in den Büchern vorkommenden Aufgabenstellungen hinsichtlich der Aufgabenformate (offen, halboffen und geschlossen) kategorisiert.

Ergebnisse

Alle 21 untersuchten Werke umfassen eine Gesamtseitenzahl von 1674. Davon beschäftigen sich vier Seiten (= 0,2 %) mit dem Thema Klima, das betrifft nur zwei Lehrwerke der Grundstufe II. Insgesamt 79 Seiten konnten dem Thema Wetter zugeordnet werden (= 4,7 %). Dabei konnten acht Themenblöcke identifiziert werden (siehe Abbildung 1). Die Häufigkeit der kodierten Themenblöcke sind auch in Abbildung 1 dargestellt. Wobei das Thema „Wetter“ mit insgesamt 67 Nennungen am häufigsten vorkommt, als zweites steht das Thema „Wasser/Kreislauf“ mit 43 Kodierungen gefolgt von „Temperatur“ (n = 27) und „Wind/Luft“ (n = 20). Die Inhalte „Wolken/Himmel“ (n = 9), sowie „Sonne“ (n = 9) und „Klima“ (n = 7) kommen selten vor.

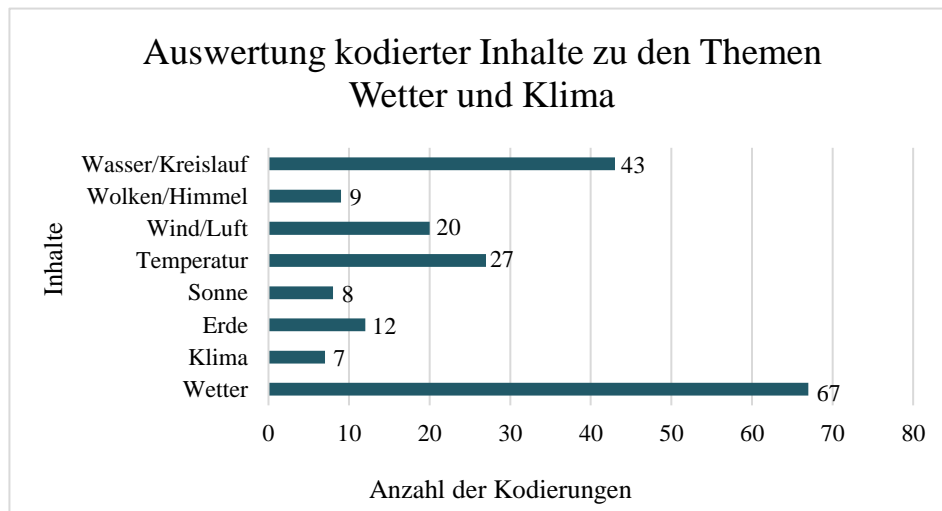


Abb. 1: Ergebnisse zur Anzahl der kodierten Themen mit dem Kontext/Wetter

Die Analyse hinsichtlich des Vergleichs von Grundstufe I und Grundstufe II ergibt kaum Unterschiede zum Themenbereich des Wetters. In der Grundstufe I wird hauptsächlich das Beschreiben der Umwelt fokussiert, ohne explizite Verknüpfung zu physikalischen Inhalten

(im Sinne von physikalischen Grundkonzepten). In der Grundstufe II wird der Inhaltsbereich im Grunde erweitert und auch die Themen Temperatur, Wetterstation, Wind (als Luftströmung) und die Sonne aufgegriffen.

Die Analyse der Aufgabenstellungen zu Wetter und Klima, fokussierte sich auf folgende Aufgabentypen: Offene, halboffene und geschlossene Aufgabenstellungen. Die Zuordnung dieser wurde anhand der Erklärungen der Aufgabenformate des Bildungsservers Berlin-Brandenburg vorgenommen (Bildungsserver Berlin-Brandenburg, 2022). Um eine eindeutige Zuordnung zu gewährleisten, wurden die Aufgabenstellungen einzelnen Operatorengruppen (Niedersächsisches Kulturministerium, 2013) zugewiesen. Abbildung 2 zeigt die Gesamtanzahl der kodierten Aufgaben, unterteilt in die zugeordneten Aufgabentypen und Lehrwerke. Die detaillierten Ergebnisse sind ebenfalls in Abbildung 2 dargestellt.

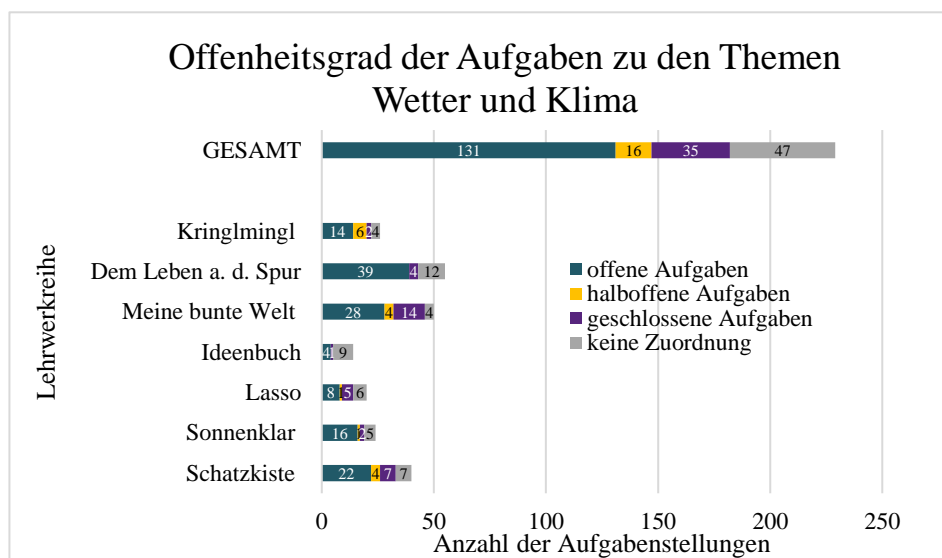


Abb. 2: Verteilung des Aufgabenformats nach Offenheit zu Wetter und Klima

Grundsätzlich ist zu erkennen, dass bei allem Büchern hauptsächlich offene Aufgabenstellungen erforderlich werden, dies würde u.a. darauf hinweisen, dass Schüler*innen deutlich mehr gefordert sein sollten (z. B., weil sie einen Satz als Antwort formulieren müssen, anstatt nur etwas anzukreuzen) und dadurch auch deutlich die Möglichkeiten erweitert werden Transfer- und Reflexionsfähigkeiten zu fördern. Dennoch ist bei einem genaueren Blick schnell deutlich, dass sich die Aufgabenstellungen hauptsächlich auf das Reproduktionsniveau fokussieren und kaum Transferfähigkeiten gefördert werden. Außerdem muss erwähnt werden, dass doch eine große Anzahl der Aufgaben ($n = 47$, 20,5 %) keinem Grad der Offenheit zugeordnet werden konnte, da kein Arbeitsauftrag formuliert war und daher auch kein Operator vorhanden war.

Zusammenfassung & Ausblick

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie bilden den Status quo der Themen Wetter und Klima in österreichischen Sachunterrichtsbüchern ab. So nehmen Wetter und Klima dort wenig Raum ein und dies trotz der Bedeutung des Themas Wetter hinsichtlich der Alltagsrelevanz

zur Interpretation von Wetterberichten und -warnungen als auch einer naturwissenschaftlichen fundierten Partizipation an der Klimawandeldebatte. Das kann ein Hinweis für den Umfang einer Thematisierung im Unterricht sein, die muss jedoch in einem weiteren Schritt, bspw. durch Interviews mit Lehrkräften, konkret untersucht werden.

Literatur

- Bildungsserver Berlin-Brandenburg (2022). Aufgabenformate. <https://bildungsserver.berlin-brandenburg.de/lesen-aufgabenformate>
- Bundesministerium für Unterricht, Kunst und Kultur (BMUKK) (2011). Lehrplan d. Volksschule, Siebenter Teil, Sachunterricht. <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10009275>
- Mayring, P. (2015). Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken. Weinheim: Beltz.
- Niedersächsisches Kulturministerium (2013). Operatoren für die naturwissenschaftlichen Fächer (Physik, Biologie, Chemie) an den Deutschen Schulen im Ausland.
- Weinbrenner, P. (1995). Grundlagen und Methodenprobleme sozialwissenschaftlicher Schulbuchforschung. In R. Olechowski (Hrsg.), Schule - Wissenschaft - Politik: Bd. 10. Schulbuchforschung, S. 21–45. Lang.
- Wilhelm, T. & Schiel, M. (2016). Schülervorstellungen zu Wolken in der Grundschule. In: C. Maurer (Hrsg.), Authentizität und Lernen – das Fach in der Fachdidaktik. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Berlin 2015, S. 364-366. Universität Regensburg.

Christina Eder¹
Thomas Plotz¹

¹Kirchliche Pädagogische Hochschule
Wien/Krems

Lernendenvorstellungen zu Wetterphänomenen in der Primarstufe

Ausgangspunkt

Das Thema Wetter beschäftigt alle Menschen, zu jederzeit und ist in unserem Alltag bestimmend. Schon am frühen Morgen, noch bevor wir das Haus verlassen, müssen wir uns täglich die Frage stellen, wie das Wetter gerade ist bzw. wie es sich voraussichtlich im Laufe des Tages verändern wird. Bereits Kleinkinder lernen, dass im Winter eine andere Kleidung als im Sommer getragen wird und unterschiedliche Wetterphänomene existieren. Daher bedarf es bereits in der Primarstufe einer intensiven Auseinandersetzung mit dem Thema, um später mit den Begriffen Wetter und Klima verständlich agieren zu können. Um zu diesem Thema fundierte Unterrichtskonzepte zu entwickeln, ist es nach der didaktischen Rekonstruktion (Kattmann 2007; Kattmann et al. 1997) nötig, die Perspektive der Lernenden zu kennen und eine fundierte fachliche Klärung vorzunehmen.

Allgemein finden sich bereits Arbeiten zu Lernendenvorstellungen zum Thema Wetter (einen ausführlichen Literaturreview findet man bei Henriques (2002)). Betrachtet man die Situation jedoch mit Fokus auf naturwissenschaftlichen Unterricht, so gibt es bisher wenige Arbeiten zum Verständnis des Themas Wetter. Die vorhandenen Arbeiten von Bar und Galili (1994), Schieder und Wiesner (1997), Wilhelm und Schiel (2016) und Schubert (2019) beschäftigen sich mit Lernendenvorstellungen zum Wetter bzw. zum Verdunstungsprozess und den Wolken. In allen Arbeiten werden die Vorstellungen von Kindern untersucht und dokumentiert. Replikationen bzw. Erweiterungen der Ergebnisse stehen jedoch noch aus. Im Rahmen der vorliegenden Studie werden daher Lernendenvorstellungen zu den Themenbereichen Wolken, Niederschlag und Regenbogen erhoben. Die Ergebnisse werden mit den bereits bekannten Vorstellungen abgeglichen und in der Entwicklung von adressatengerechten Lernumgebungen verwendet.

Methodische Herangehensweise

Die Studie wurde mit insgesamt 25 Kindern der dritten und vierten Schulstufe durchgeführt. Dabei war die Verteilung nach Schulstufe und Geschlecht laut Tabelle 1.

Tabelle 1

| | weiblich | männlich |
|---------------|-----------------|-----------------|
| 3. Schulstufe | 5 | 5 |
| 4. Schulstufe | 8 | 7 |

Die Schüler:innen wurden in einem leitfadengestützten Interview zu verschiedenen Wetterphänomenen (Wolken, Niederschlag und Regenbogen) befragt und auch gebeten Zeichnungen anzufertigen. Für diese Aufgabe hatten alle Kinder dieselbe Auswahl an Buntstiften zur Verfügung. Die Interviewzeit betrug zwischen fünf und 20 Minuten mit einem Durchschnitt von etwa zehn Minuten pro Schüler:in. Der Erhebungszeitraum war zwischen März und Juli 2021.

Die Auswertung der Interviews erfolgte mittels qualitativer Inhaltsanalyse nach Mayring (2015, 2019), wobei induktive Kategorien gebildet wurden. Die angefertigten Zeichnungen wurden auf Basis der erkennbaren Gemeinsamkeiten geclustert und kategorisiert.

Ergebnisse

In den Zeichnungen der Kinder finden sich vornehmlich zwei Wolkenformen (siehe Abbildung 1). Diese treten in 20 von 25 Fällen auf und erinnern einerseits an die klassischen „Schäfchenwolken“ aus Comics oder Zeichentrickserien. Andererseits finden sich Darstellungen die an das klassische Wolkensymbol (siehe Abbildung 2) erinnern.

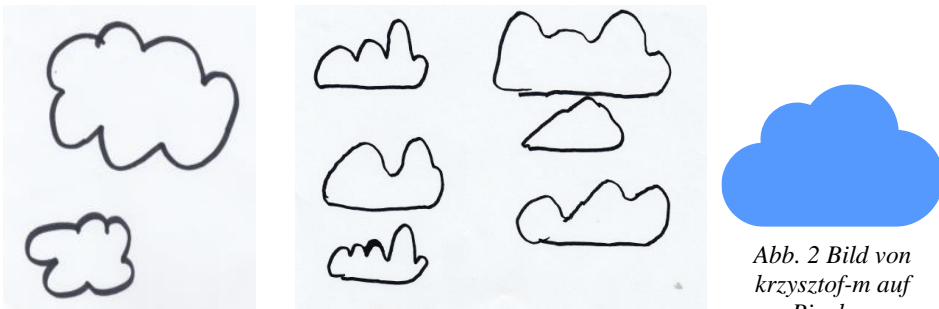


Abb. 1 Exemplarische Darstellung der Wolken

Eigenschaften von Wolken

Eine zentrale Erkenntnis in diesem Bereich ist die unklare Vorstellung der Kinder über die Entfernung der Wolken zur Erdoberfläche (siehe Abbildung 3). Ein möglicher Grund hierfür kann die wenig ausgeprägte Vorstellung von Entfernungen sein. Andere Aspekte (Farbe der Wolken oder Materialität) werden von den Kindern jedoch adäquat eingeschätzt (siehe Abbildung 4). Zudem bringen 18 von 25 befragten Kindern die Entstehung von Wolken mit dem Thema Wasser in Verbindung.

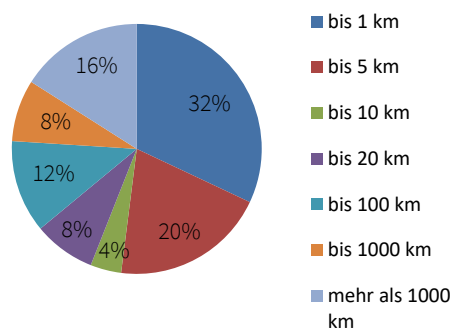


Abb. 3 Abstand der Wolken von der Erdoberfläche

Ursache von Niederschlag

Erwartungsgemäß findet sich bei der Frage nach der Ursache von Regen die Vorstellung, dass es regnet, wenn die Wolke gefüllt ist. Dennoch zeigt sich auch in einzelnen Antworten Ansätze

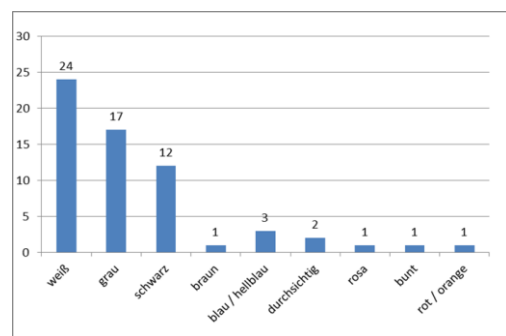


Abb. 4 Farben der Wolken

von adäquaten Vorstellungen für Kinder dieser Altersklasse (siehe Abbildung 5), wie etwa eine Vorstellung zum Verdunsten und das Konzept, dass die Größe/Masse der Tropfen etwas mit dem Beginn des Niederschlags zu tun hat.



Abb. 5 Gründe für Niederschlag

Regenbogen

Die Zeichnungen zeigen in 20 Fällen eine Halbkreisform, wobei die Abfolge als auch die Variation der Farben groß und beinahe zufällig ist. Dies ist nur auf den ersten Blick überraschend. Die genaue Reihenfolge der Farben im Regenbogen ist ad hoc wahrscheinlich den wenigsten Menschen geläufig.

Spannender ist die Tatsache, dass sich die Farbe Rot in fast allen Zeichnungen findet. Ein weiteres Ergebnis war die adäquate Vorstellung, dass die Reihenfolge der Farben im



Abb. 6 Beispiele für Schüler:innenzeichnungen zum Regenbogen

Regenbogen nicht veränderbar ist, die von 15 der 25 Kinder geäußert wurde.

Insgesamt wurden damit drei Hauptergebnisse der Studie gefunden:

- Vorstellungen zu Wolken sind anschlussfähig und weisen wenige Fehlkonzepte auf!
- Die Vorstellungen zu Niederschlägen weisen auf eine Füllvorstellung hin.
- Das Wissen zum Regenbogen ist wenig anschlussfähig und geprägt von hoher Variabilität.

Ausblick

Trotz der alltäglichen Bedeutung des Themas und dem damit verbundenen scheinbaren Allgemeinwissen der befragten Schüler:innen, zeigt die Studie, dass viele bekannte Lernendenvorstellungen (Schiel, 2015; Wodzinski & Wilhelm, 2018) wiedergefunden wurden. Damit verstärkt die Studie die Evidenzen zu den bekannten Vorstellungen und bietet eine empirische Basis für die nachfolgende Unterrichtsentwicklung zum Thema.

Literatur

- Bar, V. & Galili, I. (1994). Stages of children's views about evaporation. *International Journal of Science Education*, 16(2), 157–174.
- Henriques, L. (2002). Children's ideas about weather: A review of the literature. *School Science and Mathematics*, 102(5), 202–215.
- Kattmann, U. (2007). Didaktische Rekonstruktion — eine praktische Theorie. In D. Krüger, & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung: Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden* (S. 93-104). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Kattmann, U., Gropengießer, H., & Komorek, M. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion-Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*(3), 3-18.
- Mayring, P. (2015): *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken*. 12., aktualisierte und überarb. Aufl. Weinheim u.a.: Beltz.
- Mayring, P. (2019). Qualitative Inhaltsanalyse - Abgrenzungen, Spielarten, Weiterentwicklungen. *Forum Qualitative Sozialforschung / Forum: Qualitative Social Research*, 20(3), 15, doi:<https://doi.org/10.17169/fqs-20.3.3343>.
- Schiel, M. (2015). Schülervorstellungen zu Wolken in der Grundschule. <http://www.thomas-wilhelm.net/veroeffentlichung/Wolken.pdf>
- Schieder, M. & Wiesner, H. (1997). Vorstellungen und Lernprozesse zum Thema Wetter in der Primarstufe. *Zur Didaktik der Physik und Chemie*. Alsbach: Leuchtturmverlag, 167–169.
- Schubert, J. C. (2019). Welche Vorstellungen haben Kinder im Grundschulalter zum Wetter? In Otten, Michael, Schubert, Jan Christoph (Hrsg.), 83: Bd. 3. *Wetter* (S. 14–15). Friedrich Verlag.
- Wilhelm, T. & Schiel, M. (2016). Schülervorstellungen zu Wolken in der Grundschule. In C. Maurer (Hrsg.), *Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Berlin 2015* (S. 364–366).
- Wodzinski, R., & Wilhelm, T. (2018). Schülervorstellungen im Anfangsunterricht. In H. Schecker, T. Wilhelm, M. Hopf, & R. Duit (Hrsg.), *Schülervorstellungen und Physikunterricht—Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis*. Springer-Verlag GmbH Deutschland.

Physik im Kontext Wetter: Lehrplaninhalte in Deutschland und Österreich

Föhn, Passatwinde etc. sind auf physikalischen Prinzipien beruhende Wetterphänomene, die eingebunden in den Physikunterricht die Anwendung physikalischer Grundkonzepte in einem bedeutungsvollen, bzw. im Sinne von Muckenfuß, einem sinnstiftenden Kontext demonstrieren. Dies könnte einerseits zur Förderung der Motivation und zur Interessensentwicklung beitragen, und andererseits die Festigung, Vernetzung und Vertiefung von Wissen unterstützen. Für die Sek. 1 schlug Muckenfuß in den 1990er Jahren vor, statt der traditionellen Wärmelehre die Wetterkunde zu lehren und diese dabei nach den traditionellen Inhalten der elementaren Wärmelehre zu strukturieren [1]. Durch dieses Vorgehen spiegelte sich die Sachstruktur der Physik auch weitgehend in der Unterrichtsstruktur wider. Beim Betrachten großräumiger Wetterphänomene ist dies nicht mehr so einfach möglich, da hier bei Erklärungen auf Inhalte aus bspw. der Mechanik und der Thermodynamik zurückgegriffen werden muss [2].

Dieser Beitrag visualisiert den aktuellen Stand möglicher Lehrplananbindungen von Themen aus dem Kontext Wetter für die Klassenstufen 5 bis 12/13 in Deutschland und Österreich. Die Analyse umfasst die Lehrpläne der Fächer Geographie / Erdkunde und Physik sowie der naturwissenschaftlichen Fächer der Orientierungsstufe (z.B. BNT, NW, etc.) an deutschen Gymnasien bzw. an dem Pendant den allgemeinbildenden höheren Schulen in Österreich [3].

Potenzielle Anknüpfungspunkte in Lehrplänen

Die inneren fachlichen Strukturen vieler Themen des Bereichs Wetter umfassen nur dann Inhalte, die nur einem physikalischen Gebiet zuordenbar sind, wenn sie stark elementarisiert gelehrt werden. Nur wenige Themen wie *Niederschlag* oder *Taubildung* weisen auch ohne größere Vernachlässigungen ihren Schwerpunkt ausschließlich in der Thermodynamik auf. In der Regel sind die meisten Themen aber deutlich komplexer und gebiets- und oft jahrgangsübergreifend. Neben der Thermodynamik ist vor allem die Mechanik als Gebiet wetterrelevanter Inhalte zu nennen.

Für den Schulunterricht nützlicher als eine Gebietszuordnung, erscheint die Zuordnung der Themen zu den zugrunde liegenden physikalischen Basiskonzepten. Sie ermöglichen die vertikale Vernetzung von physikalischem Wissen und bilden die Grundlage für kumulatives Lernen. Eine Orientierung an den Basiskonzepten kann speziell einem kontextorientierten Unterricht auch deshalb nützlich sein, da sich die exemplarischen Anwendungsbeispiele in den verschiedenen Lehrplänen meist nicht auf den Kontext Wetter beziehen. Unter Zuhilfenahme der Basiskonzepte lassen sich hingegen leicht Anknüpfungspunkte identifizieren. Zentrale Basiskonzepte zur Beschreibung von Themen aus dem Bereich Wetter sind: Materie, Wechselwirkung, Energie und System [je 4] sowie Erhaltung und Gleichgewicht als auch Superposition und Komponenten [je 5].

Nachfolgend ist beschrieben, wie die Lehrpläne nach Anknüpfungspunkten analysiert und die Ergebnisse in Gesamtübersichten dargestellt werden können. Das Ziel ist, bundeslandabhängig aufzuzeigen, welche wetterrelevanten Inhalte in den jeweiligen Lehr-/Bildungsplänen genannt werden bzw. an welchen Stellen Wetterthemen verortet werden können.

Methodik

Eine Übersicht über die berücksichtigten Lehrpläne zeigt Tabelle 1. Die Lehrpläne wurden jeweils nach passenden Lehrplaninhalten digital mittels folgender Schlagwörter durchsucht: Temperatur, Luftdruck, Luftfeuchtigkeit, Niederschlag/Regen, Wind, Wolken, Bewölkung, Wetter, Steigungsregen, Hoch-/Tiefdruckgebiet, Wetterkarten, tropische Wirbelstürme, Orkan, Tornado, Blizzard, Hurrikan, Taifun, Föhn, Land-See-Wind, Monsun, (Anti-)Zyklon, Windsysteme, Wetterextreme, trocken-/ feuchtadiabatisch, Konvektion, latente Wärme, Wärmestrahlung, Wärmeübertragungsarten, Kreisbewegung, Erhaltungssätze, Drehimpuls, Corioliskraft, atmosphärische Zirkulation, Strahlungsbilanz.

Tab. 1: Übersicht über berücksichtigte Lehrpläne

| | Geographie | Physik | NuT/etc. |
|------------|--------------------------|---------------------------|-------------------|
| BB | Geo. 2015/2018 | Physik 2015 / 2006 | NW 2015 |
| BE | Geo. 2015/2018 | Physik 2015 / 2006 | NW 2015 |
| BY | LehrplanPLUS | LehrplanPLUS | LehrplanPLUS |
| BW | Geo. 2016 | Physik 2016 | BNT 2016 |
| HB | Geo. 2006 / 2008 | Physik 2006 / 2022 | NW 2006 |
| HE | Erdkunde 2004/2005, 2010 | Physik 2004/2005, 2010 | -- |
| HH | Geo. 2011 / 2009 | Physik 2011 / 2009 | NaWi/Technik 2014 |
| MV | Geo. 2002 / 2019 | Physik 2022 / 2011 / 2019 | NW 2010 |
| NI | Erdkunde 2021 | NAWI 2021, Physik 2017 | NaWi 2021 |
| NW | Erdkunde 2019 / 2014 | Physik 2019 / 2014 | -- |
| RP | Erdkunde 2021 | Physik 2014 / 2022 | NaWi 2011 |
| SH | Geo. 2015 | Physik 2022 | NW 2014 |
| SL | Erdkunde 2014 / 2019 | Physik 2014 / 2015 | NW 2012 |
| SN | Geo. 2019 | Physik 2019 | -- |
| ST | Geo. 2016 | Physik 2022 | -- |
| TH | Geo. 2012 | Physik 2012 | MNT 2015 |
| AUT | Geo. | Physik | |

Die Visualisierung der Ergebnisse erfolgte über UpSet-Plots. Sie können Mengen und Schnittmengen in Form einer Matrix veranschaulichen. Bei einer größeren Anzahl von Mengen sind sie übersichtlicher als Venn-Diagramme. Das Erstellen der UpSet-Plots erfolgte mittels Python Version 3.10.6 [6] im Rahmen der Entwicklungsumgebung Spyder der Version 5.2.2 [7]. Verwendet wurden folgende Bibliotheken: *pandas* Version 1.4.4 [8], *upsetplot* Version 0.6.1 [9, 10] und *matplotlib* Version 3.5.3 [11].

Ergebnisse: Die Anknüpfungsoptionen in Physikbildungs- bzw. -lehrplänen differieren stark zwischen den Ländern. Die Optionen in den Physiklehrplänen betreffend sind Hamburg, Rheinland-Pfalz und Sachsen-Anhalt die weit abgeschlagenen Schlusslichter. Am meisten Anknüpfungsoptionen enthalten der Bildungsplan aus Baden-Württemberg und die Lehrpläne aus Sachsen, Schleswig-Holstein und Thüringen. Ein detaillierter Blick zeigt aber auch hier große Unterschiede. Besonders eindrücklich ist der Vergleich zwischen den Lehrplänen aus Sachsen und Schleswig-Holstein. Während bspw. in Sachsen die physikalischen Grundlagen von Wetterthemen größtenteils explizit Inhalte im Lehrplan sind und es hier nur Verweise auf Wetterthemen (Wetterextreme und -phänomene) gibt, werden in Schleswig-Holstein weniger Grundlagen, dafür aber deutlich mehr wetterbezogene Anwendungsbeispiele aufgeführt. Am

ausgewogensten ist der Lehrplan aus dem Saarland, hier werden fast alle wetterrelevanten Grundlagen im Physiklehrplan aufgeführt und es wird zahlreich auf die korrespondierenden Inhalte im Geographielehrplan verwiesen. In keinem der physikbezogenen Lehr- / Bildungspläne sind aktuell die Themen wie Corioliskraft, Luftfeuchte und Dampfdruck explizit genannt.

Nachstehende Abbildung (Abb. 1) zeigt einen Ausschnitt aus einem UpSet-Plot. Zu sehen ist eine Übersicht über Anknüpfungsoptionen rund um das Thema Wetter in den deutschen und österreichischen physik- und geographiebezogenen Lehr-/Bildungsplänen. Die Bundesländer / Länder in den Zeilen stehen für die Mengen und die geclusterten Inhaltskategorien in den Spalten stehen für die Elemente in den jeweiligen Mengen. Kreise stehen für Anknüpfungspunkte, wobei die linksstehende Farbe schwarz für das Fach Geographie / Erdkunde und die rechtsstehende Farbe violett für das Fach Physik / Naturwissenschaften steht. Die links abgetragenen Balken geben die Anzahlen der Anknüpfungsoptionen in den jeweiligen Bundesländern / Ländern an. Bei den Balkenfarben stehen schwarze Balkenabschnitte für Geographie / Erdkunde und violette Balkenabschnitte für Physik / Naturwissenschaften.

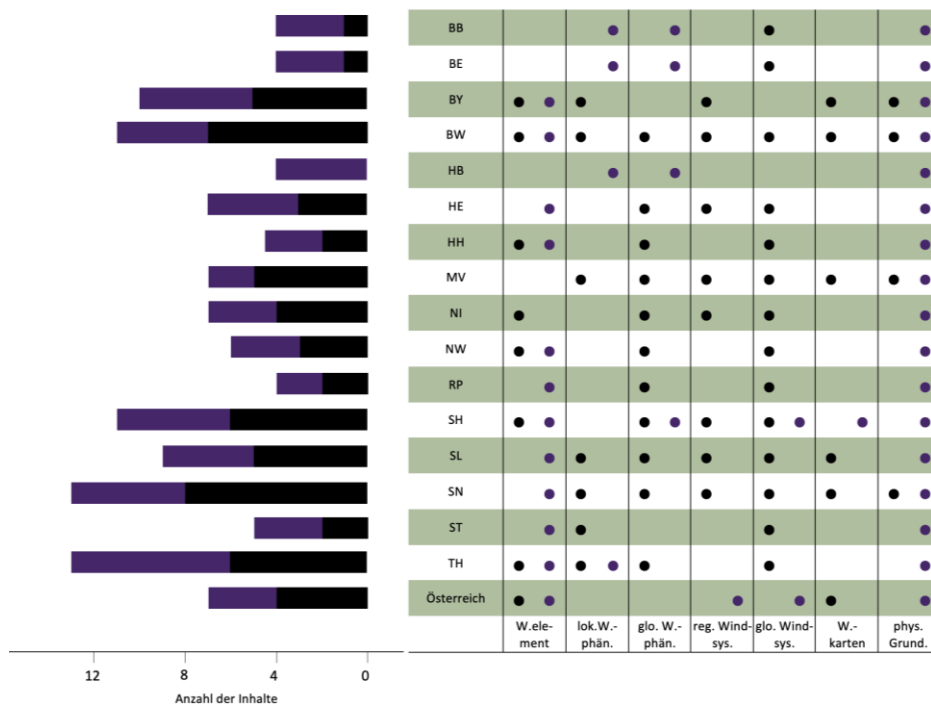


Abb. 1: Übersicht über Anknüpfungsoptionen rund um das Thema Wetter in den deutschen und österreichischen physik- und geographiebezogenen Lehr-/Bildungsplänen.

Fazit: In allen deutschen Bundesländern und in Österreich finden sich Anknüpfungspunkte in den Geographie-/Erdkundelehrplänen zur Behandlung des Themas Wetter. Die fachliche Tie-

fe und die Unterrichtsstrukturen variieren jedoch stark. Dies zeigt die Notwendigkeit der Entwicklung eines strukturierten Spiralcurriculums, wie es das deutsch-österreichische Projekt anvisiert.

Literatur

- [1] Muckenfuß, H. (1997). Wetterkunde statt Wärmelehre, NiU Physik 8 (42), 4-8.
- [2] Watzka, B. & Rubitzko, T. (2021). Lernen im Kontext der atmosphärischen Zirkulation. NiU Physik, 186 (32), 2-6.
- [3] <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10008568>, abgerufen am 02.09.2022
- [4] KMK (2005). Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss, Beschluss vom 16.12.2004. München: Wolters Kluwer Deutschland GmbH.
https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Bildungsstandards-Physik-Mittleren-SA.pdf, abgerufen am 25.10.2022
- [5] KMK (2020). Bildungsstandards im Fach Physik für die Allgemeine Hochschulreife. Hürth: Wolters Kluwer Deutschland GmbH.
https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2020/2020_06_18-BildungsstandardsAHR_Physik.pdf, abgerufen am 25.10.2022
- [6] <https://www.python.org/downloads/macos/>, abgerufen am 02.09.2022
- [7] <https://www.spyder-ide.org>, abgerufen am 02.09.2022
- [8] <https://pandas.pydata.org/docs/>, abgerufen am 02.09.2022
- [9] <https://upsetplot.readthedocs.io/en/stable/index.html>, abgerufen am 02.09.2022
- [10] Lex, A. Gehlenborg, N., Strobel, H., Vuillemot, R., & Pfister, H. (2014). UpSet: Visualization of Intersecting Sets IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics. InfoVis, 20(12). doi:10.1109/TVCG.2014.2346248.
- [11] <https://matplotlib.org>, abgerufen am 02.09.2022

Antonio Rueda¹
 Niklas Kuhlmei¹
 Andreas Borowski¹

¹Universität Potsdam

Unumkehrbarkeit und Bildung für nachhaltige Entwicklung im Physikunterricht

Einleitung

Der vorliegende Beitrag zeigt eine Möglichkeit der Behandlung der Unumkehrbarkeit von Vorgängen als Grundprinzip im Physikunterricht und die Nutzung dieses Prinzips als Bewertungskriterium bei einer gesellschaftlich relevanten Entscheidungssituation. Die Studie stellt den ersten Schritt eines langfristigen Forschungsvorhabens dar.

Theoretischer Hintergrund

Angelehnt an die Nachhaltigkeitsziele (vgl. z. B. Vereinen Nationen 2022) stellte die Kultusministerkonferenz einen Orientierungsrahmen für die globale Entwicklung bereit (KMK 2016). Darin werden u. a. Kompetenzen und interdisziplinäre Themenvorschläge für den naturwissenschaftlichen Unterricht sowie eine konkrete Unterrichtsreihe über die Zukunftsfähigkeit der Energieversorgung vorgestellt (ebd.). Neben den in Diskussion der Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) dominierenden, ökologischen Themen im naturwissenschaftlichen Unterricht wie Klimawandel, Energieversorgung, Stoffkreislauf, systemisches Denken (vgl. z. B. Zowada et al. 2019, Brockhage et al. 2021, Linkwitz et al. 2021, Banse et al. 2021, Höttecke 2013, Sakschewski et al. 2012, Ben-Zvi-Assaraf et al. 2010), taucht der Zusammenhang zwischen Entropie und Nachhaltigkeit vereinzelt (Jackl et al. 2012, Kümmel et al. 2018, Pelte 2014), allerdings nicht in fachdidaktischen Ansätzen zur BNE auf. Die Entropie und die damit verbundene Irreversibilität von Prozessen (vgl. z. B. Backhaus et al. 1981) könnte jedoch ein konzeptuelles Verständnis hinsichtlich der Nachhaltigkeit von Vorgängen ermöglichen. Denn ein Prozess ist weniger nachhaltig, je höher die Entropieproduktion ist (vgl. z. B. Pelte 2014, S. 313). Irreversible Vorgänge zeichnen sich dadurch aus, dass sie (1) nur in eine Zeitrichtung verlaufen (Vollmer 1985), (2) nicht „von selbst“ in ihren Ausgangszustand zurückkehren können (Backhaus & Schlichting 1981) und (3) durch „Ersatzvorgänge“ in ihren Ausgangszustand befördert werden können (ebd.). Außerdem (4) bedeuten irreversible Vorgänge eine Erhöhung der „Unordnung“ (Cencini et al. 2021). Schließlich (5) sind alle natürlichen „beobachtbaren“ Vorgänge (bei abgeschlossenen Systemen) unumkehrbar (ebd.).

Darüber hinaus besteht der Konsens, dass ein reines Faktenwissen über die verschiedenen „BNE-Themen“ die in der BNE erforderliche Bewertungskompetenz lediglich zu einem geringen Maß fördert, weshalb Diskussionsphasen mittels z. B. Rollen- und Planspiele unentbehrlich sind (vgl. z. B. Höttecke 2013, Höhle & Menthe 2013, Dittmer et al. 2016).

Forschungsfragen

- Inwieweit nutzen Lernende die Irreversibilität in der Erklärung von alltäglichen, gesellschaftlich relevanten Vorgängen nach der Einführung dieses Konzeptes?

- Inwieweit verwenden Lernende die Unumkehrbarkeit von Vorgängen als zusätzliches Bewertungskriterium in ihrer Stellungnahme bezüglich eines gesellschaftlich relevanten Dilemmas?

Methodisches Vorgehen

Um die Forschungsfragen zu beantworten, wurde eine für diese Studie entworfene Unterrichtseinheit umgesetzt. In der Unterrichtseinheit wurden die oben präsentierten Merkmale der Unumkehrbarkeit behandelt. Zu Beginn und Ende der Unterrichtseinheit (Prä-Post-Design) sollten die Lernenden ein gesellschaftlich relevantes Dilemma bewerten. Für die Gestaltung der Tiefenstruktur der Unterrichtseinheit wurden die zwei Basismodelle nach Oser verwendet, „Entwicklung als Ziel der Erziehung“ und „Konzeptbildung“ (Oser et al. 1990), und miteinander verzahnt. Ein eindeutiger Zusammenhang zwischen Unumkehrbarkeit und dem kontroversen Dilemma wurde während der Einheit nicht offenbart, um zu untersuchen, inwieweit die Lernenden in der Lage waren, diesen Zusammenhang selbst herzustellen. Eine gymnasiale Schulklasse der siebten Jahrgangsstufe (N = 21) besuchte die Laborräume der Physikdidaktik an der Universität Potsdam, in der sie ca. 120 Minuten die Aktivitäten durchführten.

Der Wissenserwerb bezüglich der Unumkehrbarkeit wurde anhand eines kurzen Fachwissenstests geprüft. Dieser bestand aus einer geschlossenen Aufgabe mit vier Teilaufgaben und zwei offenen Aufgaben, die das Erkennen und die Anwendung der Unumkehrbarkeit in alltäglichen Kontexten prüften. Eine deskriptive Statistik der ersten geschlossenen Frage und eine explizierende qualitative Inhaltsanalyse der offenen Fragen (Mayring 2010) wurden durchgeführt. Die Einschätzung der Bewertungskompetenz der Lernenden erfolgte anhand ihrer Stellungnahme zum Thema Nitrat im Grundwasser in Deutschland. Die Lernenden erhielten zu Beginn und zum Schluss eine modifizierte Ankeraufgabe, in der grundlegende Informationen zum Thema dargestellt wurden. Außerdem erfuhren die Lernenden zwei mögliche Standpunkte bzw. Urteile zur Problematik aus einem miteingefügten, fiktiven Gespräch zwischen zwei zwölfjährigen Kindern. In der Studie galt die Inkaufnahme der Nitratbelastung in der Bewertung als nicht nachhaltige Bewertungstendenz. Nachhaltige Bewertungstendenzen beinhalteten die klare Stellungnahme hinsichtlich der Gefahr von Nitraten im Grundwasser. Die Erklärungen der Lernenden wurden in einem zweiten Schritt mithilfe eines Kodiersystems analysiert, dessen Struktur auf das Argumentationsschema nach Toulmin (2016) beruht. Eine strukturierende qualitative Inhaltsanalyse nach Mayring (2010) wurde bei den Erklärungen durchgeführt. Zwei Kodierer wendeten das Kodiersystem bei n = 83 Kodiereinheiten an. Es ergab sich eine akzeptable Übereinstimmung ($\kappa = .62$) bezüglich der Differenzierung der Kategorien des Kodiersystems.

Ergebnisse

Die erste geschlossene Aufgabe des Fachwissenstest zum Erkennen unumkehrbarer Vorgänge wurde von allen Lernenden beantwortet und von 29 % vollständig korrekt. Die zweite bzw. dritte offene Aufgabe zur Anwendung der Merkmale der Unumkehrbarkeit wurden von 8 bzw. 15 der 21 Lernende bearbeitet. Die Unumkehrbarkeit tauchte in Einzelfällen auf (z. B. bzgl. Kraftstoffnutzung „*der Kraftstoff taucht nicht von selbst wieder im Auto auf*“, oder bzgl. Klimawandel „*der Klimawandel kann nur in eine Zeitrichtung verlaufen*“, oder bzgl. Recycling „*aus geschredderten Flaschen können von selbst keine neuen gebildet werden*“).

20 von 21 Lernenden nahmen schriftlich Stellung zum Dilemma des Nitrats im Grundwasser in Bezug auf die Sicht der zwei fiktiven Kinder in der Aufgabenstellung. Die nebenstehende Tabelle

| Bewertungstendenz | Vorher | Nachher |
|-------------------|--------|---------|
| Nicht nachhaltig | 12 | 8 |
| Nachhaltig | 3 | 4 |
| Unentschieden | 5 | 8 |

zeigt die Ergebnisse über die Bewertungstendenz der Entscheidungen der Lernenden.

Die Lernenden begründeten zu Beginn der Unterrichtseinheit ihre Entscheidung ausführlicher als zum Ende. In der nebenstehenden Tabelle

wird die Anzahl der Lernenden gezeigt, die die entsprechenden Strukturelemente nach Toulmin verwendeten. Die genutzten Schlussregeln enthielten Informationen aus

| Strukturelement | Vorher | Nachher |
|-------------------|--------|---------|
| Schlussfolgerung | 20 | 12 |
| Schlussregel | 17 | 9 |
| Stützung | 9 | 4 |
| Ausnahmebedingung | 8 | 1 |

der Aufgabenstellung, wobei 9 der 17 Lernenden ihre Erklärung mit konkretem naturwissenschaftlichem Wissen stützten. Lediglich 2 Lernenden nannten die Unumkehrbarkeit in ihrer Argumentation am Ende der Unterrichtseinheit.

Diskussion

Die Kürze der Unterrichtseinheit in Bezug auf die Anzahl der bearbeiteten Merkmale der Irreversibilität könnte erklären, warum lediglich ca. 30% der Lernenden die Unumkehrbarkeit in alltäglichen Vorgängen erkannten (Antwort zur ersten Forschungsfrage). Darüber hinaus kann aus den Ergebnissen über die Bewertungstendenz geschlossen werden, dass die Unterrichtseinheit eine gewisse Verschiebung hin zur nachhaltigeren Bewertungstendenz bewirkt hat. Es ist nicht eindeutig, ob das Prinzip der Unumkehrbarkeit von Vorgängen als Bewertungskriterium die Bewertungstendenz der Lernenden am Ende der Unterrichtseinheit beeinflusst hat. Obwohl die Hälfte der Lernenden (zwei von vier Lernenden) mit einer nachhaltigen Bewertungstendenz die Unumkehrbarkeit als Stützung verwendeten, sind die absoluten Zahlen zu niedrig, um einen plausiblen Zusammenhang zu deuten. Man könnte mit Vorsicht interpretieren, dass eher Lernende, die bereits ein nachhaltiges Verhalten besitzen, das zusätzliche Bewertungskriterium der Unumkehrbarkeit während einer zweistündigen Unterrichtseinheit annehmen (Antwort zur 2. Forschungsfrage). Ausführlichere Diskussionen über das Dilemma und bei der Nutzung der Unumkehrbarkeit anhand von Anwendungsaufgaben scheinen entscheidende Stellen für die Entwicklung der Bewertungskompetenz zu sein (Höttecke 2013, Bögeholz et al. 2018). Die explizite *Stimulierung* zur Verinnerlichung des Bewertungskriteriums erscheint ebenfalls nötig.

Ausblick

Die Unterrichtseinheit wird künftig gemeinsam mit Lehrkräften weiterentwickelt und erprobt. Dabei werden weitere Ansätze über die tiefenstrukturelle Gestaltung der Unterrichtseinheit herangezogen, die Anzahl an Stationen in der Unterrichtseinheit verringert, sowie die Themen für die Behandlung der Unumkehrbarkeit in anderen Klassenstufen, wie z. B. in der Mechanik, erweitert. Darüber hinaus wird die Erhebungsmethode zum Fachwissenserwerb überprüft. Zusammengefasst wird angestrebt, eine neunzigminütige Unterrichtseinheit auszuarbeiten, welche die Bewertungskompetenz bezogen auf die BNE im Physikunterricht fördert.

Literatur

- Backhaus, U., & Schlichting, H. (1981). Die Unumkehrbarkeit natürlicher Vorgänge - Phänomenologie und Messung als Vorbereitung des Entropiebegriffs. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht* 34/3, 153 (1981)
- Banse, C. & Marohn, A. (2021). Wie nachhaltig ist Elektromobilität? Das Unterrichtskonzept „nachhaltig bewerten“, *MNU Journal*, 74 (5), 425-429.
- Ben-Zvi-Assaraf, O. & Nir, O. (2010). Systems Thinking Skills at the Elementary School Level. *Journal of Research in Science Teaching* 47: 540–63.
- Bögeholz, S. et al. (2018). Bewertungskompetenz. In D. Krüger, I. Parchmann, & H. Schecker (Hrsg.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 261–281). Berlin: Springer.
- Brockhage, F., Lüsse, M., Pietzner, V. & Beeken, M. (2021). Citizen Science & Schule. Wie Schülerprojekte die Forschung zu Themen der Nachhaltigkeit vorantreiben können. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 32(183), 8–15.
- Cencini, M., Puglisi, A., Vergni, D., & Vulpiani, A. (2021). *A Random Walk in Physics. Beyond Black Holes and Time-Travels*. Springer Nature Switzerland AG.
- Dittmer, A., Gebhard, U., Höttecke, D. Menthe J. (2016). Ethisches Bewerten im Naturwissenschaftlichen Unterricht: Theoretische Bezugspunkte. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 22, 97–108
- Höttecke, D. (2013). Rollen- und Planspiele in der Bildung für nachhaltige Entwicklung. In J. Menthe et al., *Handeln in Zeiten des Klimawandels – Bewerten Lernen als Bildungsaufgabe* (S. 95-111). Münster: Waxmann.
- Jakl, T. / Sietz, M. (Hrsg.) (2012): "Nachhaltigkeit fassbar machen - Entropiezunahme als Maß für Nachhaltigkeit", *Favorita Papers* 01/2012, Wien
- Jakl, T. (2016). Entropie - ein Indikator für Nachhaltigkeit. In M. Sietz (Hrsg.), *Wärmefußabdrücke und Energieeffizienz - Nachhaltigkeit messbar machen* (S. 1-8). Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Kidman, G., Chang, C. H., & Wi, A. (2020). Defining Education for Sustainability. A theoretical framework. In C. H. Chang, G. Kidman & A. Wi (Hrsg.), *Issues in Teaching and Learning of Education for Sustainability: Theory into Practice* (S.1-13). Routledge.
- Kümmel, R., & Paech, N. (2018). *Energie, Entropie, Kreativität*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin / Heidelberg, 2018.
- Linkwitz, M., Belova, N. & Eilks, I. (2021). Grüne und nachhaltige Chemie bereits im Chemieunterricht der SI? - Das Projekt "Cosmetics go green". *Chemie konkret*, 28, 155-161.
- Mayring, P (2010), *Qualitative Inhaltsanalyse*, Weinheim: Beltz
- Moore, T. A. (2003). *Six Ideas That Shaped Physics. Unit T: Some Processes Are Irreversible*. New York: The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Oser Fritz & Patry Jean-Luc (1990). *Choreographien unterrichtlichen Lernens. Basismodelle des Unterrichts*. Nr. 89. Fribourg.
- Pelte, D. (2014). *Die Zukunft unserer Energieversorgung*. 2. Aufl. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Sakschewski, M.; Bögeholz, S.; Eggert, S.; Meyer, R.; Schneider, S.: *Bewertungskompetenz im Physikunterricht: Erste Ergebnisse einer Studie mit Lautem Denken*. - Aus: Bernholt, Sascha (Hrsg.): *Inquiry-based Learning - Forschendes Lernen*. Kiel: IPN-Verlag (2013), S. 146-148, - Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. 33; Jahrestagung / Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. 2012
- Schreiber, J. R., & Siege, H. (2016). *Orientierungsrahmen für den Lernbereich: Globale Entwicklung* (2. Akt. und erweiter. Aufl.). Berlin: Heenemann.
- Toulmin, S. E. (1996). *Der Gebrauch von Argumenten*. (2nd ed.). Weinheim: Beltz, Athenäum.
- Vereinte Nationen. (2022). *Ziele für nachhaltige Entwicklung*. Von Vereinte Nationen: <https://unric.org/de/17ziele/> abgerufen
- Vollmer, G. (1985). Woher stammt die Asymmetrie der Zeit? *Naturwissenschaften* 72.9, S. 470-481.
- Zowada, C., Zuin, V.G., Belova, N. & Eilks, I. (2019) Glyphosat und grüne Pestizide. *Naturwissenschaften im Unterricht. Chemie*, 30 (172), 38-43.

Jonathan Grothaus¹
 Markus Elsholz¹
 Thomas Trefzger¹

¹Universität Würzburg

Eine Brücke vom Wissen zum Handeln: Das Schülerlabor Labs4Future

Schule kommuniziert Wissen und Wissenschaft, d.h. insbesondere auch die klar prognostizierten (Scientists for Future 2019; IPCC 2019) Ursachen und Folgen des menschengemachten Klimawandels. Angesichts der für die Begrenzung der globalen Erwärmung auf 1.5°C völlig inadäquaten Treibhausgasreduktionen (Sachverständigenrat für Umweltfragen 2022) ergibt sich für den (Physik)Unterricht die Frage:

Wie führt man die „klassische“ Wissensvermittlung über, in ein effektives gesellschaftliches Handeln?

Die theoretische Verbindung von Wissen und Handeln

Empirisch widerlegt ist das *information deficit model*, das postuliert, dass lediglich die Vermittlung von ausreichend Wissen bzw. Information ausreicht, um Menschen zum Handeln zu bringen. (Moser und Dilling 2012; Roczen et al. 2013; Tasquier und Pongiglione 2017) Nötig ist daher ein umfassenderes Modell, das sowohl didaktische, als auch psychologische Konstrukte und soziologische Voraussetzungen (Moser und Dilling 2012) berücksichtigt. Dazu wurde und wird im Rahmen des Forschungsvorhabens ein diese Perspektiven vereinendes Framework entwickelt, das Anhaltspunkte geben soll, wie die Verknüpfung von Wissen und Handeln im Unterricht gelingen kann.

Von Frick et al. (2004) werden drei Arten von Wissen unterschieden: Systemwissen, Handlungswissen und Effektivitätswissen. Unter *Systemwissen* versteht die Autorin dabei Fragen über die (Wechsel)Wirkungen im System, beispielsweise wie Treibhausgase das Klimasystem beeinflussen. *Handlungswissen* betrifft die Handlungsoptionen: Was kann man tun, um den Energiebedarf beim Heizen zu verringern? *Effektivitätswissen* bewertet dann die verschiedenen Optionen anhand ihrer Effizienz: Welchen Unterschied in Wärmebedarf bzw. Emissionen macht eine um 3°C geringere Raumtemperatur?

Das umweltpsychologische Meta-Modell von Bamberg und Möser (2007) (Abb. 1) entsteht als Synthese des *Norm Activation Model* (NAM) (Schwartz und Howard 1981) sowie der *Theory of Planned Behaviour* (TPB) von Ajzen (1991). Die beiden Modelle nehmen einen pro-sozial handelnden Menschen (NAM) bzw. ein Handeln im Sinne des eigenen Interesses (TPB) an.

Im Modell stehen zwischen der Problembewusstheit (subjektives *und* objektives Wissen) und dem Verhalten eine Vielzahl an aktivierbaren Konstrukten. Die Frage ist nun, wie man mit Unterrichtshandeln solche Wissen und Handeln verbindende Wege aktivieren kann.

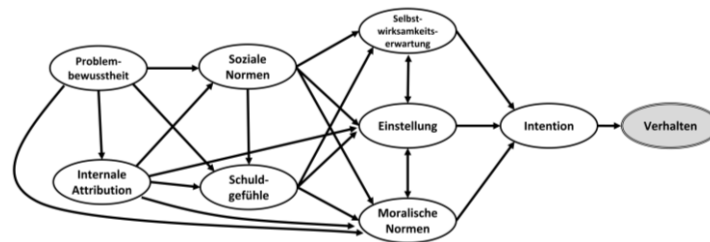


Abb. 1 Handlungsmodell nach Bamberg und Möser (2007) (eigene Darstellung)

Das Schülerlabor Labs4Future (L4F) als Realisierung des Leitfadens

Das Schülerlabor hat als Zielgruppe Schüler:innen im Alter von 14-16 Jahren, üblicherweise 9. Klassen von Gymnasien, Mittelschulen und Hauptschulen. Die Gruppen kommen an zwei, kurz aufeinanderfolgenden, Tagen an die Universität. Dort durchlaufen die Schülerinnen und Schüler (SuS) verschiedene Stationen zu Experimenten und Lernaktivitäten. Die Betreuung erfolgt durch Lehramtsstudierende der MINT-Fächer, die in die dem Seminar zugrundeliegenden psychologischen Modelle eingewiesen sind.

Die Wissensarten sind so auch im Seminar repräsentiert: Der erste Tag widmet sich dem Systemwissen, der zweite dem Handlungs- und Effektivitätswissen.

Eingerahmt durch ein Mystery, einer Methode bei der im Laufe des Tages ein Rätsel beim Erstellen einer Concept Map gelöst werden kann, lernen die Schüler:innen zum Treibhauseffekt, zu den Themenfeldern Wetter und Klima, sowie zum Kohlenstoffkreislauf.

Der zweite Tag beginnt mit drei Stationen zu den Bereichen Wohnung, Konsum und Mobilität, die die drei größten Emissionsquellen des persönlichen Alltags ausmachen. Diskutiert wird, welche Handlungen welche Emissionen ausstoßen, und welche Reduktionsoptionen möglich wären. Nicht alle Bestandteile des persönlichen CO₂ Fußabdrucks sind aber wirklich persönlich beeinflussbar, sondern viele (z.B. Wärmewende, Öffentlicher Konsum, Elektrizität) bedürfen gesellschaftlich-politischer Entscheidungen. Die individuellen und die gesellschaftlichen Handlungsoptionen werden zum Schluss des Schülerlabors ausführlich diskutiert. Konkret werden hier beispielsweise die Konstrukte *soziale Normen* und *Selbstwirksamkeitserwartung* aktiviert. Die Beschäftigung und Aushandlung in der Peer Group über die Handlungsoptionen und deren Effektivität stellt damit einen möglichen Mechanismus dar, wie Unterrichtshandeln und Berücksichtigung der Umweltpsychologie das Handeln adressieren kann.

Forschungsdesign

Die Untersuchung zeichnet ein mixed-methods Ansatz aus (Abb 2): Forschungsinteresse der quantitativen Erhebung sind die Konstrukte Wissen zum Klimawandel (Climate Change Concept Inventory (CCCI)) nach Schubatzky et al. (2022), Hoffnung zum Klimawandel (Li und Monroe 2018) und Umwelteinstellung (General environmental behaviour scale for adolescents (Kaiser et al. 2007) in der deutschen Fassung nach Baierl et al. (2022).

Als unabhängige Variablen werden Klimaangst (Wullenkord et al. 2021), soziale Erwünschtheit (Kemper et al. 2012) sowie empathisierendes-systematisierendes Denken erhoben. (Greenberg et al. 2018)

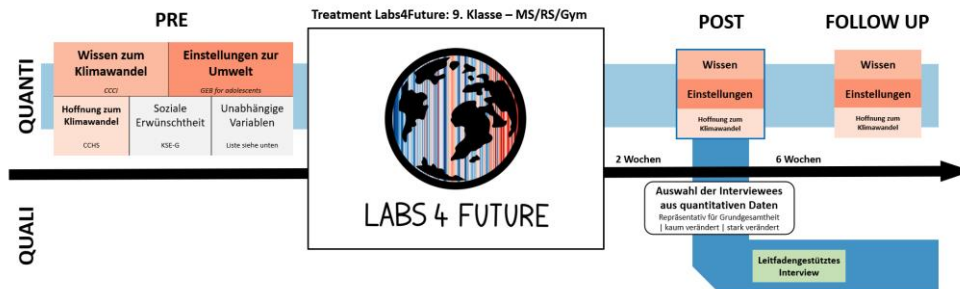


Abb. 2 Geplantes Forschungsdesign

Quantitativ werden Fragen nach dem Zusammenhang von Wissen und Umwelteinstellung, was im gewählten Testinstrument mit Items über selbstberichtetes Verhalten erhoben wird, untersucht: Wie hängt Wissen, erhoben mit einem auf Präkonzepten basierten Testinstrument (CCCI), mit der Umwelteinstellung zusammen? Welchen Effekt hat das Schülerlabor Labs4Future auf das Wissen, die Umwelteinstellung und die Hoffnung zum Klimawandel? Wie hängt eine Wissensveränderung mit der Änderung der Umwelteinstellung zusammen?

Die quantitative Forschung hat das Problem, dass nicht klar wird, durch welche Mechanismen, also konkreten Lerngelegenheiten aus dem Schülerlabor, die SuS sich verändert haben. Hinsichtlich einer angestrebten Fokussierung des Unterrichts auf gesellschaftliches und individuelles Handeln, sind aber besonders diese Mechanismen im Schülerlabor als kontrollierte Lernumgebung ein Anhaltspunkt, wie auch schulischer Unterricht sich diesem Ziel nähern kann. Weiterhin sollen neben der theoretischen Basis auch Argumente aus der Praxis für eine Kausalität zwischen den angenommenen quantitativen Veränderungen und der Intervention Labs4Future gesammelt werden.

Qualitativ werden daher in leitfadengestützten Interviews zehn SuS anhand ihrer individuellen Veränderung in den Pre-Post Tests zu Wissen, Einstellung und Hoffnung zum Klimawandel ausgewählt. Mittels leitfragengestützter Interviews, die insbesondere auch auf die quantitativ nicht erhobenen Konstrukte zwischen Problembewusstheit/Wissen und Handeln eingehen, sollen erfolgreiche Mechanismen der Lernumgebung herausgearbeitet werden. Die Forschungsfrage ist auf der methodischen Ebene formuliert: In welcher Weise lassen sich die Lernprozesse und handlungsauslösenden Mechanismen von Labs4Future durch einen mixed methods Ansatz evaluieren?

Bewerten SuS, die sich hinsichtlich ihrer quantitativen Testergebnisse (Pre-Post Vergleich von Wissen, Einstellung, Hoffnung) besonders stark verändert haben, das Schülerlabor Labs4Future anders als SuS, die eine durchschnittliche oder kaum Veränderung erfahren haben?

Angedacht ist eine Beforschungsrunde zum Ende des Schuljahres 22/23 mit Schüler:innen, die die 9. Klasse bereits durchlaufen haben und damit in diversen Fächern (Englisch, Physik,...) in beträchtlichem Umfang Unterricht zu dem Thema hatten. Zum Schuljahresbeginn 23/24 soll eine weitere Gruppe an Schüler:innen, zu Beginn der 9. Klasse, also ohne das in den Lehrplänen der 9. Klasse verankerte Vorwissen, beforscht werden.

Literatur

- Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 50(2), 179–211.
- Baierl, T.-M., Kaiser, F.G., & Bogner, F.X. (2022). The supportive role of environmental attitude for learning about environmental issues. *Journal of Environmental Psychology*, 81, 101799.
- Bamberg, S., & Möser, G. (2007). Twenty years after Hines, Hungerford, and Tomera: A new meta-analysis of psycho-social determinants of pro-environmental behaviour. *Journal of Environmental Psychology*, 27(1), 14–25.
- Frick, J., Kaiser, F.G., & Wilson, M. (2004). Environmental knowledge and conservation behavior: exploring prevalence and structure in a representative sample. *Personality and Individual Differences*, 37(8), 1597–1613.
- Greenberg, D.M., Warrier, V., Allison, C., & Baron-Cohen, S. (2018). Testing the Empathizing-Systemizing theory of sex differences and the Extreme Male Brain theory of autism in half a million people. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 115(48), 12152–12157.
- IPCC (2019). Global Warming of 1.5°C.: An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty.
- Kaiser, F.G., Oerke, B., & Bogner, F.X. (2007). Behavior-based environmental attitude: Development of an instrument for adolescents. *Journal of Environmental Psychology*, 27(3), 242–251.
- Kemper, C.J., Beierlein, C., Bensch, D., Kovaleva, A., & Rammstedt, B. (2012). Eine Kurzsкала zur Erfassung des Gamma-Faktors sozial erwünschten Antwortverhaltens: Die Kurzsкала Soziale Erwünschtheit-Gamma (KSE-G). *Gesis Working Papers*.
- Li, C., & Monroe, M.C. (2018). Development and Validation of the Climate Change Hope Scale for High School Students. *Environment and Behavior*, 50(4), 454–479.
- Moser, S.C., & Dilling, L. (2012). *Communicating Climate Change: Closing the Science-Action Gap*. Oxford University Press.
- Roczen, N., Kaiser, F., Bogner, F., & Wilson, M. (2013). *A competence model for environmental education*. Sachverständigenrat für Umweltfragen (2022). Wie viel CO₂ darf Deutschland maximal noch ausstoßen? Fragen und Antworten zum CO₂-Budget.
- Schubatzky, T., Wackermann, R., Wöhlke, C., Haagen-Schützenhöfer, C., Lindemann, H., Cardinal, K., et al. (2022). *CCCI: Version DPG 22*.
- Schwartz, S.H., & Howard, J.A. (1981). *A normative decision-making model of altruism*.
- Scientists for Future (2019). The concerns of the young protesters are justified: A statement by Scientist for Future concerning the protests for more climate protection.
- Tasquier, G., & Pongiglione, F. (2017). The influence of causal knowledge on the willingness to change attitude towards climate change: results from an empirical study. *International Journal of Science Education*, 39(13), 1846–1868.
- Wullenkord, M., Tröger, J., Hamann, K.R., Loy, L., & Reese, G. (2021). *Anxiety and Climate Change: A Validation of the Climate Anxiety Scale in a German-Speaking Quota Sample and an Investigation of Psychological Correlates*.

Björn Risch¹
 Isabel Zachert¹
 Alexander Engl¹
 Tobias Przywarra¹
 Dorina Strieth²

¹Universität Koblenz-Landau
²TU Kaiserslautern

Circular Economy Begreifen – Algen im Schülerlabor Erforschen (CEASEless)

Circular Economy – bisher ein weißer Fleck auf der Angebotskarte formaler und non-formaler Bildungsangebote, jedoch ein hochaktuelles Thema mit Lösungsansätzen für eine nachhaltige Welt. Im Projekt CEASEless (dt. ständig/unaufhörlich/endlos) lernen Schüler:innen der Jahrgangsstufe 10 im Schulunterricht sowie an einem außerschulischen Lernort über fünf Termine hinweg das Potenzial von Mikroalgen für eine Circular Economy (CE) kennen. Inhaltlich setzen sie sich experimentell-forschend und kritisch-analytisch mit Mikroalgen als alternative Rohstoffquellen zur Optimierung der Stickstoffbilanz in der Landwirtschaft auseinander.

Circular Economy – ein Thema mit Lösungsansätzen für eine nachhaltige Welt

Jahrelang stand der Begriff „Kreislaufwirtschaft“ vor allem für eine gut funktionierende Abfallwirtschaft. Mit Einführung des Aktionsplans „Den Kreislauf schließen“ durch die Europäische Kommission wurden jedoch neue Fragen zu Geltungsbereich und Zielen einer Kreislaufwirtschaft aufgeworfen und der Übergang in die „Circular Economy (CE)“ als Systemwandel der Wirtschaft initiiert (Eur-Lex, 2015). Der Aufbau einer nachhaltigen CE bedarf eines grundsätzlichen Paradigmenwechsels, weg vom klassischen Abfallmanagement hin zu einer naturverträglichen Gestaltung von Wirtschaftssystemen im Sinne der Prämissen: Reuse, Reduce, Recycle, Refuse, Repair und Rethink.

Überdüngung in der Landwirtschaft

Der Kerngedanke der CE folgt dem Prinzip der inbegriffenen Zirkularität von Ökosystemen, oder anders formuliert: die wirtschaftlichen Prozesse orientieren sich an den Stoffkreisläufen der Natur (Jaeger-Erben & Hofmann, 2019). Besonders im Bereich der „Biogeochemischen Kreisläufe“ (Phosphor- und Stickstoffkreislauf) sind die planetaren Belastbarkeitsgrenzen jedoch bereits deutlich überschritten worden (Rockström et al., 2009). Dazu trägt insbesondere die industrielle Landwirtschaft mit hohen Stickstoffeinträgen durch Überdüngung bei. Düngemittel werden verstärkt ausgebracht, um die Nährstoffverarmung der Böden auszugleichen und den maximalen Ernteertrag gewährleisten zu können. Durch Überdüngung werden unter anderem die Böden versauert sowie das Trinkwasser belastet. Zudem kann durch Abbauprozesse Lachgas entstehen – ein Treibhausgas, das rund 300-mal klimaschädlicher als Kohlenstoffdioxid ist.

Mikroalgen als Schlüsselfaktoren

Mikroalgen sind einer der zukünftigen Schlüsselfaktoren für die Abschwächung des Klimawandels, da sie phototroph aktive Mikroorganismen sind, die auf verschiedene Weise genutzt werden können (Kholssi et al., 2021). Im Bereich der Umweltbiotechnologie werden

Mikroalgen bei der Behandlung von agroindustriellen Abwässern und bei der Bekämpfung zahlreicher Schadstoffe wie Schwermetalle oder Pestizide eingesetzt. Forschungsergebnisse legen nahe, dass Mikroalgen auch eine entscheidende Rolle bei der erfolgreichen Wiederverwendung von landwirtschaftlichen Abfällen im industriellen Maßstab spielen könnten (Stiles et al., 2018). Sie passen hervorragend zu der Idee einer CE, da sie in der Lage sind, Nährstoffabfälle biologisch zu sanieren und als Quelle für Biomasse für verschiedene kommerzielle Anwendungen zu dienen (Fuentens-Grünewald et al., 2021). Studien im Labormaßstab zeigen bereits, dass Mikroalgen perspektivisch als natürliche und vor allem lebende Düngemittel eingesetzt werden könnten und dadurch der Einsatz künstlicher Düngemittel reduziert werden kann (Kollmen & Strieth, 2022).

Das Projekt CEASEless

Im Projekt CEASEless erarbeiten sich Schüler:innen der Jahrgangsstufe 10 im Rahmen von fünf Terminen das Thema „Circular Economy“ (T1-T5). Inhaltlich setzen sie sich mit der Fragestellung auseinander, wie bei limitierter agrarwirtschaftlicher Nutzfläche gleichzeitig die Grundversorgung der Weltbevölkerung gedeckt und der Eintrag von stickstoffbasierten Kunstdüngern minimiert werden könnte. Dabei stehen Mikroalgen als alternative Rohstoffquellen zur Optimierung der Stickstoffbilanz in der Landwirtschaft im Fokus (vgl. Abb. 1).

























| Termin & Ort | Thema | CE-Bezug | Methode | SDG-Bezug |
|--|---|--|---|--|
| (1) Schulunterricht <i>Begegnungsphase</i> | Der Stickstoffkreislauf als virtuelles Labor - Einführung in den Stickstoffkreislauf | |  |   |
| (2) Schülerlabor <i>Neugierphase</i> | CE als nachhaltiges Wirtschaftssystem - Mystery zu CE & Agrarwirtschaft - Kultivierung von Mikroalgen - VR-Reise „Photobioreaktor“ |  |  |   |
| (3) Schülerlabor <i>Erarbeitungsphase</i> | Agrarwirtschaft mit Mikroalgen - Modellexperimente zu den erarbeiteten „Red Flags“ |     |  |    |
| (4) Schülerlabor <i>Vernetzungsphase</i> | CE-Lösungsansätze bei ökologisch-sozialen Dilemmata - Podiumsdiskussion |  |  |   |
| (5) Schulunterricht <i>Vertiefungsphase</i> | Ökosystemleistungen des nachhaltigen Stickstoffkreislaufs - Erstellung „Concept Maps“ und Präsentation (Gallery Walk) |  |  |     |

Abb. 1: Übersicht über Termine, Inhalte und Methoden im Projekt CEASEless

Die konstruktive Auseinandersetzung mit komplexen gesellschaftlichen Herausforderungen erfordert von den Schüler:innen, neben einer den naturwissenschaftlichen Fächern inhärenten

analytisch-reduktionistischen Betrachtung, auch eine systemische Betrachtungsweise. Dafür müssen die dynamischen Zusammenhänge zwischen Systemelementen analysiert, modelliert und Prognosen für die Entwicklung des Systems abgeleitet werden (Dörner, 2011). Die Einheiten basieren auf den Vorgaben des rheinland-pfälzischen Lehrplans (Chemie, Sek I, Themenfeld 11 „Stoffe im Fokus von Umwelt und Klima“) und stellen darüber hinaus eine Vertiefung und Erweiterung zum schulischen Unterricht dar.

Zu Beginn werden die Lerneinheiten rund um die Besuche des Schülerlabors Freilandmobil im Dialog mit CE-Expert:innen entwickelt und mit Kooperationschulen pilotiert (*Entwicklung*). Im zweiten Schritt erfolgt die Erprobung der Lerneinheiten mit Schulklassen im Schülerlabor (*Erprobung*). Über die gesamte Projektlaufzeit werden kontinuierlich Forschungsdaten erhoben und ausgewertet, um CEASEless hinsichtlich seiner Wirkung auf „Circular Literacy“ und „Systemisches Denken“ zu überprüfen (*Evaluation*). Abschließend werden die Lerneinheiten sowie zugehörige Handreichungen über eine digitale Plattform als Open Educational Resources (OER) öffentlich zur Verfügung gestellt (*Dissemination*).

Der Schwerpunkt im Schülerlabor liegt in der Möglichkeit, neu entwickelte Modellexperimente mit Mikroalgen durchzuführen. Die Schülerexperimente orientieren sich an vier zu bearbeitenden Problemen (A-D) des Stickstoffkreislaufs und deuten auf Potenziale einer Agrarwirtschaft mit Mikroalgen hin:

- A) Durch Überdüngung entstehen gesundheitsschädliche Gase wie Ammoniak und Stickstoffoxide. Geplantes *Modellexperiment*: Mikroalgen wandeln Ammoniak und Stickstoffoxide in einem Photobioreaktor („Luftwaschanlage“) in Sauerstoff um.
- B) Durch Überdüngung gelangen Ammonium und Nitrat ins Grundwasser und belasten so unter anderem die Trinkwasservorräte. Geplantes *Modellexperiment*: Mikroalgen minimieren in Trinkwasseraufbereitungsanlagen Belastungen in Form von Ammonium und Nitrat.
- C) Durch Überdüngung wird Nitrat im Boden zu Lachgas abgebaut, das 300-fach klimaschädlicher ist als Kohlenstoffdioxid. Geplantes *Modellexperiment*: Mikroalgen ersetzen Kunst- und Wirtschaftsdünger. Durch sie lässt sich bioverfügbarer Stickstoff ausbringen und eine Umwandlung zu Lachgas bleibt aus.
- D) Überdüngung schädigt das Mikrobiom des Bodens nachhaltig. Geplantes *Modellexperiment*: Durch Einbringen lebender Mikroalgen regeneriert sich das Mikrobiom. Die Algen stabilisieren die Bodenaggregate und sorgen für bessere Wachstumsbedingungen.

Forschungsinteresse

Im naturwissenschaftlichen Unterricht sollten mit Bezug zum CE-Konzept zwei Kompetenzen gefördert und beforscht werden: (1) Circular Literacy – die Fähigkeit natürliche Kreisläufe und Stoffströme zu verstehen und zu respektieren (Zwiers, Jaeger-Erben & Hofmann, 2020) sowie (2) Systemisches Denken – das Vermögen, Komplexität zu durchdringen und damit umzugehen (Bräutigam, 2014). Zur Beantwortung der Forschungsfragen werden die Teilnehmenden zu (1) im Unterricht (T5) Concept Maps mit dem Fokus auf Ökosystemleistungen im Kontext Agrarwirtschaft mit Mikroalgen erstellen. Zu (2) wird mittels Fragebögen die Systemkompetenz der Teilnehmenden erhoben (Prä-Post-Design). Die

Konstruktion der Items erfolgt in Anlehnung an Roczen et al. (2021). Das Projekt wird bis 2025 von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) gefördert.

Literatur

- Bräutigam, J. (2014). *Systemisches Denken im Kontext einer Bildung für nachhaltige Entwicklung. Konstruktion und Validierung eines Messinstruments zur Evaluation einer Unterrichtseinheit* (Doctoral dissertation, Pädagogische Hochschule Freiburg).
- Dörner, D. (2011). *Die Logik des Mißlingens. Strategisches Denken in komplexen Situationen*. Rowohlt Verlag.
- Eur-Lex (2015). Den Kreislauf schließen – Ein Aktionsplan der EU für die Kreislaufwirtschaft. <https://eurlex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX%3A52015DC0614> (26.09.2022)
- Fuentes-Grünewald, C., Gayo-Peláez, J. I., Ndovela, V., Wood, E., Kapoore, R. V., & Llewellyn, C. A. (2021). Towards a circular economy: A novel microalgal two-step growth approach to treat excess nutrients from digestate and to produce biomass for animal feed. *Bioresource Technology*, 320, 124349.
- Jaeger-Erben, M., & Hofmann, F. (2019). Kreislaufwirtschaft – Ein Ausweg aus der sozial-ökologischen Krise? Schriftenreihe Nachhaltigkeit. Wiesbaden: Hessische Landeszentrale für politische Bildung.
- Kholssi, R., Ramos, P. V., Marks, E. A., Montero, O., & Rad, C. (2021). Biotechnological uses of microalgae: a review on the state of the art and challenges for the circular economy. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 36, 102114.
- Kollmen, J., & Strieth, D. (2022). The Beneficial Effects of Cyanobacterial Co-Culture on Plant Growth. *Life*, 12(2), 223.
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin III, F. S., Lambin, E., ... & Foley, J. (2009). Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. *Ecology and society*, 14(2).
- Roczen, N., Fischer, F., Fögele, J., Hartig, J., & Mehren, R. (2021). Measuring system competence in education for sustainable development. *Sustainability*, 13(9), 4932.
- Stiles, W. A., Styles, D., Chapman, S. P., Esteves, S., Bywater, A., Melville, L., ... & Llewellyn, C. A. (2018). Using microalgae in the circular economy to valorise anaerobic digestate: challenges and opportunities. *Bioresource technology*, 267, 732-742.
- Zwiers, J., Jaeger-Erben, M., & Hofmann, F. (2020). Circular literacy. A knowledge-based approach to the circular economy. *Culture and Organization*, 26(2), 121-141.

Philipp Spitzer¹¹Universität Graz

Carbonfootbricks – nachhaltige Konsumentenscheidungen mit Hilfe von Bausteinen treffen

Die Nachhaltigkeit eines Produkts kann mit Hilfe einer Ökobilanz bestimmt werden (Frischknecht, 2020). Der momentan häufig verwendete und kommunizierte Carbon Footprint berücksichtigt dabei weniger Elemente als die Ökobilanz und fokussiert sich auf die gesamten CO₂- und Treibhausgasemissionen (Wühle, 2020). Der Product-Carbon-Footprint gibt die CO₂-Äquivalente an, die durch ein Produkt über dessen gesamte Lebenszeit (Produktion bis Entsorgung) verursacht werden. Andere Treibhausgase oder chemische Verbindungen werden mit Hilfe des Global Warming Potentials (GWP) in CO₂-Äquivalente umgerechnet.

Im naturwissenschaftlichen Unterricht wurden Berechnungen zur Nachhaltigkeit eines Produkts bisher eher wenig aufgegriffen. Im Kontext des Physikunterrichts wurde die Thematik anhand der Energiebetrachtungen von Getränkeflaschen aufgezeigt (Hull et al., 2020). Für den Chemieunterricht liefert Horn (2002) einen Ansatz um Ökobilanzierungen zu behandeln. In beiden Ansätzen sind die Berechnungen jedoch eher komplex und die Ergebnisse müssen von den Schüler:innen noch in einen Gesamtkontext eingeordnet werden. Ziel des Projekts Carbonfootbricks ist daher eine Diskussion von Carbon Footprints ausgewählter Produkte ohne die Notwendigkeit komplizierter Berechnungen (Guggi & Spitzer, 2021).

Darstellung der CO₂-Emissionen in Österreich und Deutschland

Damit der Carbon-Footprint für Schüler:innen anschaulicher wird, wird der Product-Carbon-Footprint auf die durchschnittlichen CO₂-Emissionen einer Person pro Tag bezogen. Die durchschnittlichen CO₂-Emissionen in Österreich pro Kopf betragen, wie in Abbildung 1 dargestellt, pro Jahr 7 Tonnen (Andrew et al., 2021; Climate Watch 2020).

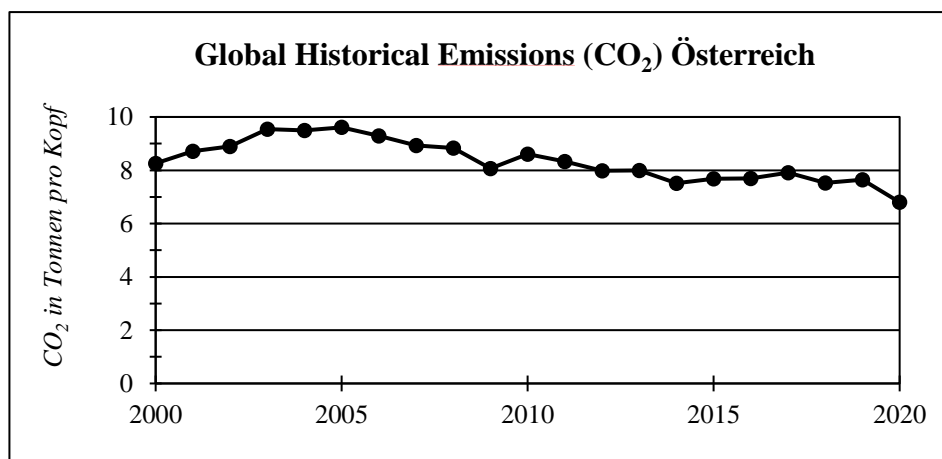


Abb. 1: Global Historical Emissions (CO₂) Österreich (Climate Watch, 2020)

Damit ergeben sich durchschnittliche tägliche CO₂-Emissionen von rund 18 kg pro Kopf. Ein ähnlicher Wert kann für Deutschland angenommen werden. Diese täglichen Emissionen oder der tägliche Carbon-Footprint werden im Projekt durch die „große Bauplatte“ von Lego® dargestellt. Bei 48x48 Erhebungen entspricht eine Erhebung bzw. ein Baustein 8 g CO₂-Äquivalenten. Die Bauplatte und damit die CO₂-Emissionen können in drei Bereiche unterteilt werden: jeweils ein Viertel der Platte nehmen die Bereiche *Transport* und *Wohnen* ein, die verbleibende Hälfte repräsentiert den Bereich *Konsum*. Da Schülerinnen und Schüler wenig Einfluss auf die Bereiche *Wohnen* und *Transport* haben, fokussiert das Projekt lediglich auf den Bereich *Konsum*. Dieser stellt mit der Hälfte den größten Teil des täglichen Carbon-Footprints und somit der Bauplatte dar. Alternativ kann nur der Bereich Konsum auch durch die günstigere normale Bauplatte dargestellt werden. Hier müssen jedoch dann vier Reihen mit Erhebungen abgezogen werden.

Darstellung des Lebenszyklus und des Product-Carbon-Footprints im Projekt

Der Lebenszyklus eines Produkts wird im Projekt in die drei Bereiche *Rohstoffe*, *Produktion* und *Distribution* unterteilt. Die im Product-Carbon-Footprint ebenfalls dargestellte Entsorgung wird nur bei einzelnen Produkten berücksichtigt.

Der Bereich *Produktion* setzt sich aus der Herstellung, Befüllung/Verarbeitung sowie Verpackung zusammen. Product-Cards zeigen einen vereinfachten Lebenszyklus eines Produktes. Jedem Schritt ist dabei eine Darstellung der verbrauchten CO₂-Äquivalente mit Bausteinen zugeordnet (siehe Abbildung 2).

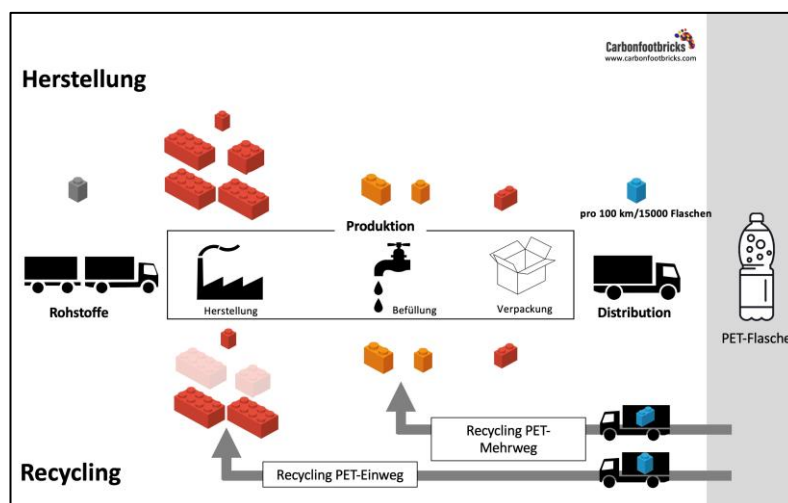


Abb. 2: Beispiel einer Product-Card zur Herstellung und Recycling einer PET-Flasche

Wenn ein Recycling des Produktes möglich ist (wie zum Beispiel bei Getränkeverpackungen), wird auch der Recyclingprozess auf der unteren Hälfte der Product-Card dargestellt.

Die Arbeit mit dem Modell

Für die Diskussion der Nachhaltigkeit verschiedener Produkte bauen die Schüler:innen den jeweiligen Fußabdruck mit Bausteinen auf der Bauplatte nach. Abbildung 3 zeigt die

Bausteine, die Herstellung und Wiederverwendung bzw. Recycling verschiedener Getränkeverpackungen benötigen.

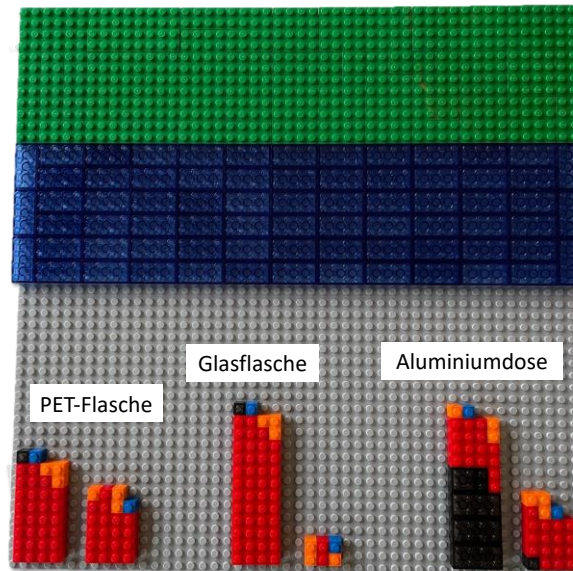


Abb. 3: Dargestellt ist eine Lego Bauplatte mit den Bausteinen für die PET Flasche, die Glasflasche und die Aluminium Dose. Jeweils auf der linken Seite befindet sich die Darstellung der Herstellung der Einweg-Variante, auf der rechten Seite ist die Herstellung der recycelten Variante (PET-Flasche und Aluminiumdose) oder die Wiederverwendung (Glasflasche) dargestellt.

Die Schüler:innen können nun zum einen den Product-Carbon-Footprint ins Verhältnis zu ihrem täglichen CO₂-Fußabdruck setzen. Zugleich können Sie auch die CO₂-Äquivalente der verschiedenen Getränkebehälter untereinander vergleichen. So benötigen Aluminiumdose und Glasflasche die meisten CO₂-Äquivalente bei der Herstellung. Bei der Wiederverwendung der Glasflasche im Mehrwegsystem reduziert sich der Carbon-Footprint jedoch deutlich. Mit den Bausteinen kann ebenfalls nachgestellt werden, wann Mehrweg-Glasflaschen den besten Carbon-Footprint haben.

Weitere Produkte und Ausblick

Auf Basis der Annahmen des Modells wurden weitere Produkte und Alltagssituationen erschlossen (z.B. Onlineshopping im Vergleich zum Einkauf im stationären Handel oder die Wahl der Tragetasche). Zukünftig sollen weitere solcher Entscheidungssituationen für das Projekt erarbeitet und für Schüler:innen aufbereitet werden. Zudem erfolgen der Einsatz und die Erprobung des Modells in Schulen.

Literatur:

- Andrew, Robbie M., & Peters, Glen P. (2021). The Global Carbon Project's fossil CO₂ emissions dataset (Version 2021v34) [Data set]. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.5569234>
- Climate Watch. (2020). CO₂ emissions (metric tons per capita)—Austria. World Resources Institute. <https://www.climatewatchdata.org/ghg-emissions> (Zuletzt abgerufen am 20.10.2022).
- Frischknecht, R. (2020). Lehrbuch der Ökobilanzierung. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-54763-2>.
- Guggi, J., & Spitzer, P. (2021). Nachhaltigkeit berechnen—Die CO₂-Bilanz von PET- und Glasflaschen im einfachen Modell mit Lego(R)-Steinen ermitteln und vergleichen. Plus Lucis, 3/2021, 30–32.
- Horn, S. (2002). Ökobilanzen im Chemieunterricht—Darstellung eines experimentellen und computerunterstützten Zuganges. Johann Wolfgang-Goethe-Universität.
- Hull, M. M., Spitzer, P., & Hopf, M. (2020). Facts about Plastics and the Environment that Every Physics Teacher Should Know. The Physics Teacher, 58(2), 86–88. <https://doi.org/10.1119/1.5144784>.
- Wühle, M. (2020). Ökobilanz und CO₂-Fußabdruck. In M. Wühle (Hrsg.), Nachhaltigkeit – einfach praktisch!: Oh je, Herr Carlowitz (S. 145–151). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-61444-0_8

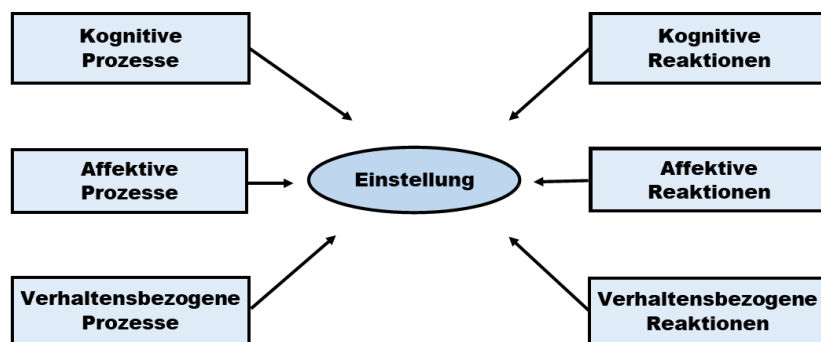
Einstellungen, Beliefs und Vorstellungen von Lernenden zum Klimawandel

Das Projekt „Social Media and Climate Change“ (SoMeCliCS) an der Leibniz Universität Hannover beschäftigt sich mit der Nutzung von Social Media mit thematischem Bezug zum Thema Klimawandel. In vier Teilprojekten (Usage, Literacies, Intervention, Digital Methods) werden unterschiedliche Aspekte zu Social Media und dem Klimawandel aufgegriffen und untersucht. Im Rahmen einer Masterarbeit wurde zu dem Teilprojekt Intervention ein Messinstrument konstruiert. Darauf aufbauend sollen eine Interventions- und Trainingsstudie umgesetzt werden. Dabei dient das entwickelte Messinstrument als Pre- und Posttest.

Messinstrument

Bei dem entwickelten Messinstrument handelt es sich um einen Fragebogen, der die Konstrukte Einstellungen, Beliefs, Schülervorstellungen sowie das Nutzungsverhalten von Social Media misst. Insgesamt umfasst der Fragebogen 31 Items. Ziel des Fragebogens war es, alle vier Konstrukte in einer Testzeit von etwa 20 Minuten zu testen.

Die Items zu den Einstellungen beruhen auf dem „Drei-Komponenten-Modell“ nach Rosenberg und Hovland gemessen (vgl. Abb. 1). Auf der linken Seite des Modells sind die Prozesse dargestellt, welche für eine gewisse Einstellung sorgen. Die rechte Seite stellt die Reaktionen oder Handlungen dar, bei denen sich die Einstellung äußert. Beide Seiten sind in je drei Komponenten eingeteilt: kognitiv, affektiv und verhaltensbezogen. (vgl. Bohner, 2002, S. 267) Die kognitive Komponente repräsentiert das Wissen über Objekte oder Mitmenschen sowie Meinungen und Überzeugungen (vgl. Garms- Homolova, 2020, S. 9).



*Abb.1: Drei-Komponenten Modell der Einstellung nach Rosenberg und Hovland 1960
(zit. n. Bohner, 2002, S. 268)*

Gefühle oder auch das Problembewusstsein finden sich in der affektiven Komponente wieder. Dabei wird das Einstellungsobjekt durch bestimmte Prozesse mit einem Gefühl verknüpft. (vgl. Fischer et al., 2018, S.96) Die verhaltensbezogene Komponente werden über die

Verhaltensweisen, welche ausgeführt wurden oder noch werden, gegenüber dem Einstellungsobjekt dargestellt (vgl. Haddock & Maio, 2014, S.203).

Für beliefs gilt keine allgemeingültige Definition (Zhang et al., 2016, S.11). Sie gelten als ein Bestandteil von Wissen. Wissen setzt sich aus objektivem (wissenschaftlichem) und subjektivem (individuellem, persönlichem) Wissen zusammen (Furinghetti und Pehkonen, 2002, S. 54). Zu den beliefs gehört das subjektive Wissen, wodurch nicht zwangsläufig eine allgemeingültige Richtigkeit des Wissens vorliegt (Pehkonen & Pietilä, 2003, S. 3).

Es werden im Multiple-Choice Format verschiedene Schülervorstellungen zum Klimawandel erhoben. Mögliche Schülervorstellungen in Bezug zum Klimawandel sind beispielsweise die Ozonlochvorstellung oder die Schichtvorstellung. Schecker und Duit (2018a, S.9f.) beschreiben Schülervorstellungen als „Als-ob-Vorstellung“. Die Lernenden handeln und sprechen mit einer bestimmten Schülervorstellung in ihren Gedanken. Das CCCI (Climate Change Concept Inventory) von Schubatzky et. al. (2022) untersucht ebenfalls Schülervorstellungen und enthält weitere Multiple-Choice Fragen zu diesem Bereich.

Ergebnisse

Der Fragebogen wurde in acht Gymnasien und zwei integrierten Gesamtschulen mit insgesamt 161 Lernenden in den Klassenstufen neun und zehn durchgeführt

Es zeigte sich, dass mit 41% die Schichtvorstellung und 31,7% die Ozonlochvorstellung unter den Lernenden verbreitet ist. Ähnliche Ergebnisse finden sich in dem CCCI von Schubatzky et. al. (2022).

Mithilfe des Konstrukts der Einstellungen konnte herausgestellt werden, inwiefern die Lernenden eine konsistente positive oder ambivalente Einstellung (kein bzw. ein nachweislicher Widerspruch in den drei Komponenten des Modells) gegenüber dem Klimawandel aufweisen (vgl. Fischer et al., 2018, S. 101f.). Von den 161 Lernenden weisen 39,13% eine konsistente positive und 59,01% eine ambivalente Einstellung auf. Das bedeutet, dass bei über der Hälfte der Lernenden das Handeln, die Gefühle und das Wissen nicht im Einklang miteinander stehen.

Ausblick

Der weiterentwickelte Fragebogen wird ab November 2022 in einer Interventionsstudie eingesetzt. Die Messkonstrukte Einstellungen und Schülervorstellungen werden im Pre- und Posttest untersucht. Auf das Konstrukt beliefs wurde verzichtet. Die Intervention besteht aus drei bis vier Doppelstunden. Umgesetzt wird die Studie ebenfalls in den Klassen neun und zehn an Gymnasien in Niedersachsen. In drei verschiedenen Unterrichtskonzepten wird die Entwicklung des Lernerfolgs gemessen. Ein weiterer Aspekt der Intervention wird der Umgang mit sozialen Medien und die Recherche im Internet sein. Hierzu erhalten die Lernenden ein Training zur Vertrauenswürdigkeit von Medien, angelehnt an Arbeiten der Gruppe Höttecke (Universität Hamburg) (vgl. Höttecke, 2021, S.50-55).

Literatur

- Bohner, G. (2002). Einstellungen. In *Sozialpsychologie* (S. 265–315). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Furinghetti, F., & Pehkonen, E. (2002). Rethinking Characterizations of Beliefs. In *Beliefs: A Hidden Variable in Mathematics Education?* (S. 39–57). Springer, Dordrecht.
- Fischler, H., & Schecker, H. (2018). Schülervorstellungen zu Teilchen und Wärme. In H. Schecker, T. Wilhelm, M. Hopf & R. Duit (Hrsg.), *Schülervorstellungen und Physikunterricht* (S. 139–161). Springer Berlin Heidelberg.
- Garms-Homolová, V. (2020). *Sozialpsychologie der Einstellungen und Urteilsbildung*. Springer Berlin Heidelberg.
- Haddock, G., & Maio, G. R. (2014). Einstellungen. In K. Jonas, W. Stroebe & M. Hewstone (Hrsg.), *Sozialpsychologie* (S. 197–229). Springer Berlin Heidelberg.
- Höttecke, D. (2021). Klimawandel in Medien. Drei Antworten, wie man Schülerinnen und Schüler auf Darstellungen des Klimawandels in den Medien vorbereiten kann. In *Naturwissenschaften im Unterricht Physik 32* (183|184), S.50-55. Friedrich Verlag.
- Pehkonen, E., & Pietilä, A. (2003). On relationships between beliefs and knowledge in mathematics education.
- Schecker, H., & Duit, R. (2018a). Schülervorstellungen und Physiklernen. In H. Schecker, T. Wilhelm, M. Hopf & R. Duit (Hrsg.), *Schülervorstellungen und Physikunterricht* (S. 1–21). Springer Berlin Heidelberg.
- Schubatzky, T., Haagen-Schützenhöfer, C., Wackermann, R., Wölke, C., Lindemann, H., Cardinal, K., & Jedamski, M. (2022). Climate Change Concept Inventory-422 (CCCI-422).
- Zhang, Q., Lutovac, S., Morselli, F., Goldin, G. A., Middleton, J. A., Pantziara, M., Hannula, M. S., & Di Martino, P. (Hrsg.). (2016). *Attitudes, Beliefs, Motivation and Identity in Mathematics Education: An Overview of the Field and Future Directions*. Springer.

Novid Ghassemi¹
Volkhard Nordmeier¹

¹Freie Universität Berlin

Ein Lehr-Lern-Labor-Konzept zum Themenschwerpunkt ‚Klimawandel‘

Das Lehrkonzept ‚Lehr-Lern-Labor‘

Lehr-Lern-Labor-Seminare (LLLS) sind inzwischen Bestandteil der universitären Lehrkräftebildung für unterschiedliche Fächer und Standorte. Sie werden für verschiedene Klassenstufen und Themenfelder angeboten. Empirische Erkenntnisse deuten auf einen positiven Beitrag zur Professionalisierung angehender Lehrkräfte hin (Priemer & Roth, 2020; Dohrmann, 2019; Rehfeldt, Klempin, Brämer, Seibert, Rogge, Lücke, Sambanis, Nordmeier & Köster, 2020). Neben der Forschung zur Wirkung von Lehr-Lern-Laboren ist auch die theoriegeleitete Implementierung qualitätsvoller (professionalisierender) LLLS Gegenstand wissenschaftlicher Arbeiten. Die Erarbeitung eines theoretisch fundierten Orientierungsrahmens und das Erschließen weiterer Kontexte und Fächer im Sinne einer Erhöhung begleitet-reflexiver Praxisanteile im Lehramtsstudium gelten als Desiderate (Rehfeldt, Seibert, Klempin, Lücke, Sambanis & Nordmeier, 2018).

Der Klimawandel als Thema im Physikunterricht

Der Klimawandel ist nicht allein Kontext zur Verhandlung fachphysikalischer und fachübergreifender Inhalte, sondern umgekehrt bietet der naturwissenschaftliche Zugang Schüler*innen Möglichkeiten für den verstehensbasierten, mündigen und konstruktiven Umgang mit dieser zentralen Herausforderung der Gegenwart. In diesem Kontext sollte der Physikunterricht sechs Themenbereiche aufgreifen (Schubatzky, Wackermann, Wöhlke & Haagen-Schützenhöfer, 2021):

- „Unsere Atmosphäre
- Der Unterschied zwischen Wetter und Klima
- Das Klima als System
- Der Treibhauseffekt
- Der Kohlenstoffkreislauf
- Das Wesen der Klimawissenschaften“

Scorza, Lesch, Strähle & Boneberg (2020) nennen außerdem die fächerverbindenden Themen ‚Auswirkungen des Klimawandels‘ und ‚Handlungsmöglichkeiten‘. Die Anknüpfungsmöglichkeiten für alle Kompetenzbereiche sind dabei vielfältig (ebd.).

Das Prozessmodell des LLLS

Als theoretische Grundlage für die Seminarstruktur und die Strukturierung der einzelnen LLLS-Bestandteile dient ein Prozessmodell von Nordmeier, Kämpnick, Komoreck, Leuchner, Neumann & Priemer (2014), erweitert um Facetten der Reflexion nach Schoen (1983, 1987) und zentrale Leitfragen für alle Phasen (Abb. 1). Zentrale Bestandteile des LLLS sind dabei das theoriebasierte Planen, Erproben, Reflektieren und Anpassen von Lernumgebungen (vergleiche Rehfeldt et al., 2018).

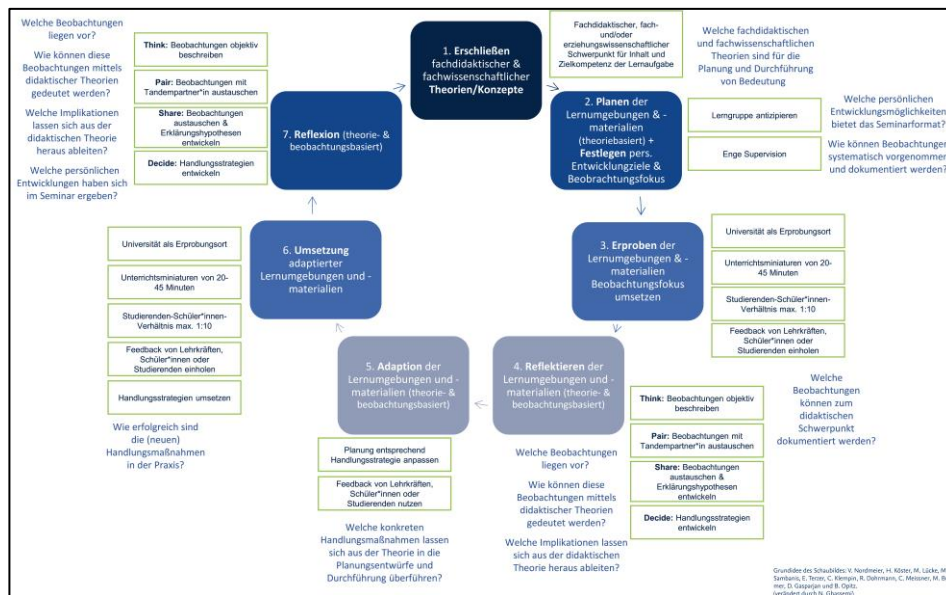


Abb. 1: Prozessmodell des Lehr-Lern-Labor-Seminars „Klimawandel“ (Nordmeier, Köster, Lücke, Sambanis, Terzer, Klempin, Dohrmann, Meissner, Brämer, Gasparjan & Opitz (unv.) - verändert durch Ghassemi)

Ausgestaltung des LLLS

Das Seminar konnte im Sommersemester 2022 – nach den ‚digitalen‘ Durchläufen in den Jahren 2020 und 2021 – wieder in Präsenz im Master of Education für Studierende des Lehramts im Fach Physik angeboten werden. Die inhaltlichen Schwerpunkte konnten die Teilnehmer*innen, unter Beratung der Seminarleitung, frei wählen. Dabei ergaben sich drei Themen:

- 1. Gruppe: Treibhauseffekt und Wärmestrahlung
- 2. Gruppe: Eisschmelze und Meeresspiegelanstieg
- 3. Gruppe: Erneuerbare Energien, Strom- und Spannungserzeugung

Als Zielgruppe für die Lernumgebungen wurden die Klassenstufen 8 und 9 gewählt. Als didaktische Schwerpunkte wurden die Themen Schülervorstellungen und Experimente von der Seminarleitung vorgeschlagen. Die Beobachtungsschwerpunkte wählten die Teilnehmer*innen selbst: Der Fokus lag auf der Erklärkompetenz und dem Umgang mit Schüler*innenäußerungen. Zudem wurden die Teilnehmer*innen angehalten, persönliche Entwicklungsziele (persönlich, praktisch, fachlich und/oder sozial) zu wählen.

Begleitforschung: Fachwissen zum Klimawandel

Der Fokus der Begleitforschung zu diesem LLLS lag auf der Ausprägung und Entwicklung des *Fachwissens über den Klimawandel* auf Seiten der Studierenden. Die Forschungsfrage lautete: **F1:** Wie verändert sich das *Fachwissen über den Klimawandel* der Studierenden im Zuge der Teilnahme an dem LLLS?

Als Methode wurde eine Pre-Post Erhebung (Beginn der ersten Seminarsitzung und Ende der letzten Seminarsitzung) des Wissens über den Klimawandel mittels des Klimawandel-

Konzepttests von Schubatzky, Wackermann, Haagen-Schützenhöfer, Wöhlke, Lindemann, Cardinal & Jedamski (2022) gewählt; dieser basiert auf dem Climate Change Concept Inventory von Jarrett & Takacs (2020). Auf diese Weise konnten Pre-Post-Datenpaare von acht Studierenden gewonnen werden. Die inferenzstatistische Auswertung der erhobenen Daten deutet auf einen großen Zuwachs ($d = .91$; $p < .001$; einseitiger gepaarter t-Test) des *Fachwissens über den Klimawandel* bei den Studierenden hin (Abb. 2).

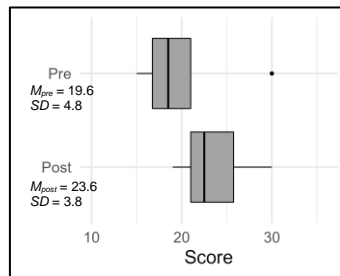


Abb. 2: Entwicklung des Wissens über den Klimawandel der Seminarteilnehmer*innen im Pre-Post-Vergleich.

Das Instrument von Schubatzky et al. (2022) erfragt außerdem die Meinung zur Existenz und zu den Ursachen des Klimawandels. Zwei Besonderheiten seien hier kurz dargestellt:

- Ein*e Teilnehmer*in war sich vor Beginn des Seminars nicht sicher, ob aktuell ein Klimawandel stattfindet und nahm an, dass der Klimawandel ‚gleichermaßen durch menschliche Aktivitäten und natürliche Veränderungen der Umwelt verursacht‘ wird.
- Am Ende des Semesters waren alle Seminarteilnehmer*innen der Meinung, dass aktuell ein Klimawandel stattfindet, jedoch waren zwei Studierende der Ansicht, dass dieser nicht hauptsächlich durch menschliche Aktivitäten verursacht wird, sondern gleichermaßen menschlichen und natürlichen Ursprungs ist.

Während der große Wissenszuwachs auf einen positiven Beitrag des Seminars auf die Professionalität der Teilnehmer*innen hindeutet, ist die am Ende des Seminars bei zwei von acht Teilnehmer*innen nicht mit dem wissenschaftlichen Konsens übereinstimmende Meinung zu den Ursachen des Klimawandel kritisch zu hinterfragen. Die Evaluationsergebnisse basieren auf einer kleinen Fallzahl und sollten durch weitere Untersuchungen geprüft werden.

Fazit und Ausblick

Im Zuge der Seminarteilnahme kommt es bei den Studierenden zu einem großen Zuwachs des Fachwissens über den Klimawandel. Allerdings scheint es nicht selbstverständlich, dass Studierende des Lehramts Physik den wissenschaftlichen Konsens hinsichtlich der Existenz und Ursachen des Klimawandels teilen. Das Seminar wird im Sommersemester 2023 wieder angeboten. Für die Erarbeitungsphase sind – auch als Antwort auf die Ergebnisse der Begleitforschung – Aufgaben zum kritischen Denken in Bezug zum Klimawandel (vergleiche Micoloi & Ivanjek, 2023 in diesem Band) sowie die Thematisierung von Klimamythen (Schubatzky & Wackermann, 2021) geplant. Bezüglich der Praxisphasen wird eine engere Absprache mit Lehrkräften zur Vor- und Nachbereitung und Anpassung der Lernumgebungen an die Lerngruppe angestrebt.

Förderung

Das diesem Artikel zugrundeliegende Vorhaben wird im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01JA1802 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autor*innen.

Literatur

- Dohrmann, R. (2019). Professionsbezogene Wirkungen einer Lehr-Lern-Labor-Veranstaltung. Eine multimethodische Studie zu den professionsbezogenen Wirkungen einer Lehr-Lern-Labor-Blockveranstaltung auf Studierende der Bachelorstudiengänge Lehramt Physik und Grundschulpädagogik (Sachunterricht): Logos Verlag Berlin.
- Jarrett, L. & Takacs, G. (2020). Secondary students' ideas about scientific concepts underlying climate change. *Environmental Education Research*, 26(3), 400–420.
- Micoloi, M. & Ivanjek, L. (2023). Kritisches Denken in Bezug zum Klimawandel. In van Vorst, H. (Hrsg.), *Lernen, lehren und forschen in einer digital geprägten Welt. Tagungsband zur Jahrestagung 2022 der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDChP)*.
- Nordmeier, V., Käpnick, F., Komoreck, M., Leuchtner, M., Neumann, K. & Priemer, B. (2014). Schülerlabore als Lehr-Lern-Labore: Forschungsorientierte Verknüpfung von Theorie und Praxis in der MINT-Lehrerbildung. Unveröffentlichter Projektantrag.
- Priemer, B. & Roth, J. (Hrsg.) (2020). *Lehr-Lern-Labore*. Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum Berlin, Heidelberg.
- Rehfeldt, D., Klempin, C., Brämer, M., Seibert, D., Rogge, I., Lücke, M., Sambanis, M., Nordmeier, V. & Köster, H. (2020). Empirische Forschung in Lehr- Lern-Labor-Seminaren – Ein Systematic Review zu Wirkungen des Lehrformats. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 34(3-4), 149–169.
- Rehfeldt, D., Seibert, D., Klempin, C., Lücke, M., Sambanis, M. & Nordmeier, V. (2018). Mythos Praxis um jeden Preis? Die Wurzeln und Modellierung des Lehr--Lern--Labors. *die hochschullehre*, 4, 90–114.
- Schubatzky, T. & Wackermann, R. (2021). Die zehn häufigsten Klimamythen und wie man ihnen in der Schule begegnen kann. *Plus Lucis*(3), 17–19.
- Schubatzky, T., Wackermann, R., Haagen-Schützenhöfer, C., Wöhlke, C., Lindemann, H., Cardinal, K. & Jedamski, M. (2022). Climate Change Concept Inventory-422. entwickelt in einem Kooperationsprojekt der Ruhr-Universität Bochum und der Universität Graz.
- Schubatzky, T., Wackermann, R., Wöhlke, C. & Haagen-Schützenhöfer, C. (2021). Das Thema Klimawandel im Physikunterricht. *Zentrale fachliche Inhalte, Konzepte und Vorstellungen*. *Plus Lucis*(3), 4–8.
- Scorza, C., Lesch, H., Strähle, M. & Boneberg, D. (2020). Die Physik des Klimawandels: Verstehen und Handeln. In Kircher, E., Girwidz, R. & Fischer, H.E. (Hrsg.), *Physikdidaktik | Methoden und Inhalte* (S. 395–430). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Yannick Legscha¹
Markus Precht¹

¹Technische Universität Darmstadt

Wie lässt sich ein nachhaltiger Umgang mit Rohstoffen vermitteln? Vorstellung der didaktisch-empirischen Begleitforschung zu *Iron, upgraded!*

Windturbinen, Solarzellen, Akkus für Elektroautos und Technologien für die Digitalisierung. Sie ermöglichen den Übergang hin zu einer postfossilen Gesellschaft mit nachhaltiger Energieversorgung. Jedoch benötigen diese Technologien anorganische Rohstoffe. Die Verfügbarkeit dieser Rohstoffe spielt eine entscheidende Rolle für die praktische Realisierung der nachhaltigen Energieerzeugung. Folglich kann die Energiewende als eine Materialwende von fossilen Brennstoffen hin zu mineralischen Rohstoffen aufgefasst werden.

Durch die Energiewende und andere Zukunftstechnologien kommt es zu einer erheblichen Nachfrage nach Metallen, von denen die meisten in Europa entweder nicht vorkommen oder nicht abgebaut werden (Lepesant, 2021). Daher ist die EU in hohem Maße importabhängig, teils von unsicheren Erzeugerländern (EU COM, 2020). Mitunter erscheinen die Abbaubedingungen von Rohstoffen unter ökologischen und sozialen Gesichtspunkten fragwürdig (Graedel et al., 2012). Aus Sorge um ein erhöhtes Risiko der Versorgungsunterbrechung, hat das Thema der Kritikalität an Aufmerksamkeit gewonnen. Als Konsequenz wird ein nachhaltiger Umgang mit anorganischen Rohstoffen gefordert (Bach et al., 2016). Strategien zur Bewältigung des Problems zielen auf die Maximierung der gesamten Rohstoffeffizienz ab (Cimprich et al., 2022). Diese werden unter dem Konzept der Kreislaufwirtschaft zusammengefasst (Gaustad et al., 2018). Eine ergänzende Strategie ist die Materialsubstitution, die der Sonderforschungsbereich (SFB) *Iron, upgraded!* fokussiert. Der SFB soll grundlegende Erkenntnisse zur Funktionalisierung von Eisenverbindungen liefern, mit dem Ziel, Eisen als vielseitiges Substitut zu nutzen.

Fragestellung

Im SFB-Teilprojekt *Public Relations* stellen wir uns die Frage, wie ein nachhaltiger Umgang mit anorganischen Rohstoffen öffentlichkeitswirksam und erfolgreich vermittelt werden kann. Das Hauptziel ist, das Themenfeld und neueste wissenschaftliche Erkenntnisse didaktisch zu transformieren. Ein strukturiertes Vermittlungskonzept wird entwickelt, das Lernenden die Partizipation rund um das Socioscientific Issue ermöglicht. Die fachlichen Grundlagen des Problemfeldes werden im Sinne einer Bildung für nachhaltige Entwicklung aufgearbeitet.

Methodisches Vorgehen

Für unser methodisches Vorgehen orientieren wir uns am Konzept der Didaktischen Rekonstruktion (Kattmann et al., 1997). In der ersten Projektphase befassen wir uns zunächst mit der Sachstruktur des nachhaltigen Umgangs mit Rohstoffen. Im qualitativen Forschungsdesign wird so das Themengebiet theoriegeleitet erschlossen. Für die fachliche Klärung wurden zur Pilotierung leitfadengestützte Experten*inneninterviews ($N = 6$) geführt. Spezifische wissenschaftliche Konzepte werden durch eingehende Literaturanalysen fachlich geklärt. Alle generierten Daten werden mithilfe der Qualitativen Inhaltsanalyse (Kuckartz & Rädiker, 2022) und einer Metaphernanalyse (Schmitt, 2005) ausgewertet.

Erste Ergebnisse der Fachlichen Klärung

Aus den Interviews geht hervor, dass sowohl das Problem- als auch das Handlungsfeld im Umgang mit Rohstoffen vielfältig und komplex ist. Als ein zentrales Konzept zur Beurteilung dieses Themenkomplexes konnten wir die **Kritikalität** identifizieren. Nach Schrijvers et al. (2020) wird die materielle Kritikalität weitgehend als Kombination aus Wahrscheinlichkeit und Folgen von Versorgungsunterbrechungen eines bestimmten Materials, für bestimmte Stakeholder und einem bestimmten Zeitrahmen, aufgefasst. Die Autor*innen differenzieren in ihrem Review 36 verschiedene Kritikalitätsassessments. Diese Assessments dienen uns als Grundlage, um in der Literaturanalyse aus ausgewählten Einzelpublikationen ($N = 132$) fachwissenschaftliche Vorstellungen und Denkfiguren zu ermitteln. Das methodische Vorgehen der Kritikalitätsassessments ist vielfältig und wird auf verschiedenen Ebenen durchgeführt: für ein bestimmtes Material (Bach et al., 2016), eine Technologie (Helbig et al., 2018), ein Land oder eine Region (EU COM, 2020) oder auf globaler Ebene (Graedel et al., 2012). Es gibt kein Standardverfahren zur Beurteilung der Kritikalität eines Rohstoffs (Schrijvers et al., 2020). Allerdings werden grundlegende Kritikalitätsdimensionen differenziert: die Wahrscheinlichkeit einer Versorgungsunterbrechung, die Anfälligkeit gegenüber dieser sowie soziale und ökologische Aspekte. Diese Dimensionen werden in den Assessments mit Target Values (Versorgungsrisiko, ökonomische Bedeutung, ökologische und soziale Aspekte) charakterisiert. Die Target Values werden in der Regel zu konkreten Werten aggregiert. Aus der Literaturanalyse geht hervor, dass die entwickelten Methoden wirtschaftliche und geopolitische Faktoren priorisieren. Folglich wird die Dimension des Versorgungsrisikos durchgehend beurteilt (Abb. 1). Dahingegen fließt die Anfälligkeit des Systems in geringerem Maße in die Assessments ein, da diese in einigen Studien als vorausgesetzt angesehen wird (Helbig et al., 2018). Beide Dimensionen bilden zusammen als Kritikalitätsmatrix das klassische Konzept von Kritikalität (NRC, 2008).

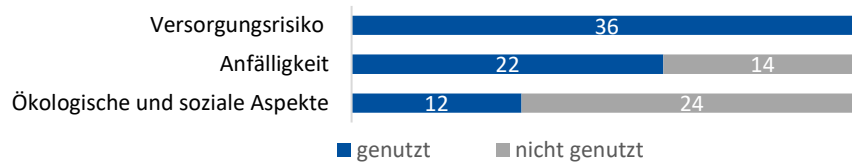


Abb.1 Verteilung und Häufigkeit der Kritikalitätsdimensionen in den Assessments ($N = 36$).
Eigene Darstellung nach Schrijvers et al., 2020, aktualisiert.

Die Kritikalitätsbewertung beruht auf der Auswahl eines auf Daten basierenden Indikatorsets (Achzet & Helbig, 2013). Diese Indikatoren sollen wirtschaftliche, geologische, politische, ökologische und physikalische Faktoren der Kritikalität darstellen (Schrijvers et al., 2020). Im Zuge der Literaturanalyse haben wir aus den Indikatorsets zentrale Denkfiguren der Kritikalitätsbeurteilung abgeleitet (Abb. 2). Im Folgenden werden ausgewählte Denkfiguren exemplarisch dargestellt. Die Indikatoren des Versorgungsrisikos zielen darauf ab, die Wahrscheinlichkeit einer Versorgungsunterbrechung innerhalb der Versorgungsstruktur zu erfassen. Beispielsweise lässt sich der Indikator *Diversität der Versorgung* in der Denkfigur **Versorgungsrisiko durch Konzentration der Versorgung** verallgemeinern. Der Denkfigur ist das Konzept zugeordnet, dass eine verminderte Angebotsvielfalt zu einer erhöhten Wahrscheinlichkeit der Versorgungsunterbrechung führt. Die Angebotsvielfalt wird dabei

durch die Anzahl der Erzeugerländer und Unternehmen der Lieferkette bestimmt. Hingegen zielt das Indikatorset der Anfälligkeit darauf ab, die wirtschaftliche Bedeutung eines Rohstoffs zu erfassen. Indikatoren wie die *Interne Nachfrage* und *Bedeutung des Sektors* können in der Denkfigur **Ökonomische Bedeutung durch Rohstoffnutzung** verallgemeinert werden. Diese Indikatoren deuten darauf hin, dass ein Rohstoff von dem untersuchten System benötigt wird. Der Denkfigur ist folgendes Konzept zugeordnet: Je häufiger ein Material verwendet wird, desto anfälliger ist das System für Versorgungsunterbrechungen. Die Substituierbarkeit wird in den meisten Assessments entweder als Indikator für ein Versorgungsrisiko oder für die Anfälligkeit genutzt. Folglich reduzieren Substitute die Wahrscheinlichkeit eines Versorgungsrisikos bzw. die Anfälligkeit des Systems gegenüber diesem.



Abb. 2 Überblick über Indikatoren zur Beurteilung des Versorgungsrisikos und der ökonomischen Bedeutung. Eigene Darstellung nach Schrijvers et al., 2020, aktualisiert.

In dieser klassischen sozioökonomischen Perspektive auf Kritikalität werden die ökologischen und sozialen Aspekte nicht priorisiert. Dies zeigt sich anhand der Häufigkeit der Dimension in den Assessments (Abb. 1). Die Ergebnisse von Life Cycle Impact Assessments werden genutzt, um durch Indikatoren, wie *menschliche Gesundheit* und *Qualität des Ökosystems*, diese Dimension der Kritikalität abzubilden (Cimprich et al., 2019). Die Nutzung der Indikatoren spiegelt jedoch unterschiedliche Perspektiven auf diese Dimension wider: beispielsweise werden die ökologische und soziale Dimension zum einen durch potenzielle Regularien als ein Indikator des Versorgungsrisikos angesehen (EU COM, 2011), zum anderen werden die Auswirkungen der Rohstoffnutzung auf die Umwelt bzw. soziale Werte als eigene dritte Dimension einer Kritikalitätsmatrix angesehen (Graedel et al., 2012).

Fazit und Ausblick

Die Vielfalt und Komplexität der Kritikalitätsassessments machen einen Vergleich ihrer Ergebnisse schwierig, wenn nicht gar unmöglich. Das Kritikalitätskonzept ist Teil der wissenschaftlichen Perspektive auf das Problemfeld der Rohstoffe. Zusammen mit Life Cycle Assessments werden alle drei Säulen der Nachhaltigkeit adäquat abgebildet und beurteilt. Im nächsten Projektschritt erfassen wir die Perspektive der Lernenden auf einen nachhaltigen Umgang mit Rohstoffen.

Gefördert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) – Projektnummer 443703006 – SFB 1487

Literatur

- Achzet, B. & Helbig, C. (2013). How to evaluate raw material supply risks — an overview. *Resources Policy*, 38(4), 435–447. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2013.06.003>
- Bach, V., Berger, M., Henßler, M., Kirchner, M., Leiser, S., Mohr, L., Rother, E., Ruhland, K., Schneider, L., Tikana, L., Volkhausen, W., Walachowicz, F., Finkbeiner, M. (2016). Integrated method to assess resource efficiency – ESSENZ. *Journal of Cleaner Production*, 137, 118–130. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.07.077>
- Cimprich, A., Bach, V., Helbig, C., Thorenz, A., Schrijvers, D., Sonnemann, G., Young, S.B., Sonderegger, T., Berger, M. (2019). Raw material criticality assessment as a complement to environmental life cycle assessment: Examining methods for product-level supply risk assessment. *Journal of Industrial Ecology*, 23(5), 1226–1236. <https://doi.org/10.1111/jiec.12865>
- Cimprich, A., Young, S.B., Schrijvers, D., Ku, A.Y., Hagelüken, C., Christmann, P., Eggert, R., Habib, K., Hirohata, A., Hurd, A.J., Lee, M.-H., Peck, D., Petavratzi, E., Tercero Espinoza, L.A., Wäger, P., Hool, A. (2022). The role of industrial actors in the circular economy for critical raw materials: a framework with case studies across a range of industries. *Mineral Economics*. Online-Vorveröffentlichung. <https://doi.org/10.1007/s13563-022-00304-8>
- EU COM, European Commission (2011). Critical Raw Materials for the EU, Report of the Ad-hoc Working Group on Defining Critical Raw Materials. Brüssel. COM(2011) 25 final. Online verfügbar unter: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52011DC0025>
- EU COM, European Commission (2020). Critical Raw Materials for the EU. Report of the Ad-hoc Working Group on defining critical raw materials. Brüssel. COM(2020) 474 final, 5. Online verfügbar unter: <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/42849>
- Gaustad, G., Krystofik, M., Bustamante, M. & Badami, K. (2018). Circular economy strategies for mitigating critical material supply issues. *Resources, Conservation and Recycling*, 135, 24–33. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.08.002>
- Graedel, T.E., Barr, R., Chandler, C., Chase, T., Choi, J., Christoffersen, L., Friedlander, E., Henly, C., Jun, C., Nassar, N.T., Schechner, D., Warren, S., Yang, M.-Y., Zhu, C. (2012). Methodology of metal criticality determination. *Environmental Science & Technology*, 46(2), 1063–1070. <https://doi.org/10.1021/es203534z>
- Helbig, C., Bradshaw, A.M., Wietschel, L., Thorenz, A. & Tuma, A. (2018). Supply risks associated with lithium-ion battery materials. *Journal of Cleaner Production*, 172, 274–286. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.122>
- Kattmann, U., Duit, R., Gropengießer, H., Komorek, M. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion – Ein Rahmen für naturwissenschaftliche Forschung und Entwicklung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 3(3), 3–18.
- Kuckartz, U. & Rädiker, S. (2022). *Qualitative Inhaltsanalyse: Methoden, Praxis, Computerunterstützung: Grundagentexte Methoden* (5. Aufl.). Beltz Juventa.
- Lepesant, G. (2021). Die Rolle der kritischen Metalle bei der Energiewende: Herausforderungen und Strategien. Centre Marc Bloch. 5–7. Onlinepublikation zuletzt abgerufen unter: <https://energie-fr.de/de/gesellschaft-umwelt-wirtschaft/aktuelles/leser/hintergrundpapier-zur-rolle-von-kritischen-metallen-bei-der-energiewende.html> am 24.10.2022.
- NRC, National Research Council (2008). *Minerals, Critical Minerals, and the U.S. Economy*. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/12034>
- Schmitt, R. (2005). Systematic Metaphor Analysis as a Method of Qualitative Research. *The Qualitative Report*, 10(2), 358–394.
- Schrijvers, D., Hool, A., Blengini, G.A., Chen, W.-Q., Dewulf, J., Eggert, R., van Ellen, L., Gauss, R., Goddin, J., Habib, K., Hagelüken, C., Hirohata, A., Hofmann-Antenbrink, M., Kosmol, J., Le Gleuher, M., Grohol, M., Ku, A., Lee, M.-H., Liu, G., Nansai, K., Nuss, P., Peck, D., Reller, A., Sonnemann, G., Tercero, L., Thorenz, A., Wäger, P.A. (2020). A review of methods and data to determine raw material criticality. *Resources, Conservation and Recycling*, 155, 104617. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104617>

Karina Oliveira¹
 Martin Gröger¹
 Christian Klein¹
 Björn Niehaves²

¹Universität Siegen
²Universität Bremen

Design Thinking und Service Learning im Projekt „Next Generation Design for Climate“

Projektgrundlagen

Im Rahmen des Projektes wird in Kooperation von Universität Siegen und weiterführenden Schulen der Region ein neuartiges Konzept zur Gestaltung von Projektkursen entwickelt. Ein Baustein ist die Design-Thinking-Methodik, mit der die Lernenden an kreative Problemlösestrategien herangeführt werden.

Design-Thinking ist ein an der Universität Stanford entwickelter nutzerzentrierter Innovationsansatz für komplexe Problemlösungsprozesse, zu dem die Suche nach und das Gestalten von Innovationen in interdisziplinären Teams zählt (Plattner, Meinel & Weinberg, 2009). Dieser Ansatz ist vor allem im Start-Up- und im privatwirtschaftlichen Bereich etabliert und hat sich hier in unterschiedlichen Varianten weiterentwickelt. Grundlegend ist ein fünf- bis sechs-schrittiger Prozess (Abbildung 1), der sich in zwei Abschnitte unterteilt. In den ersten drei Schritten beschäftigt man sich intensiv mit dem Problem (Problemraum), um dann in den letzten drei Schritten Lösungen zu entwickeln, die dann auch getestet werden (Lösungsraum).

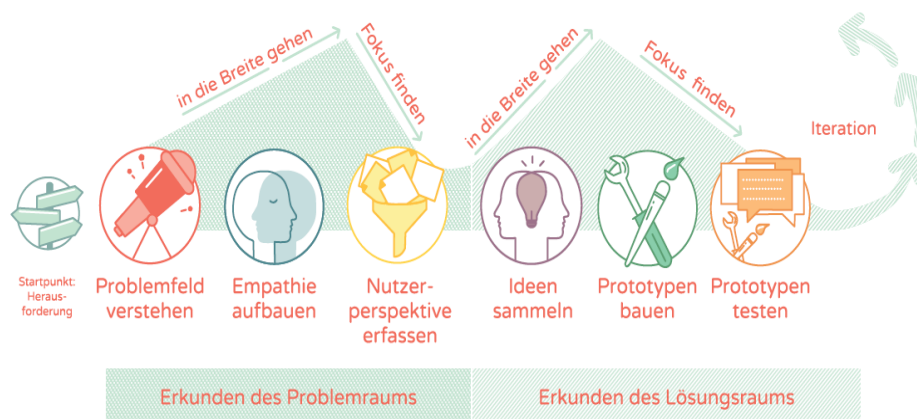


Abb. 1: Der Design-Thinking-Prozess (Feldhaus, Primavera & Kleibl, 2018)

Obwohl es noch keine ausführlich beschriebenen Umsetzungsvarianten des Design-Thinking-Ansatzes an der Schule gibt, wird er bereits für den Schulunterricht genutzt, z.B. im Chemieunterricht der Oberstufe bei der Diskussion komplexer und nachhaltigkeitsbezogener Fragestellungen (Wolthaus & Gröger, 2021).

Der zweite Baustein des Projekts besteht in der transformativen Lernmethode Service-Learning, die auf ein Verständnis für Handlungsoptionen zur aktiven Gestaltung einer nachhaltigen Entwicklung zielt, um die Große Transformation als positive Zukunftsvorstellung wahrzunehmen. Nach einer inhaltlichen Einarbeitung in eine Thematik werden die SchülerInnen beim Service-Learning (auch Lernen durch Engagement / LdE) selbst handelnd aktiv. Bei diesem Ansatz engagieren sich die Lernenden als Teil des Unterrichts und eng verbunden mit dem fachlichen Lernen für das Gemeinwohl (Seifert, Zentner & Nagy, 2012). Das Engagement der SchülerInnen wird im Unterricht geplant, reflektiert und mit Inhalten der Bildungs- und Lehrpläne verknüpft. Das Wissen soll praktisch angewendet werden, so an Relevanz, Handlungsbezug und Verständnistiefe gewinnen und produktiv in die Gesellschaft eingebracht werden. Dabei sollen über die aktive Beteiligung der Lernenden Motivation, Selbstbewusstsein und Leistungsstärke, aber auch Demokratie- und Sozialkompetenz und schließlich besonders das Nachhaltigkeithandeln gefördert werden, wodurch letztlich auch die Zivilgesellschaft und Demokratie gestärkt werden.

Umsetzung

Das Projekt wird in Projektkursen in der Oberstufe und in Differenzierungskursen in der Mittelstufe an Schulen durchgeführt.

Die Kursteilnehmer beschäftigen sich zunächst intensiv mit fachlichen Grundlagen zu einer Problemstellung möglichst zu umweltbezogenen Themen und darauf bezogenen gesellschaftspolitischen Fragestellungen. Mit den erworbenen Kenntnissen und Fähigkeiten entwickeln die SchülerInnen mit der Design-Thinking-Methodik Lösungsansätze, die sie mit Stakeholdern der Region aus Wirtschaft, Politik und Gesellschaft diskutieren. Dabei können die Ansätze sowohl als Prototyp wie auch im Idealfall als konkretes Projekt faktisch umgesetzt werden.

Es sind drei Phasen vorgesehen, die sich über drei Schuljahre erstrecken. In der ersten Phase (2020/21) wurde ein Testdurchlauf an zwei Schulen durchgeführt. Dabei wurden die Lernenden seitens der Universität durch die Projektmitarbeitenden intensiv begleitet und das Vorhaben wurde insbesondere in Hinblick auf die Elemente Design-Thinking und Service Learning kontinuierlich evaluiert. Nach Reflexion dieser Testphase wurde ein optimierter Durchgang (2021/22) an denselben zwei Schulen durchgeführt, wobei die Lehrkräfte durch eine Fortbildung ausgebildet wurden, sodass ein Großteil der Betreuung der Schülerinnen und Schüler dann schon durch die Lehrpersonen vor Ort erfolgen konnte. Zum Abschluss des zweiten Projektjahres fand am Ende des Schuljahres eine überregionale Tagung für Lehrkräfte statt, auf der die bis dahin vorliegenden Projektergebnisse vorgestellt wurden und für eine dritte überregionale Runde des Projektes geworben wurde. Diese wird aktuell im dritten Projektjahr (2022/23) an nun insgesamt vier Schulen durchgeführt.

Evaluation und Erfahrungen

Das Projekt wird im Rahmen einer qualitativen Evaluationsstudie wissenschaftlich begleitet, in der Lehrende und Lernende zu ihren Erfahrungen und Einschätzungen in Form von leitfadengestützten Interviews befragt werden. Die Evaluationsstudie wird nach dem systemischen Ansatz durchgeführt, nach dem das Projekt zum einen in Hinblick auf

Konzeption, Umsetzung, Nutzung und Wirkung untersucht wird und zum anderen auch Umfeldbedingungen wie situative, kulturelle, historische und sonstige Kontextfaktoren (Döring & Bortz, 2016) einbezogen werden. Als Evaluationsmodell werden die Grundsätze des CIPP-Modells von Daniel Stufflebeam (Stufflebeam et al., 1971) zu Grunde gelegt, die auf den vier Komponenten Context-, Input-, Process- und Product-Evaluation basieren. Davon ausgehend wurden Interviewleitfäden zur Befragung der Förderer, Lernenden und Lehrenden entwickelt. Die einzelnen Gruppen werden jeweils am Anfang und am Ende jeder Projektphase befragt. Die Interviews werden aufgenommen, transkribiert und nach dem obengenannten Modell im Sinne einer qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2008) unter Zuhilfenahme von MAXQDA (2021) ausgewertet.

Zu jedem Evaluationstyp (Kontext, Input, Prozess und Produkt) gehören die Fragestellungen zu einer Evaluationsrolle (formative oder summative), die die Wahrnehmung der Befragten zu bestimmten Projektphase darstellt. Die Ergebnisse jeder Fragestellung wurden dann in ein Kategorisierungssystem eingeordnet und bewertet. Zu den Prozess- und Produkt-Evaluationen wurden Fragestellungen in Hinsicht auf Projektverlauf, -optimierung, -erfolg, Nebenwirkungen und Schlussfolgerungen formuliert. Besonders damit hat die Auswertung der Ergebnisse nach dem ersten Durchlauf auf einige Optimierungsbereiche hingewiesen. Es wurde durch die dazugehörigen Prozess- und Produkt-Kategorien identifiziert, wo und wie Maßnahmen zur Verbesserung des Projektablaufs ergriffen werden sollten, z. B. mehr Unterstützung von Fachexperten, Förderung der Kommunikationskompetenzen der SchülerInnen, Zeitmanagement und organisatorische Anpassungen. Zu den Kontext- und Input-Evaluationen wurden Fragestellungen bezüglich der Projektbedürfnisse, -innovation und -umsetzung formuliert und deren Ergebnisse wurden jeweils nach Kategorien wie z.B. ‚neue Lernkompetenzen und Fähigkeiten‘, ‚innovatives Projekt‘ und ‚Umgang mit Problemen‘ eingeordnet. Beim zweiten, optimierten Durchlauf weist eine erste Sicht der Daten darauf hin, dass bei den oben genannten Evaluationsbereichen Verbesserungen insbesondere bei der Zusammenarbeit, dem Umgang mit Problemen und Fristen, sowie Präsentationsfähigkeiten eingetreten sind.

Literatur

- Döring, N., Bortz, J. (2016). *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften*. 5. Auflage. Berlin Heidelberg: Springer.
- Feldhaus, L., Primavera, J., und Kleibl, A. (2018). *Design Thinking und Schule: Ein Handbuch für den Schulalltag*. Weinheim: Hopp Foundation.
- Mayring, P. (2008). *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken*. 10. Auflage. Weinheim: Beltz.
- MAXQDA, Software für qualitative Datenanalyse. (2021). VERBI Software. Consult. Sozialforschung GmbH, Berlin, Deutschland.
- Plattner, H., Meinel, C., & Weinberg, U. (2009). *Design Thinking: Innovation lernen - Ideenwelten öffnen*. München: mi.
- Seifert, A., Zentner, S. & Nagy, F. (2012). *Praxisbuch Service-Learning. »Lernen durch Engagement« an Schulen*. Weinheim: Beltz.
- Stufflebeam, D. L., Foley, W. J., Gephart, W. J., Guba, E. G., Hammond, R. L., Merriman, H. O., et al. (1971). *Educational evaluation and decision making*. Itasca: Peacock.
- Wolthaus, P. & Gröger, M. (2021): *Design Thinking im Chemieunterricht: Innovationen aus der Natur*. *Chemie in unserer Zeit*, 3, 55, 1-8.

Catharina Philine Pfeiffer¹
 Stefanie Lenzer¹
 Andreas Nehring¹

¹ Leibniz Universität Hannover

Klimawandeldiskurse in sozialen Medien: Licht im „Literacies-Dschungel“

Theoretische Verortung und Forschungsdesiderat

Der anthropogene Klimawandel stellt eine der größten Herausforderungen für die heutige Gesellschaft dar. Der wissenschaftliche Konsens darüber, dass sich „[d]er vom Menschen verursachte Klimawandel [...] bereits auf viele Wetter- und Klimaextreme in allen Regionen der Welt [auswirkt]“ (IPCC, 2021, S. 7) geht aus dem Bericht des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) hervor. Im politischen Kontext zeigt die konkrete Verankerung von „Maßnahmen zum Klimaschutz“ in der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie (Die Bundesregierung, 2021), dass es längst an der Zeit ist, klimafreundlich zu handeln. Trotz wissenschaftlichem Konsens und einem Aufruf zur „Dekade des Handelns“ (Die Bundesregierung, 2021, S. 11), finden statt klimafreundlichem Handeln in der Gesellschaft teilweise kontroverse Diskurse statt, in denen der Klimawandel und seine anthropogenen Ursachen sogar angezweifelt werden. Da soziale Medien zunehmend eine entscheidende Informations- und Kommunikationsquelle darstellen, verlagern sich solche Diskurse auch in soziale Medien. Dort werden sie in kurzer Zeit einem breiten Publikum zugänglich gemacht, „geliked“, „kommentiert“ und „geteilt“ und gehen infolgedessen schnell viral. Auch Fehlinformationen dieser Diskurse werden dadurch sichtbar und weit verbreitet (z. B. Lewandowsky et al., 2019). Aus Sicht der Naturwissenschaftsdidaktik werden Schüler:innen mit der Aufgabe konfrontiert, diese digitalen, kontroversen Informationen fachlich adäquat zu bewerten, damit sie informierte Entscheidungen treffen und dadurch klimafreundlich handeln können. Lehrkräfte stehen vor der Herausforderung, ihre Schüler:innen durch formale Klimabildung im digitalen Zeitalter kompetent auf diese Aufgabe vorzubereiten. Die internationale fachdidaktische Forschung fundiert dies mit *Literacies*, welche Fachwissen, Kompetenzen und darüber hinaus auch Einstellungen und Verhaltensweisen definieren, die Schüler:innen zur kompetenten Informationsgewinnung aus sozialen Medien benötigen. Es existiert bereits eine Vielzahl an *Literacies* wie die *Climate change literacy* (z. B. Kuthe et al., 2020) oder die *Media literacy* (z. B. Cooper, 2011), doch es werden stetig neue *Literacies* wie die *Science media literacy* (Höttecke & Allchin, 2020) definiert. Es bleibt bisher unklar, a) welche dieser *Literacies* im Kontext von Klimawandeldiskursen in sozialen Medien tatsächlich relevant sind, b) welche konkreten Verhaltensweisen die *Literacies* definieren und wie diese verglichen werden können sowie c) welche dieser Verhaltensweisen für die kompetente Informationsgewinnung aus sozialen Medien relevant sind. Systematisch Licht in diesen „*Literacies-Dschungel*“ zu bringen, steht im Fokus des *Literacies*-Teilprojekts vom Projekt „Social Media and Climate Change: Usage, *Literacies* and Interventions from the Perspective of Science Education“.

Projektfokus und Forschungsfragen

Im Rahmen dieses Beitrags wird lediglich die erste Forschungsfrage „Welche *Literacies* sind im Kontext von Klimawandeldiskursen in sozialen Medien relevant?“ durch ein

systematisches Literaturreview nach dem PRISMA statement (Page et al., 2021) adressiert. Auf den relevanten *Literacies* aufbauend und unter Einbezug eines Verhaltensmodells, bspw. dem Integrated Behavioral Model (Kasprzyk & Montano, 2008) zur theoriebasierten Kategorisierung, sollen im Anschluss an das systematische Literaturreview des Weiteren die Forschungsfragen „Wie können die durch *Literacies* definierten Verhaltensweisen verglichen werden?“ und „In welchem Ausmaß sind diese Verhaltensweisen für die kompetente Informationsgewinnung aus sozialen Medien relevant?“ beantwortet werden.

Methodischer Ansatz: Systematisches Literaturreview

Ausgangsbedingungen für die systematische Literaturrecherche

Für die systematische Literaturrecherche in den drei wissenschaftlichen Datenbanken ERIC, Web of Science und Scopus wurden fünf Suchkategorien entsprechend der Forschungsfragen definiert: „*literacies**“, „social media*“, „climate change*“, „behavior“ und „information“ (*essenzielle Kategorien, die mindestens enthalten sein müssen). Danach wurden mithilfe eines Kodiermanuals zu jeder Suchkategorie konkrete Definitionen und spezifische Suchbegriffe wie „climate crisis“ (Kategorie „climate change“) oder „YouTube“ (Kategorie „social media“) festgehalten, welche weiterführend im Abstract-Screening verwendet wurden. Der naturwissenschaftsdidaktische Forschungsschwerpunkt führte zur Ergänzung der Einschlusskategorie „Science Education“ im weiterführenden Abstract-Screening. Als weitere Suchkriterien wurden in den Datenbanken die englische Sprache sowie Artikel, Review-Artikel und Buchkapitel als Dokumentart, kein Veröffentlichungszeitraum und die Volltextsuche ausgewählt. Bedingt durch das letzte Kriterium wurde nach dem Abstract-Screening ein formaler Dokumentausschluss für Dokumente vorgenommen, die nicht alle essenziellen Suchkategorien* im Volltext enthielten. Die systematische Literaturrecherche ergab nach dem automatisierten Ausschluss von Duplikaten 2688 Dokumente für das Abstract-Screening.

Abstract-Screening

Ein erster formaler Dokumentausschluss erfolgte für Dokumente, die kein Abstract aufwiesen und das Abstract auch nicht durch externe Recherchen einsehbar wurde. Alle eingeschlossenen Abstracts wurden mithilfe der Software „SysRev“ und anhand der vorab definierten Einschluss- und Ausschlusskriterien durch die Erstautorin kodiert. Zusätzlich wurde eine zufällige Stichprobe (15 Prozent der Dokumente) durch einen Zweitkodierer gelesen. Mögliche Konfliktfälle wurden im Anschluss in Intercoder-Diskussionen gelöst. Aus der 92-prozentigen Übereinstimmung zwischen den Kodierenden für den Dokumenteneinschluss und -ausschluss ergab sich für die Intercoder-Reliabilität ein Cohens Kappa-Wert von $\kappa = 0,86$. Für den Dokumenteneinschluss in das Volltext-Screening wurden Abstracts ausgewählt, die a) Suchbegriffe aus mindestens zwei der fünf Suchkategorien beinhalteten, z.B. „*literacy*“ und „climate crisis“, oder b) einen Suchbegriff und einen konkreten Bezug zu Bereichen der „science education“ aufwiesen, z.B. „YouTube“ und „climate education“. Ein Dokumentausschluss erfolgte generell für Dokumente, die a) die Einschlusskriterien nicht erfüllten oder b) die Einschlusskriterien erfüllten, aber einen explizit anderen Kontext (definierte Ausschlusskriterien) abseits von digitalen Klimawandeldiskursen aufwiesen, bspw. „COVID-19 Pandemie“ oder „wildlife management“. Die Ausschlusskriterien wurden durch Konsensbildung der Kodierer während des Abstract-Screenings festgehalten. Es ergaben sich 401 Dokumente für die Volltextrecherche und das anschließende Volltext-Screening.

Volltext-Screening

Die Volltextrecherche zu inkludierten Abstracts erfolgte über Verlagsseiten, die direkte Kontaktaufnahme zu Erstautor:innen, Bibliotheken sowie ResearchGate und ergab vorläufig 338 Dokumente (einige Fernleihe-Dokumente sind noch ausstehend). In diesem Schritt wurden die in den Ausgangsbedingungen beschriebenen formal inkludierten 195 Volltexte nach den darin genannten, potenziell relevanten *Literacies* durchsucht (Tab. 1) und diese als deduktive Kategorien in MAXQDA kodiert (Rädiker & Kuckartz, 2019). Der Dokumenteinschluss in das abschließende *Literacy*-Screening erfolgte, wenn die drei wesentlichen Suchkategorien in direktem Zusammenhang zu einander standen. Ein Beispiel zeigt die Textpassage „*The key objective of this article is to advance understanding of the use of media by young audiences - as encapsulated by the YouTube platform (social media) - as they become informed and in turn acquire a clear judgement about climate change (climate change) as part of a process of developing environmental literacy (literacy).*“ eines inkludierten Volltextes auf (Brereton & Gomez, 2020, S.3). Die darin aufgezeigte *Environmental literacy* findet sich als vorläufiges Ergebnis als relevante *Literacy* nach dem Volltext-Screening in Tab. 1 wieder. Bisher wurde etwa ein Viertel der Volltexte gelesen und hinsichtlich genannter oder definierter *Literacies* untersucht. Im Verlauf des Screenings wird eine zufällige Stichprobe von 15 Prozent der Volltexte zweitkodiert.

Vorläufige Ergebnisse und Ausblick

Nach Abschluss des Abstract-Screenings konnten in den 195 formal in das Volltext-Screening inkludierten Dokumente bereits 111 verschiedene *Literacies* kodiert werden, die potenziell im Kontext von Klimawandeldiskursen in sozialen Medien relevant sind. Die Tab. 1 zeigt dazu die vorläufigen „Top Ten“ der am häufigsten von Autor:innen genannten *Literacies*, in denen sich u.a. die erwähnten Konzepte der *Climate change literacy*, *Media literacy* sowie die *Science media literacy* wiederfinden. Erste Ergebnisse des noch nicht abgeschlossenen Volltext-Screenings zeigen die Relevanz (✓) einiger dieser *Literacies* im Forschungskontext. Für die mit Fragezeichen (?) versehenen *Literacies* ist dies noch ausstehend (siehe Tab. 1). Um die weiteren Forschungsfragen zu beantworten, werden die Definitionen der kodierten *Literacies* aus allen inkludierten Dokumenten hinsichtlich der genannten Verhaltensweisen, mit dem weiteren Fokus auf kompetente Informationsgewinnung, induktiv kategorisiert und analysiert (MAXQDA nach Rädiker & Kuckartz, 2019).

Tab. 1: „Top Ten“ der potenziell relevanten *Literacies* nach dem Abstract-Screening und vorläufige Ergebnisse zu relevanten *Literacies* (✓) nach dem Volltext-Screening.

| | Potenziell relevante <i>Literacies</i> | Relevante <i>Literacies</i> | | Potenziell relevante <i>Literacies</i> | Relevante <i>Literacies</i> |
|---|--|--------------------------------|----|---|--------------------------------|
| 1 | <i>Media literacy</i> | ✓ | 6 | <i>Climate literacy</i> | ✓ |
| 2 | <i>Scientific literacy</i> | ✓ | 7 | <i>Critical literacy</i> | ✓ |
| 3 | <i>Information literacy</i> <i>Science literacy</i> | ? ✓ | 8 | <i>Ocean literacy</i> | ? |
| 4 | <i>Digital literacy</i> | ✓ | 9 | <i>Climate change literacy</i> <i>News literacy</i> | ? ✓ |
| 5 | <i>Environmental literacy</i> | ✓ | 10 | <i>Sustainability literacy</i> <i>Science media literacy</i> | ? ✓ |

Literatur

- Brereton, P., Gomez, V. (2020). Media Students, Climate Change, and YouTube Celebrities: Readings of Dear Future Generations: Sorry Video Clip. *Interdisciplinary Studies in Literature and Environment*, 27 (2), 385-405.
- Cooper, C. (2011). Media literacy as a key strategy toward improving public acceptance of climate change science. *BioScience*, 61 (3), 231-237.
- Die Bundesregierung (2021). Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie - Weiterentwicklung 2021. Abgerufen von: <https://www.bundesregierung.de/resource/blob/998006/1873516/3d3b15cd92d0261e7a0bc8f43b7839/2021-03-10-dns-2021-finale-langfassung-nicht-barrierefrei-data.pdf?download=1>, abgerufen am: 20.09.22.
- Höttecke, D. & Allchin, D. (2020). Reconceptualizing nature-of-science education in the age of social media. *Science Education*, 104 (4), 641-666.
- Howell, E. & Brossard, D. (2021). (Mis)informed about what? What it means to be a science-literate citizen in a digital world. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 118 (15).
- IPCC (2021). Zusammenfassung für die politische Entscheidungsfindung. In: *Naturwissenschaftliche Grundlagen. Beitrag von Arbeitsgruppe I zum Sechsten Bestandbericht des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen* [Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pirani, A., Connors, S.L., Péan, C., Berger, S., Caud, N., Chen, Y., Goldfarb, L., Gomis, M.I., Huang, M., Leitzell, K., Lonnoy, E., Matthews, J.B.R., Maycock, T.K., Waterfield, T., Yelekci, O., Yu, R. & Zhou, B.(eds.)]. In Druck. Deutsche Übersetzung auf Basis der Druckvorlage, Oktober 2021. Deutsche IPCC-Koordinierungsstelle, Bonn; Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, Wien; Akademie der Naturwissenschaften Schweiz SCNAT, ProClim, Bern, Februar 2022.
- Kasprzyk, D. & Montano, D. E. (2008). Theory of reasoned action, Theory of planned behavior and the integrated behavioral model. In: Glanz, K., Rimer, B., Viswanath, K. (eds.). *Health Behavior and Health Education – Theory, Research, and Practice*. Jossey Bass, a Wiley Imprint.
- Kuthe, A., Körfgen, A., Stötter, J. & Keller, L. (2020). Strengthening their climate change literacy: A case study addressing the weaknesses in young people's climate change awareness. *Applied Environmental Education & Communication*, 19 (4), 375-388.
- Lewandowsky, S., Cook, J., Fay, N. & Gignac, G.E. (2019). Science by social media: Attitudes towards climate change are mediated by perceived social consensus. *Memory and Cognition*, 47 (8), 1445-1456.
- Page, M.J., McKenzie, J.E., Bossuyt, P.M., Boutron, I., Hoffmann, T.C., Mulrow, C.D., Shamseer, L., Tetzlaff, J.M., Akl, E.A., Brennan, S.E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J.M., Hróbjartsson, A., Lalu, M.M., Li, T., Loder, E.W., Mayo-Wilson, E., MacDonald, S., McGuinness, L.A., Stewart, L.A., Thomas, J., Tricco, A.C., Welch, V.A., Whiting, P., Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *Systematic Reviews*, 10 (1).
- Rädiker, S., Kuckartz, U. (2019). *Analyse qualitativer Daten mit MAXQDA*. Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Wiesbaden.

Marcus Schiolko¹
Mathias Ropohl¹

¹Universität Duisburg-Essen

Wissenslandkarten als Tool in der Chemielehrkräftebildung zur Förderung der Kohärenz in der Unterrichtsplanung

Theoretischer Hintergrund

Angehende Lehrkräfte nehmen die Lehrkräftebildung häufig als nicht kohärent, sondern oftmals als fragmentiert wahr (Meier et al., 2018). Aus ihrer Perspektive korrespondieren die Inhalte der Ausbildung nicht miteinander. Infolgedessen können angehende Lehrkräfte nur schwer Verknüpfungen von fachlichen und fachdidaktischen Inhalten applizieren (Kotthoff & Terhart, 2013). Zugleich existieren Veranstaltungen in der Lehrkräftebildung, die Potentiale für eine solche Verknüpfung bieten. Hierzu sind Seminare zur Unterrichtsplanung zu nennen. Dabei gehört die Unterrichtsplanung zu den zentralen und unverzichtbaren beruflichen Anforderungen angehender Lehrkräfte (Carlson et al., 2019; KMK, 2004, 2019). Ungeachtet dessen fehlt es an Methoden und Werkzeugen für diese Seminare, um sowohl die inhaltliche Kohärenz der Lehrkräftebildung als auch die inhaltliche Kohärenz der Unterrichtsplanung bei angehenden Lehrkräften zu fördern.

Im deutschsprachigen Raum erfolgt die Unterrichtsplanung auf Grundlage des Lehrplans. In diesem werden die Bildungsziele der naturwissenschaftlichen Fächer anhand von Basiskonzepten organisiert (Demuth et al., 2005; KMK, 2005, 2020). Zur visuellen Repräsentation des sachlogischen Aufbaus solcher fachinhaltlichen Konzepte und ihres Aufbaus über die Schulstufen wurden für den amerikanischen Raum sogenannte Conceptual Strand Maps entworfen (American Association for the Advancement of Science, 2001, 2007). Als Werkzeug in der Lehrkräftebildung bieten sie das noch ungenutzte Potential, die fachlichen und fachdidaktischen Studieninhalte mit der Unterrichtsplanung zu verknüpfen und so die Kohärenz einer geplanten Lernsequenz zu erhöhen. Dabei wird Kohärenz definiert als die Stimmigkeit von fachlichen Voraussetzungen, Strukturierung, Potenzial für kognitive Aktivierung, Korrektheit und Lernzielen für Lerngelegenheiten und Lernsequenzen.

Forschungsfragen

Ableitend aus der theoretischen Ausgangslage verfolgt das Promotionsvorhaben das Ziel, die in Conceptual Strand Maps dargestellten Wissensbausteine chemischer Konzepte in einer digitalen Umgebung mit konkreten und zu den Bausteinen passenden Lehr-Lern-Materialien zu hinterlegen. Derart erweiterte Conceptual Strand Maps for Science [CoSMaS] fördern die inhaltliche Kohärenz der Chemieunterrichtsplanung in der Lehrkräftebildung. Folgende Forschungsfragen werden untersucht:

Forschungsfrage 1: Inwiefern werden die curricularen Vorgaben für ein naturwissenschaftliches Konzept (Basiskonzept) mithilfe von CoSMaS valide dargestellt?

Forschungsfrage 2: Inwiefern schätzen angehende Lehrkräfte die Verknüpfung von digitalen, interaktiven, mit Lehr-Lern-Materialien konzipierten CoSMaS als zielführendes und benutzerfreundliches Tool für die Lehrkräftebildung ein?

Forschungsfrage 3: Welchen Einfluss haben interaktive digitale CoSMaS bei Lehramtsstudierenden auf die inhaltliche Kohärenz von geplanten Lerngelegenheiten im Fach Chemie?

Methode

Zur Realisierung des geplanten Vorhabens wird die Untersuchung in drei Meilensteine unterteilt. Im ersten Meilenstein wird eine zum Basiskonzept chemische Reaktion erstellte analoge CoSMaS mit passenden Lehr-Lern-Materialien mittels eines Expertenratings validiert. Der Fokus der Validierung liegt auf der Relevanz, der Formulierung, der Sequenzierung und der Verknüpfung der Wissensbausteine in der CoSMaS sowie den passenden Lehr-Lern-Materialien. Im zweiten Meilenstein wird die CoSMaS als interaktive, ortsunabhängige Plattform digitalisiert. Anschließend wird die Nutzerfreundlichkeit der CoSMaS durch einen Usability-Test (Brooke, 1996; Hauck et al., 2021) mit Lehramtsstudierenden des Masters ($N = 50$) bewertet. Um die Plattform zusätzlich für ihren vorgesehenen Einsatz in der Unterrichtsplanung zu evaluieren, wird neben der Nutzerfreundlichkeit ein Test zur Gebrauchstauglichkeit entwickelt und ein qualitativer Teil mittels Einzelinterviews als Stimulated Recall Interview durchgeführt.

Im dritten Meilenstein erfolgt die Implementierung der digitalisierten interaktiven CoSMaS im Feld als Interventionsstudie. Hierzu werden Lerngelegenheiten in drei verschiedenen fachdidaktischen Modulen (FD I/II/III) mit jeweils zwei bis drei Seminarsitzungen mithilfe der konzipierten CoSMaS (Untersuchungsgruppe) gestaltet. Die Kontrollgruppe wird, wie auch bisher in den fachdidaktischen Bausteinen, bei der schriftlichen Planung von Lerngelegenheiten durch Schulbücher und die Lehrplandokumente unterstützt.

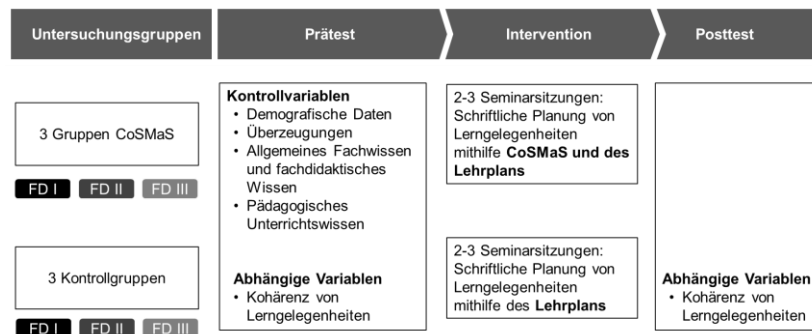


Abb. 1: Geplantes Testdesign

Anhand eines zu erstellenden Kategoriensystems, anknüpfend an die Arbeit von Beyer und Davis (2012), werden die in den Seminaren erstellten schriftlichen Unterrichtsplanungen hinsichtlich Unterrichtsqualität und Kohärenz evaluiert.

Diskussion und Ausblick

Der Schwerpunkt der bisherigen Arbeit lag in der theoriegeleiteten Entwicklung der Conceptual Strand Maps für das Basiskonzept *chemische Reaktion* und der Verknüpfung dieser mit passenden adaptierten oder selbsterstellten Lehr-Lern-Materialien. Es wird erwartet, dass zum Ende des ersten Meilensteins eine durch ein Expertenrating validierte kohärente CoSMaS zum Basiskonzept *chemische Reaktion* vorliegt. Anschließend wird im

zweiten Meilenstein die CoSMaS mit interaktiven Materialien zur Unterrichtsplanung digitalisiert und als Tool in der Lehrkräftebildung sowohl auf seine Nutzerfreundlichkeit als auch auf die Gebrauchstauglichkeit überprüft. Im dritten Meilenstein werden die angehenden Lehrkräfte in Seminarsitzungen bei der Unterrichtsplanung mithilfe der interaktiven CoSMaS unterstützt und die inhaltliche Kohärenz der schriftlichen Unterrichtsplanung evaluiert.

Literatur

- American Association for the Advancement of Science. (2001). *Atlas of science literacy. Volume 1*. American Association for the Advancement of Science and National Science Teachers Association.
- American Association for the Advancement of Science. (2007). *Atlas of science literacy. Volume 2*. American Association for the Advancement of Science and National Science Teachers Association.
- Beyer, C. J. & Davis, E. A. (2012). Learning to critique and adapt science curriculum materials: Examining the development of preservice elementary teachers' pedagogical content knowledge. *Science Education*, 96(1), 130–157. <https://doi.org/10.1002/sce.20466>
- Brooke, J. (1996). SUS: A quick and dirty usability scale. In P. W. Jordan, B. Thomas, I. L. McClelland & B. Weerdmeester (Hrsg.), *Usability Evaluation In Industry* (S. 207–212). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781498710411-35>
- Carlson, J., Daehler, K. R., Alonzo, A. C., Barendsen, E., Berry, A., Borowski, A., Carpendale, J., Kam Ho Chan, K., Cooper, R., Friedrichsen, P., Gess-Newsome, J., Henze-Rietveld, I., Hume, A., Kirschner, S., Liepertz, S., Loughran, J., Mavhunga, E., Neumann, K., Nilsson, P., . . . Wilson, C. D. (2019). The Refined Consensus Model of Pedagogical Content Knowledge in Science Education. In A. Hume, R. Cooper & A. Borowski (Hrsg.), *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science* (S. 77–94). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-13-5898-2_2
- Demuth, R., Ralle, B. & Parchmann, I. (2005). Basiskonzepte - eine Herausforderung an den Chemieunterricht. *CHEMKON*, 12(2), 55–60. <https://doi.org/10.1002/ckon.200510021>
- Hauck, D., Melle, I. & Steffen, A. (2021). Molecular Orbital Theory—Teaching a Difficult Chemistry Topic Using a CSCL Approach in a First-Year University Course. *Education Sciences*, 11(9), 485. <https://doi.org/10.3390/educsci11090485>
- KMK. (2004, 2019). *Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften*. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.12.2004 i. d. F. vom 16.05.2019.
- KMK. (2005). *Bildungsstandards im Fach Chemie für den mittleren Schulabschluss*. Beschluss vom 16.12.2004.
- KMK. (2020). *Bildungsstandards im Fach Chemie für die Allgemeine Hochschulreife*. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 18.06.2020.
- Kotthoff, H.-G. & Terhart, E. (2013). "New" solutions to "old" problems? Recent reforms in teacher education in Germany. *Revista Española de Educación Comparada*, 22, 73–92.
- Meier, M., Ziepprecht, K. & Mayer, J. (Hrsg.). (2018). *Lehrerbildung in vernetzten Lernumgebungen*. Waxmann.
- Wernke, S. & Zierer, K. (Hrsg.). (2017). *Die Unterrichtsplanung: ein in Vergessenheit geratener Kompetenzbereich?! Status Quo und Perspektiven aus Sicht der empirischen Forschung*. Verlag Julius Klinkhardt.

Marvin Kaldewey¹
Stefanie Schwedler¹

¹Universität Bielefeld

Analyse des Selbststudiums in Physikalischer Chemie

Ausgangslage

Der Studienstart stellt eine herausfordernde Transitionsphase dar, die eine essenzielle Rolle für den Studienerfolg spielt. In dieser Übergangsphase scheitern viele Studierende der MINT-Fächer an den hohen fachlichen Anforderungen (Heublein et al., 2017). Chemie-Erstsemesterstudierende fühlen sich laut Schwedler (2017) insbesondere durch die abstrakt-mathematischen Fächer Mathematik und Physikalische Chemie (PC) inhaltlich überfordert.

Zum einen ergeben sich Schwierigkeiten durch ein mangelndes Verständnis der Grundkonzepte. Dieses lässt sich für das Hauptfach PC vor allem auf ein Geflecht aus unangemessenen, situativen mentalen Modellen, der elaborierten Mathematik und einer Vernachlässigung der submikroskopischen Ebene zurückführen (Bain et al., 2014; Tsapalis & Finlayson, 2014; Nyachwaya & Wood 2014). Die Studierenden äußern zwar den Wunsch nach Konzeptverständnis (Sözbilir, 2004), setzen jedoch gleichzeitig überwiegend algorithmische Lernweisen in der Physikochemie ein (Nyachwaya et al., 2014; Stamovlasis et al. 2005).

Zum anderen hängen die Überforderungen mit dem häuslichen Selbstlernen zusammen (Schwedler, 2017). Das Selbststudium ist u. a. der Rahmen für die Vor- und Nachbereitung von Vorlesungsinhalten und Klausuren und wird mit einem entsprechend hohen Leistungsanteil berücksichtigt (Europäische Kommission, 2015). Den höheren Gestaltungsfreiraum im Vergleich zur Schule füllen Studierende in der einführenden Chemieveranstaltung häufig mit Lernweisen wie wiederholtem Durchlesen von Notizen, Vorlesungsunterlagen und Lehrbüchern sowie dem Bearbeiten von (Altklausur-)Aufgaben (Ye et al., 2015). Probleme aufgrund der gesteigerten selbstregulativen Anforderungen stehen z. B. im Zusammenhang mit negativen Einstellungen gegenüber der Veranstaltung und einer geringen Selbstwirksamkeitserwartung (Grove & Bretz, 2012; Willson-Conrad & Grunert Kowalske, 2018).

Trotz der zentralen Rolle des Selbststudiums ist nur wenig darüber bekannt (Ye et al., 2015). Vorhandene Studien untersuchen oft nur einzelne Aspekte des Selbstlernens in der Allgemeinen oder Organischen Chemie und messen erfolgreiches Lernen anhand von Prüfungsergebnissen. Vor dem Hintergrund disziplinspezifischer Problemgeflechte sind jedoch besonders die Lernprozesse im Semesterverlauf und die Rolle des Verstehens von Interesse. Eine entsprechende Analyse des Selbststudiums fehlt vor allem in der Physikochemie. Daher ist es das Ziel des Forschungsprojekts, die Lernprozesse im Selbststudium der PC zu Studienbeginn umfassend zu charakterisieren und hinsichtlich ihrer Verständnisorientierung zu untersuchen.

Theoretische Perspektive – Selbstreguliertes Lernen

Eine solch holistische Charakterisierung ermöglichen die Theorien des Selbstregulierten Lernens (SRL) (Deing, 2019). Mithilfe von Lernstrategien, die einen zentralen Teil des SRL bilden, wird beschrieben, was die Studierenden während des häuslichen Selbstlernens tun. Lernstrategien sind dabei „jene Verhaltensweisen und Gedanken, die Lernende aktivieren, um ihre Motivation und den Prozess des Wissenserwerbs zu beeinflussen und zu steuern“ (Friedrich

& Mandl, 2006, S. 1). Sie lassen sich unterteilen in kognitive, metakognitive und ressourcenbezogene Strategien (Wild, 2005). Ferner berücksichtigt SRL die Komplexität des Selbststudiums, indem die Strategien in ein Gefüge aus individuellen Zielen und Vorstellungen, universitären und persönlichen Rahmenbedingungen sowie fachspezifischen Aspekten eingebettet werden. Diverse Modelle konzeptualisieren SRL mit unterschiedlichen Schwerpunkten. Zimmermans (2000) zyklisches Phasenmodell gliedert das Lernen in die Phase der Voraussicht (Zielsetzung und Strategieauswahl), die Phase der Ausführung (Strategieanwendung und Überwachung) und die Phase der Selbstreflexion (Ergebnisbewertung). Während Zimmerman bei SRL von einer erlernbaren Fähigkeit ausgeht, sehen Winne & Hadwin (1998) Lernen in ihrem Phasenmodell als grundsätzlich selbstreguliert an. Das prominente Schichtenmodell von Boekaerts (2017) legt über die kognitiven Verarbeitungs- und metakognitiven Regulationsprozesse hinaus besonderen Wert auf motivationale, affektive und emotionale Faktoren. Für dieses Forschungsprojekt wird Göllers (2020) Integration der SRL-Modelle in den Kategorien *Strategien*, *Ziele*, *Beliefs* und *Bewertungen* herangezogen. Aufgrund des Interesses an der Verständnisorientierung wird die Querschnittskategorie *Verstehen* ergänzt (Abb. 1). Diese fokussiert hinsichtlich der *Strategien* fachdidaktische Konzepte des Verstehens (Verknüpfungen im chemischen Dreieck nach Johnstone, 1991; Modellierungskreislauf nach Goldhausen, 2015) und Elaborationsstrategien. Bei den *Zielen* steht die Ausprägung des Lernziels, die Inhalte tief zu verstehen, im Vordergrund. In der Überlappung zu den *Beliefs* interessieren besonders die Selbstwirksamkeitserwartung der Studierenden in PC sowie die individuelle Begriffsdefinition von Verstehen in diesem Fach. Bezüglich der *Bewertungen* werden emotionale Reaktionen zum (mangelnden) Verstehen und Bewertungen von PC betrachtet.

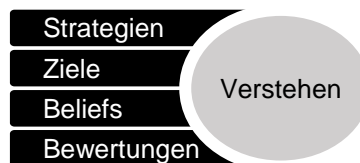


Abb. 1: Übersicht über die Hauptkategorien der Studie.

Forschungsfragen und -design

Das Forschungsprojekt ist geleitet von folgenden Forschungsfragen:

- F1) *Strategien*: Welche Lernressourcen und -strategien nutzen die Chemiestudierenden im Selbststudium der PC des ersten Semesters?
- F2) *Erklärungsansätze*: Wie lassen sich die individuellen Herangehensweisen mit berichteten *Zielen*, *Beliefs* und *Bewertungen* zum Selbststudium der PC erklären?
- F3) *Verstehen*: Wie definieren Studierende den Verstehensbegriff, inwieweit nutzen sie verständnisorientierte Strategien und welche *Ziele*, *Beliefs* und *Bewertungen* begründen diese?
- F4) *Veränderungen*: Inwieweit und wodurch verändert sich das Selbststudium der PC im Laufe des Semesters?

Für die Datenerhebung werden Selbstberichtverfahren eingesetzt. Diese bedingen zwar die Fähigkeit der Proband*innen, ihre Handlungen und Vorstellungen zu reflektieren und formulieren, haben jedoch nicht die Herausforderungen von Beobachtungsverfahren, bei denen die Lernprozesse häufig stark verzerrt bzw. nur in Ansätzen sichtbar werden (Spörer & Brunstein, 2006). Konkret wurde eine interviewbasierte Erhebungsstrategie entwickelt und im Rahmen

einer Pilotstudie (N = 15) am Ende des WS 20/21 evaluiert. Nach Anpassungen erfolgte im WS 21/22 die Hauptstudie. In dieser wurden Erstsemesterstudierende der Chemie und chemienaher Studiengänge (N = 22) in semesterbegleitenden problemzentrierten Interviews zu je drei Zeitpunkten (vor, während und nach der gesamten PC-Basisveranstaltung) nach ihren *Strategien, Zielen, Beliefs* und *Bewertungen* sowie der Rolle des Verstehens in ihrem Selbststudium der PC befragt. Derzeit wird die Interviewstudie im WS 22/23 erneut durchgeführt und durch Lerntagebucheinträge mit einer größeren Stichprobe trianguliert. Zur Datenauswertung werden die inhaltlich strukturierende sowie evaluative qualitative Inhaltsanalyse nach Kuckartz (2018) angewendet, wobei die Kategorienbildung deduktiv-induktiv erfolgt.

Erste ausgewählte Ergebnisse

Bezüglich der berichteten Strategien in PC (Forschungsfrage F1) decken sich die Schwerpunkte mit erfahrungs- und literaturbasierten Erwartungen. Erste Ergebnisse indizieren, dass das Lernen maßgeblich durch die von den Lehrenden gestellten Materialien (u. a. Übungsaufgaben) geprägt ist. Außerdem findet das Lernen häufig formelbasiert auf der symbolischen Ebene der Chemie statt. Tiefere Einblicke in die studentischen Arbeitsweisen deuten an, dass dieser Fokus auf die Symbolebene nicht zwangsläufig mit dem Auswendiglernen von Algorithmen einhergeht, sondern auch produktive Strategien wie elaboriertes Kovarianzdenken umfassen kann. Die Ergebnisse lassen sich nicht allein auf universitäre Strukturen zurückführen, auch die berichteten *Ziele, Beliefs* und *Bewertungen* liefern Erklärungsansätze (Forschungsfrage F2). Beispielsweise erwarten die Studierenden im Bereich der *Bewertungen* bereits vor der Veranstaltung oft höhere Anforderungen und eine niedrige Selbstwirksamkeit. Diese eher negativen Einstellungen bewahrheiten sich z. T. während des Semesters und können ähnlich wie bei Bretz & Grove (2012) ein Grund für weniger elaborierte Strategien sein.

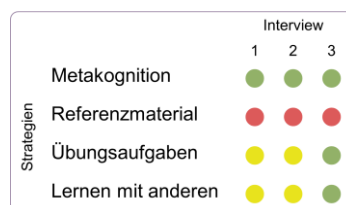


Abb. 2: Ausschnitt aus dem „Ampelsystem“ für einen ausgewählten Einzelfall. Die Ampelfarbe zeigt die Ausprägung in der jeweiligen Kategorie von rot = niedrig bis grün = hoch.

Für die Rolle des Verstehens (Forschungsfrage F3) wird ein „Ampelsystem“ entwickelt, das aus evaluativen Kategorien für die oben genannten Querschnittsaspekte des *Verstehens* besteht. Abb. 2 zeigt die Ausprägungen hinsichtlich der *Strategien* für einen Einzelfall. Während die Person durchgehend ihr eigenes Verstehen mittels metakognitiver Strategien überwacht und die Referenzmaterialien lediglich zur „Suche nach den Formeln“ (Zitat aus dem Einzelfall) verwendet, sinkt bei den Übungsaufgaben die Abhängigkeit von externen Quellen (u. a. Lösungsansätze aus dem Internet) im Semesterverlauf. Ferner wird das Lernen in der Gruppe zu Semesterende verständnisorientierter, da Aufgabenlösungen anders als zuvor nicht nur ausgetauscht, sondern auch gemeinsam reflektiert werden.

Die Auswertung läuft zurzeit noch. Die ersten Ergebnisse deuten jedoch das Potenzial der theoretischen Perspektive und des methodischen Vorgehens für das Forschungsziel an.

Literatur

- Bain, K., Moon, A., Mack, M. R. & Towns, M. H. (2014). A review of research on the teaching and learning of thermodynamics at the university level. *Chemistry Education Research and Practice*, 15(3), 320–335
- Boekaerts, M. (2017) Cognitive load and self-regulation: Attempts to build a bridge. *Learning and Instruction*, 51, 90–97
- Deing, P. (2019). Selbstreguliertes Lernen. Theoretische Grundlagen und Förderempfehlungen. In S. Rietmann & P. Deing (Eds.), *Psychologie der Selbststeuerung*. Wiesbaden: Springer, 319–345
- Europäische Kommission, Generaldirektion Bildung, Jugend, Sport und Kultur. (2015). *ECTS Leitfaden 2015*. Luxemburg: Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union
- Friedrich, H. F. & Mandl, H. (2006). Lernstrategien: Zur Strukturierung des Forschungsfeldes. In H. Mandl & H. F. Friedrich (Eds.), *Handbuch Lernstrategien*. Göttingen: Hogrefe, 1–23
- Goldhausen, I. (2015). *Mathematische Modelle im Chemieunterricht*. Berlin: uni-edition
- Göller, R. (2020). Selbstreguliertes Lernen im Mathematikstudium. Wiesbaden: Springer
- Grove, N. P. & Bretz, S. L. (2012). A continuum of learning: from rote memorization to meaningful learning in organic chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 13(3), 201–208
- Heublein, U., Ebert, J., Hutzsch, C., Isleib, S., König, R., Richter, J., et al. (2017). *Zwischen Studiererwartungen und Studienwirklichkeit*. Hannover: DZHW Forum Hochschule
- Johnstone, A. H. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of computer assisted learning*, 7(2), 75–83
- Kuckartz, U. (2018). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung. Grundlagentexte Methoden* (4. Aufl.). Weinheim Basel: Beltz Juventa
- Nyachwaya, J. M., Warfa, A.-R. M., Roehrig, G. H., & Schneider, J. L. (2014). College chemistry students' use of memorized algorithms in chemical reactions. *Chemistry Education Research and Practice*, 15(1), 81–93
- Nyachwaya, J. M., & Wood, N. B. (2014). Evaluation of chemical representations in physical chemistry textbooks. *Chemistry Education Research and Practice*, 15(4), 720–728
- Schwedler, S. (2017). Was überfordert Chemiestudierende zu Studienbeginn? *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 23, 165–179
- Sözbilir, M. (2004). What Makes Physical Chemistry Difficult? Perceptions of Turkish Chemistry Undergraduates and Lecturers. *Journal of Chemical Education*, 81(4), 573–578
- Spörer, N. & Brunstein, J. C. (2006). Erfassung selbstregulierten Lernens mit Selbstberichtsverfahren. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 20(3), 147–160
- Stamovlasis, D., Tsaparlis, G., Kamilatos, C., Papaoikonomou, D., & Zarotiadou, E. (2005). Conceptual understanding versus algorithmic problem solving: Further evidence from a national chemistry examination. *Chemistry Education Research and Practice*, 6(2), 104–118
- Tsaparlis, G., & Finlayson, O. E. (2014). Physical chemistry education: Its multiple facets and aspects. *Chemistry Education Research and Practice*, 15(3), 257–265
- Wild, K.-P. (2005). Individuelle Lernstrategien von Studierenden. Konsequenzen für die Hochschuldidaktik und die Hochschullehre. *Beiträge zur Lehrerbildung*, 23(2), 191–206
- Willson-Conrad, A. & Grunert Kowalske, M. (2018). Using self-efficacy beliefs to understand how students in a general chemistry course approach the exam process. *Chemistry Education Research and Practice*, 19(1), 265–275
- Winne, P. H. & Perry, A. F. (1998). Studying as self-regulated learning. In D. Hacker, J. Dunlosky & A. Graesser (Eds.), *Metacognition in educational theory and practice*. New York: Routledge, 277–304
- Ye, L., Oueini, R., Dickerson, A. P. & Lewis, S. E. (2015). Learning beyond the classroom: using text messages to measure general chemistry students' study habits. *Chemistry Education Research and Practice*, 16(4), 869–878
- Zimmerman, B. J. (2000). Attaining Self-Regulation: A Social Cognitive Perspective. In M. Boekaerts, p. R. Pintrich & M. Zeidner (Eds.), *Handbook of Self-Regulation*. San Diego, CA: Academic Press, 13–39

Wie nutzen Physik-LA-Studierende Online-Brückenkurse zur Mathematik?

Kurzfassung

In Fächern mit mathematischen Inhalten werden häufig Mathematikvorkurse angeboten. Das Verhältnis aus Aufwand und Ertrag gilt jedoch als umstritten (Austerschmidt et al., 2021, S. 129). Als alternativen Ansatz wird für Physik-Lehramtsstudierende an der PH Ludwigsburg ein Online-Brückenkurs angeboten. Der Ansatz besteht darin, auf Basis einer Diagnostik zu mathematischen Fähigkeiten ein individuelles Online-Lernangebot für die Studierenden zu erstellen. Eine formative Evaluation begleitet den Ansatz. Dazu wurden im Pre-Post-Design mathematische Rechenfähigkeiten erhoben und Kurzinterviews durchgeführt. Demnach eignet sich der Brückenkurs für den selbstbestimmten Erwerb elementarer Rechenfähigkeiten. Allerdings weisen schwächere Studierende hohe Motivationsprobleme auf. Um der Motivationsproblematik entgegenzuwirken, wird der Brückenkurs angepasst. Dazu soll eine Lernberatung zum Mathematiklernen angeboten werden.

Einleitung

Mathematische Vorkurse werden in vielen Studiengänge mit mathematischem Studienanteil standardmäßig angeboten (vgl. Hoppenbrock et al., 2016). Damit soll das mathematische Wissen der Studierenden unmittelbar vor oder zu Beginn des Studiums unterstützt werden. Die damit verbundenen Maßnahmen gelten als notwendig, weil sich Bildungsreformen der letzten Jahre für Mathematik-Kernstudiengänge eher als unvorteilhaft auswirken (vgl. Blömeke 2016, S. 9). An der Pädagogischen Hochschule ist es zudem typisch, dass Physik-Lehramtsstudierende das Studium nicht direkt nach dem Abitur an einem allgemeinbildenden Gymnasium aufnehmen, sondern entweder zuvor einen anderen Studiengang studiert haben oder von einer nichttechnischen beruflichen Schule kommen.¹ Um hohe Abbruchquoten zu vermeiden, die typischerweise mit fehlendem mathematischem Vorwissen verbunden sind (Heublein 2010, S. 68), und um die Effektivität des Physiklernens zu erhöhen, wurde an der PH Ludwigsburg der Brückenkurs entwickelt.

Konzept des Brückenkurses

Die Leitidee des Brückenkurses liegt darin, den Studierenden mit einer Diagnostik eine frühzeitige Rückmeldung zu ihren mathematischen Vorkenntnissen zu geben und sie individuell zu beraten. Im Folgenden werden die drei Bausteine des Kurses beschrieben.

Diagnostik: In der ersten Woche führen alle Erstsemesterstudierende (Lehramt Physik Sekundarstufe 1) einen Diagnostiktest zu mathematischen Rechenfähigkeiten durch (Bearbeitungszeit ca. 50 Minuten). Für den Test wurden Aufgaben von Krause und Reiners-Logothetidou (1979) verwendet und durch eigene Aufgaben ergänzt.

¹ Dies ist ein bundesweiter Trend. Knapp ein Drittel der Hochschulberechtigten werden nicht von allgemeinbildenden Gymnasien gestellt (vgl. Bildungsberichterstattung 2020, S. 143), wodurch die mathematischen Voraussetzungen der Studierenden sehr heterogen sind (vgl. Blömeke 2016, S. 5).

Beratung: In persönlichen Beratungsgesprächen (ca. 15 Minuten) erhalten die Studierenden eine Rückmeldung zu ihren Rechenfähigkeiten aufgeschlüsselt nach Themenbereich. Anschließend wird der Online-Brückenkurs vorgestellt. Die Studierenden werden dazu aufgefordert, mit dem Angebot selbstständig bis zum Ende des Wintersemesters zu arbeiten.

Online-Brückenkurs: Als Brückenkurs wird der Kurs von OMB+ verwendet. Der Kurs setzt sich aus Inhalten (Texte, Erklärvideos, Beispielaufgaben) sowie Übungsaufgaben zusammen. Ein modularer Aufbau ermöglicht das Lernen nach individuellem Bedarf.

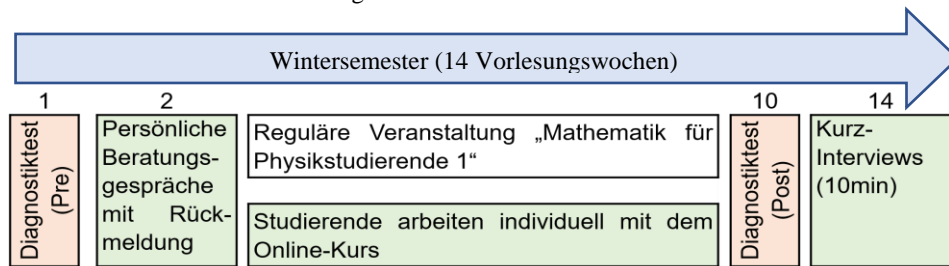


Abb. 1: Ablauf des Kurses im ersten Studiensemester, in dem auch die Veranstaltung „Mathematik für Physikstudierende 1“ stattfindet.

Formative Evaluation

Die Evaluation erfolgt anhand von zwei gesetzten Kriterien. Erstens soll die Bestehensquote in der Klausur zur Mathematik für Physikstudierende 1 erhöht werden; sie liegt vor der Maßnahme bei etwa 50%. Zweitens sollen die Studierenden nach der Maßnahme in der Lage sein, mindestens 75% der Aufgaben des Diagnostiktests richtig zu lösen, da die damit verbundenen Fähigkeiten als Voraussetzung für den Studiengang betrachtet werden. Dazu wird der Diagnostiktest am Ende des Wintersemesters wiederholt eingesetzt (Pre-Post-Design, vgl. Abb. 1). Mit Studierenden, die die Kriterien nicht erfüllen, werden Einzelinterviews durchgeführt. Dabei sollen Ursachen für die ausbleibende Wirkung des Kurses bei diesen Studierenden identifiziert werden. Die Kurzinterviews (ca. 10 Minuten) finden eine Woche nach dem zweiten Diagnostiktest statt. Die Studierenden werden dazu befragt, wie sie mit dem Brückenkurs gelernt haben. An beiden Erhebungen haben 17 Studierende (Physik, Sekundarstufe 1) teilgenommen. Dabei handelt es sich um drei Jahrgänge (2019-2021).

Ergebnis aus der Pre-Post-Erhebung

Etwa die Hälfte der Studierenden ($N=8$) erreicht keines der beiden Evaluationskriterien, d. h. sie haben die Klausur nicht bestanden und lösen im Post-Test weniger als 75% der Aufgaben richtig (vgl. Abb. 2). Bei einer Itemanalyse fällt auf, dass die meisten dieser Studierenden zwar elementare Rechenfähigkeiten in der Post-Erhebung aufweisen (Bruchrechnen, Potenzgesetze, einfache Funktionen grafisch darstellen). Schwierigkeiten treten aber bereits bei leicht erhöhter Kom-

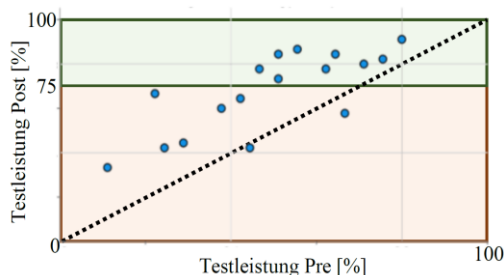


Abb. 2: Testleistung der Studierenden als Streudiagramm. Studierende im roten Bereich haben das Evaluationskriterium nicht erreicht.

plexität auf, d. h. wenn die Lösung einer Aufgabe mehrere elementare Rechenfähigkeiten erfordert (Gleichungen mit Wurzeln und Brüchen, quadratische Gleichungen, binomische Formeln, Differenzieren, Integrieren, Komplexe Zahlen). Bei Studierenden, deren Testleistung unter dem gesetzten Kriterium liegt, wurde auf Basis demografischer Angaben explorativ nach gemeinsamen Merkmalen gesucht. Dabei zeigt sich, dass bei diesen Studierenden das Abitur mindestens zwei Jahre zurück liegt und / oder sie ein Fachabitur an einer beruflichen Schule erworben haben. Dagegen erweisen sich unerwartet die Merkmale *Mathematik als Zweitfach* und *Mathematiknote im Abitur* nicht als prädiktiv für Erfolg in der Klausur und im Diagnostiktest. Es ist zu beachten, dass diese Ergebnisse aufgrund der kleinen Stichprobe nicht verallgemeinerbar sind.

Ergebnisse aus den Kurzinterviews

Mit Studierenden, die das Evaluationskriterium im Post-Test nicht erfüllt haben, wurden am Ende des Semesters Kurzinterviews durchgeführt. Dabei zeigt sich, dass fünf der $N=8$ Studierenden den Online-Kurs trotz der Rückmeldung aus dem Diagnostiktest nicht genutzt haben. Dem Interview zufolge bewerten diese Studierenden das Angebot aus Diagnostik, Beratung und Online-Kurs dennoch als positiv und sinnvoll. Sie geben motivationale Gründe dafür an, das Angebot nicht genutzt zu haben. Folgendes sind typische, paraphrasierte Aussagen: *Ich hatte keine Zeit - Ich habe trotz der alarmierenden Rückmeldung aus der Diagnostik erst kurz vor der Klausur angefangen zu lernen - Mir hat die Motivation gefehlt - Der Klausurdruck ist gut, ohne diesen Druck würde ich überhaupt nicht lernen.*

Diskussion der Ergebnisse

Die Maßnahme scheint bei vielen Studierenden mit Bedarf nicht sehr effektiv zu sein. Dieses Verhalten gilt auch bei Vorkursen als typisch, die eher von Studierenden mit geringem Bedarf (z. B. gute Abiturnoten) genutzt werden (vgl. Austerschmidt 2021, S. 136). Pandemiebedingte Einschränkungen könnten die Maßnahme zusätzlich negativ beeinflusst haben. Dennoch stellt sich die Frage, warum viele Studierende das Angebot des Brückenkurses nicht genutzt haben und erst mit Klausurdruck zu lernen beginnen. Der Kern der Problematik liegt der Interviewstudie zufolge weder im didaktischen Lernangebot noch in fehlenden kognitiven Voraussetzungen der Studierenden. Problemfelder scheinen dagegen im Verhalten der Studierenden in Bezug auf das Mathematiklernen zu liegen. Konkret betrifft dies die Organisation des Mathematiklernens sowie Emotion und Motivation beim Mathematiklernen. Anstatt das didaktische Angebot zu vergrößern (z. B. durch zusätzliche Kurse oder Tutorien), wird deshalb das Beratungsangebot erweitert. Als Basis dient die Lernberatung von Friedewold et al. (2018). In der Erstberatung (Abb. 1) sollen Problemfelder erschlossen werden, die die Studierenden beim Mathematiklernen haben. Das Ziel der Beratung liegt zunächst darin, dass die beratene Person ihr eigenes Erleben von Mathematiklernen versteht. Anschließend werden Lösungsschritte gemeinsam erarbeitet (z. B. Lernpläne). In freiwilligen Folgegesprächen können das Vorgehen reflektiert oder neue Problembereiche identifiziert werden.

Danksagung

Das diesem Beitrag zugrundeliegende Vorhaben wird im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01JA1907B gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.

Literatur

- Austerschmidt, K. L., Bebermeier, S. & Nussbeck, F. W. (2021). Nutzung und Effekte mathematischer Vorkurse in verschiedenen Studienfächern. *die Hochschullehre*, 7(16), Artikel 1, 126–142.
- Autorengruppe Bildungsberichterstattung (2020). *Bildung in Deutschland 2020. Ein indikatorengestützter Bericht mit einer Analyse zu Bildung in einer digitalisierten Welt*. wbv Media.
- Blömeke, S. (2016). Der Übergang von der Schule in die Hochschule: Empirische Erkenntnisse zu mathematikbezogenen Studiengängen. In A. Hoppenbrock, R. Biehler, R. Hochmuth & H.-G. Rück (Hrsg.), *Lehren und Lernen von Mathematik in der Studieneingangsphase: Herausforderungen und Lösungsansätze* (S. 3–13). Springer Spektrum.
- Friedewold, D. J., Kötter, L., Link, F. & Schnieder, J. (2018). *Stolperstein Mathematik: Lernberatung für Studierende gestalten*. wbv.
- Heublein, U., Hutzsch, C., Schreiber, J., Sommer, D. & Besuch, G. (2010). Ursachen des Studienabbruchs in Bachelor- und in herkömmlichen Studiengängen: Ergebnisse einer bundesweiten Befragung von Exmatrikulierten des Studienjahres 2007/08. HIS: Forum Hochschule.
- Hoppenbrock, A., Biehler, R., Hochmuth, R. & Rück, H.-G. (Hrsg.). (2016). *Lehren und Lernen von Mathematik in der Studieneingangsphase: Herausforderungen und Lösungsansätze*. Springer Spektrum. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-10261-6>
- Krause, F. & Reiners-Logothetidou, A. (1979). Der bundesweite Studieneingangstest Physik 1978. *Physikalische Blätter*, 35(11), 495–510.
- OMB+ (Online Mathematik Brückenkurs Plus). Bach, V. & Krieg, A. (Leitung). www.ombplus.de

Melanie Grenda¹
 Renan Vairo Nunes¹
 Friederike Korneck¹

¹Goethe-Universität Frankfurt am Main

Arbeitssituation und -zufriedenheit von Physiklehrkräften

Motivation

Der Lehrkräftemangel in Deutschland, insbesondere in den MINT-Fächern ist eine Herausforderung für die Lehrkräfte an den Schulen sowie das gesamte Bildungssystem (Vairo Nunes et al., 2021a; Korneck et al., 2021). Durch die Situation der Lehrkräfte, die zurzeit den Fachlehrkräftemangel in ihren Kollegien ausgleichen, stellt sich die Frage, ob diese Lehrkräfte weiterhin, wie in vorhergegangenen Studien, berufszufrieden sind (Gehrmann, 2004, Vairo Nunes & Korneck, 2022). Daher wurde im Rahmen einer Staatsexamensarbeit für das Lehramt an Gymnasien (Kollien, 2021) eine Interviewstudie zu der Arbeitssituation und -zufriedenheit von Physiklehrkräften durchgeführt. Diese Interviews entstanden im Zusammenhang mit der übergeordneten, quantitativ angelegten Forschungsstudie MINT-Personal (Vairo Nunes et al., 2021b), in der die Arbeitssituation von MINT-Lehrkräften an allgemein- und berufsbildenden Schulen in einer zweiphasigen Online-Erhebung untersucht wird. Im Beitrag werden zentrale Ergebnisse der Interviewstudie vorgestellt.

Interviewstudie

Die thematische Orientierung des Interviewleitfadens erfolgte an der übergeordneten Forschungsstudie und die Staatsexamensarbeit ging folgenden Forschungsfragen nach:

1. *Wie beurteilen Physiklehrkräfte ihre eigene Arbeitssituation, die Zusammenarbeit im Kollegium und die Personalentwicklung an der Schule?*
2. *Wie zufrieden sind Physiklehrkräfte mit ihrem Beruf bzw. ihrer Berufswahl? Welche Rolle spielen dabei der eigene Professionalisierungsweg und die eigene Lehrkräftebiografie?*
3. *Was zeichnet aus der Perspektive von Physiklehrkräften guten Physikunterricht bzw. den optimalen Arbeitsplatz Schule aus?*

Insgesamt fanden 14 Interviews auf freiwilliger Basis statt und wurden sowohl online als auch persönlich durchgeführt. Die durchschnittliche Interviewdauer beträgt 67 Minuten. Im Laufe der Interviews wurde von den Teilnehmenden zusätzlich ein Auszug aus dem Fragebogen der MINT-Personal Studie ausgefüllt. Die Ergebnisse dieses Fragebogenteils der Interviews sind aufgrund der kleinen Stichprobe nicht alleinstehend aussagekräftig. Sie dienen vielmehr der Einordnung und dem Vergleich der Fälle mit den Ergebnissen der quantitativen Hauptstudie. Die Interviews wurden mit Hilfe des Programms MAXQDA transkribiert und codiert. Aufgrund des großen Datenumfangs erfolgte die Auswertung als qualitative Inhaltsanalyse mit Hilfe von Zusammenfassungen nach Mayring (2015) und Rädiker & Kuchartz (2019).

Stichprobenbeschreibung

An der Interviewstudie nahmen neben den regulär ausgebildeten Lehrkräften [lehramtsbasiertes Fachstudium und Referendariat im Schuldienst] sowohl Quereinsteigende [Fachstudium (nicht lehramtsbasiert) und Referendariat im Schuldienst] als auch Seiteneinsteigende [Fachstudium (nicht lehramtsbasiert) ohne Referendariat im Schuldienst] aus den Bundesländern Hessen und Hamburg teil. Zu den regulär ausgebildeten Lehrkräften gehören auch zwei Vertretungslehrkräfte, die derzeit ein lehramtsbasiertes Fachstudium besuchen und die als angestellte Lehrkräfte eigenverantwortlichen Physikunterricht im Schuldienst geben. Zwei der regulär ausgebildeten Lehrkräfte, sowie zwei Quereinsteigende befanden sich während der Interviews noch im Referendariat. Um die Arbeitssituation und -zufriedenheit in Bezug auf Merkmale der beruflichen Tätigkeit der Lehrkräfte zu untersuchen, wurden in der Stichprobenbeschreibung (Tabelle) zwei verschiedene Gruppierungen, basierend auf der Unterrichtserfahrung sowie der Arbeitszeit (Voll- bzw. Teilzeit), vorgenommen.

Tabelle: Stichprobenbeschreibung

| Interviewteilnehmer | | |
|---------------------------------|----------------------|----|
| Physiklehrkräfte | Gesamt | 14 |
| Professionalisierungsweg | Regulär ausgebildete | 10 |
| | Quereinsteigende | 3 |
| | Seiteneinsteigende | 1 |
| Bundesland | Hessen | 9 |
| | Hamburg | 5 |
| Arbeitszeit | Vollzeit | 5 |
| | Teilzeit | 9 |
| Unterrichtserfahrung | < 3 Jahre | 8 |
| | > 3 Jahre | 6 |

Exemplarische Ergebnisse

Insgesamt erzielte die qualitative Interviewstudie umfassende Ergebnisse mit vielfältigen und detailreichen Aussagen. Die Antworten der Lehrkräfte waren ausführlich und offen zu vielen positiven und negativen Aspekten des Lehrberufs. Die Auswertung der Ergebnisse erfolgte zu den genannten Forschungsfragen und insbesondere zu den vier Schwerpunkten Berufszufriedenheit, Arbeitssituation, Zusammenarbeit und Personalentwicklung.

Im Folgenden wird der Schwerpunkt der Berufszufriedenheit zur zweiten Forschungsfrage in Auszügen vorgestellt. Das Poster für die GDGP-Jahrestagung 2022 enthält zu all den genannten Schwerpunkten ausgewählte Zitate der interviewten Lehrkräfte.

Durch die Struktur der Interviews wurde eine direkte Frage nach der Berufszufriedenheit der Lehrkräfte erst gegen Ende des Interviews gestellt und diese bat um eine Selbsteinschätzung: „Wie zufrieden Sie mit dem eigenen beruflichen Handeln im Unterricht und im Kollegium, wenn Sie Ihrer Berufszufriedenheit eine Schulnote von 1-6 geben müssten?“ Interessant ist diese Frage aufgrund der divergierenden Antworten und deren Begründungen.

Während einige Lehrkräfte spontan eine Schulnote nannten und diese erläuterten, fiel dies anderen eher schwer. Beispielsweise äußerten einige Lehrkräfte zunächst eine Note, differenzierten diese dann aber in verschiedene Anforderungsbereiche wie die Arbeit mit Schüler*innen oder die Herausforderungen durch Vorgaben und Kommunikation des Kultusministeriums, usw. (vgl. Kollien, 2021, S. 57-61). Nach diesen Betrachtungen korrigierten sie die anfänglich genannte Note nach oben oder unten. Als abschließende Bewertung haben die regulär ausgebildeten Lehrkräfte Noten zwischen 1 und 4 sowie einmal eine 6 vergeben. Die Durchschnittsnote der regulär ausgebildeten Lehrkräfte entspricht einer 2,6. Die Quer- und Seiteneinsteigenden haben die Noten 2 bis 3 und zweimal eine 5 vergeben und somit eine Durchschnittsnote von 3,75. Bei der Einschätzung der Berufszufriedenheit in dieser Befragung scheint der Professionalisierungsweg eine große Rolle zu spielen.

Werden die Interviewpartner alternativ nach ihrer Unterrichtserfahrung gruppiert, da die interviewten Quer- und Seiteneinsteigenden weniger als 3 Jahre Unterrichtserfahrung hatten, zeigt sich ein geringerer Unterschied zwischen den beiden Gruppen. Daher lässt sich hier vermuten, dass die geringere Berufserfahrung nicht ausschließlich der Grund für die geringere Berufszufriedenheit der Quer- und Seiteneinsteigenden sein kann. Im Vergleich der Fragebogenwerte zu den Daten der quantitativen MINT-Personal Studie zeigen die interviewten Quer- und Seiteneinsteigenden eine geringere Berufszufriedenheit (vgl. Kollien, 2021, S. 64). Aufgrund der Interviewaussagen könnte der Ursprung dieser größeren Unzufriedenheit der für die Quer- und Seiteneinsteigenden schwierigere Einstieg in den Beruf sein, welcher in der Auswertung genauer betrachtet wurde (vgl. hierzu Kollien, S. 48-52).

Die regulär ausgebildeten Lehrkräfte nennen in den Interviews ebenso einige sich negativ auf die Berufszufriedenheit auswirkenden Aspekte, wie die Kommunikation des Kultusministeriums sowie die wenige Zeit sich um den Lernfortschritt der Schüler*innen zu kümmern, wodurch sie den eigenen Ansprüchen nicht mehr genügen können. Einige Lehrkräfte geben daher an, dass sie aufgrund der großen Belastung ihr Stundendeputat reduzieren, um besser mit dem Arbeitspensum umgehen zu können: „[D]ie Anzahl der Menschen, die Größe der Klassen und die Anzahl der Stunden sind eigentlich für den gesunden Beruf zu viel. Muss ich ganz ehrlich sagen. [...] wie viele Leute reduziert haben ja, und das ist hier glaube ich 60% haben reduziert und oft auch aus Kindergründen irgendwie so aber auch aus anderen Gründen einfach ja, eigentlich ist [es] allen wirklich zu viel“ (vgl. I5, LAA5_GY3, Pos. 735-740 zitiert aus Kollien, S. 41f).

Fazit

Die Ergebnisse der Interviewstudie zeigen, dass die Lehrkräfte dieser Stichprobe im Vergleich zu anderen Studien eher unzufrieden sind. Dies sollte aufgrund der ausführlichen und offenen Aussagen der Lehrkräfte dieser Interviewstudie zumindest zu einem kritischeren Blick auf bisherige Ergebnisse zur Berufszufriedenheit von Lehrkräften führen und Aspekte wie bspw. die Reduzierung des Stundendeputats zur Erhöhung der Berufszufriedenheit von einigen Lehrkräften, sowie die höhere Belastung aufgrund des Lehrkräftemangels in Betracht ziehen.

Literatur

- Gehrmann, A. (2004). Lehrerprofessionalität im Vergleich. In U. Carle & A. Unckel (Hrsg.), *Entwicklungszeiten: Forschungsperspektiven für die Grundschule* (S. 123–128). VS Verlag für Sozialwissenschaften. https://doi.org/10.1007/978-3-663-09944-4_15
- Kollien, M. (2021). Interviews mit Physiklehrkräften zu ihrer Arbeitssituation und -zufriedenheit sowie ihrem unterrichtlichen Handeln.
- Korneck, F., Oettinghaus, L., & Lamprecht, J. (2021). Physiklehrkräfte: Gewinnung -Professionalisierung - Kompetenzen. In S. Habig (Hrsg.), *Naturwissenschaftlicher Unterricht und Lehrerbildung im Umbruch? GDCP virtuelle Jahrestagung 2020* (Bd. 41, S. 4–21). Universität Regensburg. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.36584.49926>
- Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken*. 12., überarb. Aufl. Beltz.
- Rädiker, S., & Kuchartz, U. (2019). *Analyse qualitativer Daten mit MAXQDA: Text, Audio und Video*. Springer VS.
- Vairo Nunes, R., & Korneck, F. (2022). MINT-Personal: Arbeitssituation von Lehrkräften im MINT-Bereich. In H. van Vorst & S. Habig (Hrsg.), *Unsicherheit als Element von naturwissenschaftsbezogenen Bildungsprozessen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik e. V. virtuelle Jahrestagung 2021* (S. 224–227).
- Vairo Nunes, R., Korneck, F., Berger, J., Ziegler, B., Rönnebeck, S., & Parchmann, I. (2021a). Arbeitssituation und Professionalisierungswege von MINT-Lehrkräften. In S. Habig (Hrsg.), *Naturwissenschaftlicher Unterricht und Lehrerbildung im Umbruch? GDCP virtuelle Jahrestagung 2020* (Bd. 41, S. 633–636). Universität Regensburg.
- Vairo Nunes, R., Korneck, F., Berger, J., Ziegler, B., Rönnebeck, S., & Parchmann, I. (2021b). Entwicklung eines Testinstruments zur Untersuchung der Arbeitssituation von MINT-Lehrkräften. In J. Grebe-Ellis & H. Grötzebauch (Hrsg.), *PhyDid B, Didaktik der Physik, Beiträge zur virtuellen DPG-Frühjahrestagung 2021* (S. 203–207).

Melanie Herzig¹
Alexandra Dorschu¹

¹Hochschule Ruhr West

Modellierung von Authentizitätsempfinden im projektbasierten Lernen

Motivation

Projektbasiertes Lernen (PjBL) zeichnet sich vor allem durch ein authentisches Lernszenario aus, in dem sich die Lernenden mit realen, authentischen Problemstellungen beschäftigen (Kokotsaki, Menzies & Wiggins, 2016). Unter Nutzung eigener Vorgehensweisen arbeiten Lernende kollaborativ an der Entwicklung eines nicht vorbestimmten Endproduktes (Harmer & Stokes, 2014). Während die Selbstständigkeit der Lernenden zunimmt, tritt die Lehrperson mehr in den Hintergrund und steht beratend zur Seite (Frank, Lavy & Elata, 2003).

Zur frühen Förderung der Studienmotivation wurde ein projektbasierter Workshop für Erstsemesterstudierende der Ingenieurwissenschaften entwickelt (Herzig, Habel, Lang & Dorschu, 2021). In dem Workshop nehmen Studierende die Rolle von Werkstudierenden eines fiktiven Ingenieurbüros ein und arbeiten das Semester über in Teams an einem Projekt. Das Ziel besteht darin, ein nachhaltiges Energiekonzept für ein zu sanierendes Einfamilienhaus zu entwickeln. Die Lehrperson übernimmt hierbei die Rolle der Projektleitung.

Nach der ersten Durchführung des projektbasierten Workshops im Wintersemester 2020/2021 wurden einige Studierende im Hinblick auf ihre Akzeptanz und ihr Authentizitätsempfinden des neuen Workshops gegenüber interviewt. Dabei zeigte sich, dass die Studierenden das Konzept der Lehrveranstaltung, das eigenständige Arbeiten und die Projektidee als motivierend empfanden. Nicht immer war jedoch das Szenario des Ingenieurbüros präsent und wurde als authentisch empfunden. Die Studierenden hatten darüber hinaus zeitweise Schwierigkeiten von ihrer Rolle der Teilnehmenden der Lehrveranstaltung in die Rolle der Werkstudierenden zu wechseln und dort zu bleiben. Auch die Lehrperson wurde nicht immer als authentisch in ihrer Rolle der Projektleitung im PjBL-Szenario gesehen.

Die Interviews zeigen, dass eine der größten Herausforderungen bei der Umsetzung des PjBL im Erschaffen des authentischen Lernszenarios zu liegen scheint. Problematisch bei der Inszenierung eines authentischen Lernszenarios ist, dass es nicht selbstverständlich ist, dass Lernende etwas als authentisch wahrnehmen, das von Lehrenden als authentisch angenommen wird (Parchmann & Kuhn, 2018). Damit etwas als authentisch wahrgenommen wird, muss es nicht der tatsächlichen Realität entsprechen, sondern dem, was die Studierenden als ihre persönliche Realität annehmen (Bialystok, 2017). Authentizität kann somit als „eine Art subjektive Einschätzung der wahrgenommenen Echtheit verstanden werden“ (Schüttler, Watzka, Girwidz & Ertl, 2021, S. 112).

Modellierung von Authentizitätsempfinden im PjBL

Allgemein kann das Entstehen einer Authentizitätsempfindung in Lehr-Lern-Kontexten als Prozess beschrieben werden, der durch Interaktion zwischen einem Lernenden und einer Lehr-Lern-Situation initiiert wird (Betz, 2020; Dorschu, 2013). Im Zusammenhang mit PjBL fehlt

hier jedoch bislang sowohl eine ausreichende Definition des Begriffs der Authentizität (Strobel, Wang, Weber & Dyehouse, 2013) als auch eine Charakterisierung der stattfindenden Interaktion. Das Modell in Abb. 1 soll als Grundlage hierfür dienen und wird im Folgenden vorgestellt.

Nach dem Authentizitätsmodell von Betz (2020) tritt ein Lernender mit individuellen Personenmerkmalen in Interaktion mit einem nicht individuellen Lernsetting, das mit seinen Merkmalen einen für alle Lernenden gleichen, objektiven Rahmen bietet. Über die individuelle Wahrnehmung des Lernsettings wird eine mentale Repräsentation der Außenwelt bzw. Realwelt in der „mentalen Welt“ des Lernenden erzeugt (Nitz & Fechner, 2018).

Die Entstehung eines individuellen Authentizitätsempfindens impliziert immer den Abgleich mit einem Referenzpunkt (Bialystok, 2017). Um eine Bewertung der wahrgenommenen Außenwelt in Bezug auf die Einschätzung ihrer Authentizität bzw. Glaubwürdigkeit vornehmen zu können, muss das situative mentale Bild somit mit einem mentalen Referenzbild abgeglichen werden. Dieses Referenzbild ist durch Vorerfahrungen des Lernenden mit dem jeweiligen Kontext geprägt. Die Einschätzung kann umso besser durchgeführt werden, je bekannter ein Kontext für die jeweilige Person ist. Hierbei spielt die Häufigkeit, die Unmittelbarkeit und die Aktualität der Erfahrungen eine Rolle (van Vorst, Dorsch, Fechner, Kauertz, Krabbe & Sumfleth, 2015).

Das Authentizitätsempfinden kann in Bezug auf alle oder nur auf einzelne Merkmale des Lehr-Lern-Settings vorliegen (Betz, 2020).

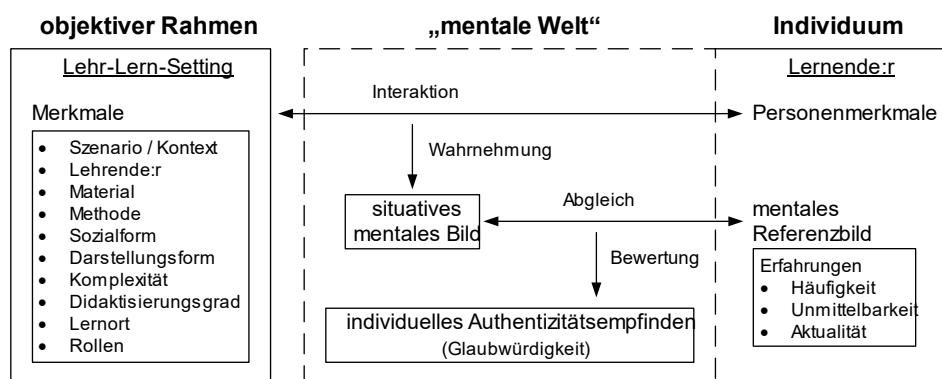


Abb. 1 Modell zur Bildung von individuellem Authentizitätsempfinden im PjBL (basierend auf Betz (2020) und van Vorst et al. (2015))

Ziel und Forschungsfragen

Auf Basis des entwickelten projektbasierten Workshops soll das vorgestellte Modell zur Bildung von Authentizitätsempfinden im PjBL untersucht werden. In einem ersten Schritt soll dazu die Interaktion zwischen dem Lehr-Lern-Setting und den Lernenden genauer charakterisiert werden. Dazu soll untersucht werden, ob sich Interaktionsformen und Interaktionstypen von Personen im PjBL identifizieren lassen. Darüber hinaus soll analysiert werden, welche Aspekte des PjBL-Settings als authentisch wahrgenommen werden und was genau sie authentisch erscheinen lässt. Aus den Ergebnissen lässt sich anschließend

untersuchen, ob sich Interaktionsmuster identifizieren lassen, die ein bestimmtes Authentizitätsempfinden aufweisen.

Methode und Design

Zur Untersuchung der Forschungsfragen wird ein exploratives Forschungsdesign verwendet (s. Abb. 2), da bislang keine genauen Informationen zu den zu untersuchenden Interaktionen vorliegen. Der projektbasierte Workshop wird im ersten Semester zweier Energiestudiengänge durchgeführt. Hierbei ist mit einer gemeinsamen Kohortengröße von 15 bis 20 Studierenden zu rechnen, weshalb vorwiegend qualitative Messverfahren eingesetzt werden. Die Studie läuft über ein komplettes Semester, bei wöchentlich stattfindender Lehrveranstaltung. Zu Beginn des Semesters (Prä-Messzeitpunkt) werden Kontrollvariablen, wie Personenmerkmale der Studierenden und ihre Studienmotivation mit adaptierten Messinstrumenten per Fragebogen erhoben. Das noch durch die Intervention unbeeinflusste mentale Bild eines Ingenieurbüros sowie einer Werkstudierendentätigkeit wird mit einem selbstentwickelten Instrument, bestehend aus offenen und geschlossenen Fragen, vor Interventionsbeginn erfasst. Während der laufenden Intervention wird die Interaktion der Studierenden mit dem Lernsetting per Video- und Tonaufnahmen wöchentlich erfasst. Nach der Hälfte des Semesters wird das individuelle Authentizitätsempfinden per offener Fragen erfasst, um eventuelle Veränderungen über das Semester hinweg messen zu können. Nach Abschluss der Intervention (Post-Messzeitpunkt) werden leitfadengestützte Interviews mit den Studierenden geführt, die Aufschluss über das Authentizitätsempfinden während des Semesters geben sollen. Hier wird Bezug zu den prä erfassten mentalen Bildern genommen.

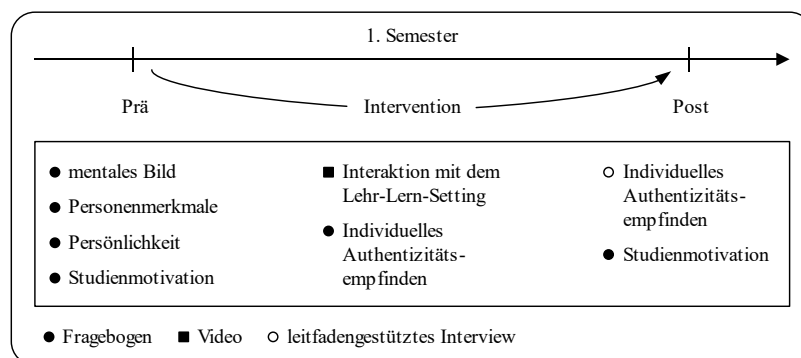


Abb. 2 Schema des Forschungsdesigns der explorativen Studie

Ausblick

Das vorgestellte Forschungsdesign wurde im Wintersemester 2021/2022 pilotiert, die Hauptstudie wird im Wintersemester 2022/2023 durchgeführt. Eine Auswertung der Ergebnisse schließt sich im Sommersemester 2023 an. Auf Basis der Daten sollen erste Aussagen getroffen werden können, welche Merkmale bei der Interaktion mit dem projektbasierten Lernsetting relevant in Bezug auf das Authentizitätsempfinden der Studierenden sind. Damit soll das vorgestellte Modell weiterentwickelt werden. Für eine empirische Bestätigung des Modells werden weitere, quantitative Studien durchzuführen sein.

Literatur

- Betz, A. (2020). Linguistik authentisch vermitteln. Eine Studie zur Wissenschaftsvermittlung in Schülerlabor und Schule am Beispiel des Ruhrdeutschen. Stauffenburg.
- Bialystok, L. (2017). Authenticity in education. In G. Noblit (Ed.), *The Oxford Research Encyclopedia of Education*. Oxford: Oxford University Press.
- Dorschu, A. (2013). Die Wirkung von Kontexten in Physikkompetenztestaufgaben. *Studien zum Physik- und Chemielernen* (Bd. 150). Berlin: Logos.
- Frank, M., Lavy, I. & Elata, D. (2003), Implementing the Project-Based Learning Approach in an Academic Engineering Course, *International Journal of Technology and Design Education*, Vol. 13, 273-288.
- Harmer, N. & Stokes, A., (2014), The benefits and challenges of project-based learning: A review of literature, PedRIO paper, Pedagogic Research Institute and Observatory (PedRIO), Plymouth University, Plymouth.
- Herzig, M., Habel, S., Lang, M. & Dorschu A. (2021). Projektbasiertes Lernen zur Motivation von Erstsemesterstudierenden. In S. Habig (Hrsg.) *Naturwissenschaftlicher Unterricht und Lehrerbildung im Umbruch? Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik online Jahrestagung 2020*, 521-524.
- Kokotsaki, D., Menzies, V. & Wiggins, A. (2016), Project-based learning: A review of the literature, *Improving Schools*, 19 (3), 267-277.
- Nitz, S. & Fechner, S. (2018). Mentale Modelle. In D. Krüger, I. Parchmann, & H. Schecker (Hrsg.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung*. Berlin, Heidelberg: Springer. 69-86.
- Parchmann, I. & Kuhn, J. (2018). Lernen im Kontext. In D. Krüger, I. Parchmann, & H. Schecker (Hrsg.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung*. Berlin, Heidelberg: Springer, 193-207.
- Schüttler, T., Watzka, B., Girwidz, R. & Ertl, B. (2021). Die Wirkung der Authentizität von Lernort und Laborgeräten auf das situationale Interesse und die Relevanzwahrnehmung beim Besuch eines naturwissenschaftlichen Schülerlabors. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 27(1), 109-125.
- Strobel, J., Wang, J., Weber, N. R. & Dyehouse, M. (2013), The role of authenticity in design-based learning environments: The case of engineering education, *Computers & Education*, Vol. 64, 143-152.
- van Vorst, H., Dorschu, A., Fechner, S., Kauertz, A., Krabbe, H., & Sumfleth, E. (2015). Charakterisierung und Strukturierung von Kontexten im naturwissenschaftlichen Unterricht –Vorschlag einer theoretischen Modellierung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 21(1), 29-39.

Svenja Schade¹
Insa Melle¹

¹TU Dortmund

Entwicklung eines digitalen Laborjournals

Motivation

Für angehende Lehrkräfte des Faches Chemie sind Laborpraktika ein essentieller Bestandteil ihres Studiums. Während sie in den ersten Semestern die Arbeitsweisen im Labor durch die fachlichen Praktika erlernen, sollen ihnen in den darauf aufbauenden fachdidaktischen Praktika für die Schule geeignete Versuche und Experimentierweisen nahegebracht werden. Obwohl sie dabei die Versuche häufig lediglich entsprechend der Vorschriften eines gedruckt zur Verfügung gestellten Skripts durchführen, ist es üblich, dass die Teilnehmenden zusätzlich ein Laborjournal führen, in welchem sie ihre Beobachtungen notieren und die Versuche auswerten. Die Skripte haben vielfach Kochbuchcharakter, wodurch Versuchsplanung und Interpretation in den Hintergrund rücken (Domin, 1999 nach Tobin, Tippins & Gallard, 1994). Das Laborjournal hingegen ist in seinem ursprünglichen Sinne das Dokumentationsmedium für die naturwissenschaftliche Forschung, es kann als „*Tagebuch eines experimentierenden Naturwissenschaftlers*“ (Ebel, Bliefert & Greulich, 2006, S. 16) beschrieben werden und bildet die Grundlage für spätere Veröffentlichungen (Ebel, Bliefert & Greulich, 2006). Die Einträge, die Studierende in den fachdidaktischen Praktika vornehmen, zielen jedoch nicht auf Publikationen ab. Die Theorie und die Ergebnisse sollten sie i. d. R. bereits im Vorfeld der Versuche antizipieren können. Die Anleitung für die Versuche sowie einige theoretische Informationen erhalten die Studierenden mit dem Skript. Wenn im Laborjournal *nur* Beobachtung und Auswertung festgehalten werden, benötigen sie zur Prüfungsvorbereitung oder zur späteren Unterrichtsplanung sowohl Skript als auch Laborjournal, um alle Informationen zu den Versuchen zur Hand zu haben. Es ist davon auszugehen, dass es komfortabler wäre, beides zu vereinen, beispielsweise zu einem digitalen Laborjournal. Durch die Kombination der beiden Dokumente würden auch die Anforderungen an den Inhalt eines Laborbuches, die Ebel, Bliefert & Greulich (2006) beschreiben, erfüllt. Das Ziel des hier beschriebenen Projektes ist es, ein solches digitales Laborjournal zu entwickeln und zu erproben. In der Literatur werden bereits multimediale Skripte beschrieben: Eine multimediale Vorbereitung wirkt sich positiv auf die Selbstständigkeit der Studierenden im Labor aus (Daubenfeld, 2012). Zudem finden sie es interessanter und geben an, mehr zu lernen als mit der Papierversion (Patterson, 2011). Grandrath & Bohrmann-Linde (2021) beschreiben ein E-Book, welches im Experimentalunterricht an Schulen eingesetzt werden kann: „*Sowohl Informationstexte, Versuchsanweisungen, Fotodokumentationen, Protokollmasken, Videos und Auswertungsformate sind in dem E-Book angelegt, sodass ein Arbeiten ohne Medienbruch möglich ist*“ (Grandrath & Bohrmann-Linde, 2021, S. 135). Die Lernenden nutzen dieses sowohl während der Durchführung als auch zur Auswertung, es wird ein positiver Unterstützungseffekt angenommen (Grandrath & Bohrmann-Linde, 2021).

Das Laborjournal Your_Lab

Mit dem im Rahmen des hier beschriebenen Projektes entwickelten Laborjournal (Your_Lab) sollen die Studierenden nach dem Abschluss des Praktikums eine vollständige und strukturierte Sammlung über die durchgeführten Versuche vorliegen haben, die einen nachhaltigen Mehrwert für sie bietet. Dabei werden die Inhalte des Skripts mit den Aspekten Beobachtung und Auswertung vereint und um digitales Material, wie Videos oder Links, sowie um Hilfestellungen und Anmerkungen ergänzt. Jeder Versuch ist dann protokollartig strukturiert. Somit soll Your_Lab Skript und Laborjournal nicht nur substituieren, sondern ist im SAMR-Modell nach Puentedura (2006) mindestens auf der Stufe der Modifizierung und damit im Bereich der Transformation einzuordnen.

Das Tool soll auf iPads zur Verfügung gestellt werden und die Lernenden in den verschiedenen Phasen eines Labortages unterstützen: Durch die multimediale Vorbereitung und ein Arrangement wie beim *Blended Learning* ist von einer intensiveren Vorbereitung auszugehen, und im Labor sollten sich die Studierenden sicherer fühlen, wenn sie leicht auf unterstützende Materialien, wie etwa Videos, zurückgreifen können (Graulich, 2021). Bei der Dokumentation des Aufbaus und der Durchführung der Versuche ist die Kamera des iPads hilfreich, da so Fotos oder Videos von den Studierenden direkt an die passende Stelle im Laborjournal eingefügt werden können (Hesser & Schwartz, 2013). Und auch bei der Nachbereitung des Labortages kann Your_Lab unterstützen. Post-Labor-Aufgaben sollen helfen, Bezüge herzustellen (Reid & Shah, 2007). Das können etwa Aufgaben zur Reflexion der Experimente und ihres schulischen Einsatzes sein oder Anreize, sich kritisch mit den Experimenten auseinanderzusetzen.

Your_Lab soll neben bekannten Formaten wie Texten und Versuchsanleitungen sowie Platz für Beobachtung und Auswertung auch Links zu weiteren Informationen bieten, die durch die Digitalisierung direkt aufgerufen werden können. Neben Videos, die zur Vorbereitung bereits enthalten sind, sollen auch eigene im Labor aufgenommene Fotos und Videos direkt in Your_Lab eingefügt werden können, ebenso wie eigene Skizzen. Das gewohnte Handschriftliche bleibt durch den Einsatz von iPads mit zugehörigen Stiften möglich. Gleichzeitig soll die Möglichkeit bestehen, Einträge auch über die Bildschirmtastatur oder eine physische Tastatur vornehmen zu können. Außerdem soll es möglich sein, Wichtiges zu markieren, Anmerkungen an den Text zu schreiben, z. B. wenn die Durchführung anders erfolgte als angegeben, und zu allen Punkten Notizen machen zu können. Des Weiteren soll Your_Lab, um seine Unterstützungsfunktion zu untermauern, Tipps zur Durchführung geben, ein Laborgeräte-Glossar und unbenotete Probeantestate beinhalten. Auch die Möglichkeit einer Vorlesefunktion könnte integriert werden. Eine zentrale Anforderung an das Tool ist, dass die Seiten mit sämtlichen Inhalten nach dem Praktikum so exportiert werden können, dass sie unabhängig vom Betriebssystem und besonderer Software von den Studierenden langfristig aufgerufen werden können.

Ziel des Projekts

Mit dem Einsatz von Your_Lab soll ergründet werden, inwieweit dadurch die Qualität der Laborjournale und das Zeitmanagement der Studierenden beeinflusst, die Praktikumsvorbereitung entlastet und die Fähigkeit, Versuche didaktisch einzuordnen, gefördert werden.

Ergebnisse einer Vorstudie

In einer ersten vorbereitenden Umfrage haben Chemie-Lehramtsstudierende ($N = 24$, davon 17 am Ende des Bachelorstudiums, 7 im Masterstudium) die im vorherigen Abschnitt beschriebenen Features auf einer fünfstufigen Skala nach ihrer Wichtigkeit eingestuft („Stellen Sie sich vor, es gäbe ein digitales Tool, in dem, Skript und Laborjournal verbunden werden. Über welche Features sollte dieses Tool ihrer Meinung nach verfügen und warum? 1 = überhaupt nicht wichtig; 5 = sehr wichtig“). Besonders wichtig sind den Studierenden Platz für eigene Notizen ($M = 4,42$), Texte wie im normalen Skript ($M = 4,25$) und Videos von den Versuchen ($M = 4,25$). Dass Videos als hilfreich empfunden werden, deckt sich mit den Befunden von Daubefeld (2012) und Patterson (2011). Eher nicht wichtig sind Studierenden Audiospuren mit Informationen ($M = 2,1$), die Möglichkeit, eigene Videos einzufügen ($M = 2,75$), und ein Laborgeräte-Glossar ($M = 2,9$).

Auch wenn sich nur zwei der Befragten nicht vorstellen könnten, mit Your_Lab zu arbeiten, muss beim weiteren Vorgehen berücksichtigt werden, dass die Studierenden zwar eine Vereinigung von Skript und Laborjournal positiv einschätzen („Ich fände es gut, wenn Skript und Laborjournal zusammengefasst würden“ $M = 3,46$ und „Es wäre viel praktischer, wenn im Skript Platz für die Dinge wäre, die man in das Laborjournal schreiben muss“ $M = 4,00$; 1 = trifft nicht zu; 5 = trifft zu), jedoch mit dem Status Quo auf den ersten Blick keine Schwierigkeiten haben: So finden die Befragten es eher gut, dass das Laborjournal ein analoges Dokument ist ($M = 3,54$), fänden die Vorbereitung nicht einfacher, wenn das Skript digital wäre ($M = 2,13$) und geben an, mit der Kombination von Skript und Laborjournal gut zurecht zu kommen ($M = 4,21$).

Ausblick auf das weitere Vorgehen

Zunächst sollen eine erste Version von Your_Lab und erste Instrumente entwickelt werden, sodass das Tool nachfolgend in einem fachdidaktischen Master-Praktikum pilotiert werden kann. Nach einer Überarbeitung soll es dann in einem fachdidaktischen Praktikum am Ende des Bachelorstudiums eingesetzt werden. Nach einer ersten Auswertung und weiteren Überarbeitung soll nachfolgend die zweite Hauptuntersuchung erfolgen.

Literatur

- Daubenfeld, T. (2012). E-Learning als integraler Baustein von Laborpraktika. *Nachrichten aus der Chemie*, 60(9), 884–887
- Domin, D. S. (1999). A Review of Laboratory Instruction Styles. *Journal of Chemical Education*, 76(4), 543
- Ebel, H. F., Bliefert, C. & Greulich, W. (2006). *Schreiben und Publizieren in den Naturwissenschaften*. (S. 16-24) Weinheim: Wiley
- Grandraht, R. & Bohrmann-Linde, C. (2021). E-Book-flankiertes Experimentalkonzept zu mikrobiellen Brennstoffzellen in der Sekundarstufe II. In N. Graulich, J. Huwer & A. Banerji (Hrsg.), *Digitalisation in chemistry education. Digitales Lehren und Lernen an Hochschule und Schule im Fach Chemie* (S. 133-141). Münster, New York: Waxmann
- Graulich, N. (2021). Blended Learning als Methode zur Unterstützung der fachdidaktischen Laborpraktika. In D. Graf, N. Graulich, K. Lengnink, H. Martinez & C. Schreiber (Hrsg.), *Edition Fachdidaktiken. Digitale Bildung für Lehramtsstudierende* (S. 41–46). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden
- Hesser, T. & Schwartz, P. (2013). iPads in the Science Laboratory: Experience in Designing and Implementing a Paperless Chemistry Laboratory Course. *Journal of STEM Education*, 14(2), 5–9
- Patterson, D. A. (2011). Impact of a multimedia laboratory manual: Investigating the influence of student learning styles on laboratory preparation and performance over one semester. *Education for Chemical Engineers*, 6(1), e10-e30
- Puentedura, R. R. (2006). Transformation, Technology, and Education. http://www.hippasus.com/resources/tte/puentedura_tte.pdf
- Reid, N. & Shah, I. (2007). The role of laboratory work in university chemistry. *Chem. Educ. Res. Pract.*, 8(2), 172–185
- Tobin, K., Tippins, D. J., & Gallard, A. J. (1994). Research on instructional strategies for teaching science. In D. L. Gabel (Ed.), *Handbook of research on science teaching and learning* (S. 45–93). New York: Macmillan

Simon Z. Lahme¹
 Andreas Müller²
 Pascal Klein¹

¹Universität Göttingen
²Universität Genf

Lehrveranstaltungsverbindende Experimentieraufgaben im Physikstudium

Motivation

Das Physikstudium ist traditionell in unterschiedliche Lehrveranstaltungen (u. a. Experimentalphysik und Mathematik) und Lehrformate (Vorlesung, Übung und Praktikum) gegliedert. Durch verschiedene, über die Semester oft variierende Zuständigkeiten und spezifische Normen neigt diese Struktur zu geringer Vernetzung der Lehre (Darling-Hammond, 2006). Hohe Kohärenz ist jedoch für die Effektivität von Lern- und Ausbildungsprozessen zentral (vgl. ebd. für Lehrkräftebildung), was für die Ausschöpfung des Potenzials inhaltlicher, methodischer und didaktischer Bezüge zwischen Lehrveranstaltungen und Ausbildungsphasen spricht. Kohärenz kann dabei im Physik(-lehramts-)studium auf unterschiedlichen Ebenen erreicht werden, z. B. durch einheitliches Pacing und gestaffelte Schwierigkeitsniveaus auf den Übungszetteln (Woitkowski, 2020), durch die tiefe Integration unterschiedlicher Unterstützungsmaßnahmen etwa zum selbstregulierten Lernen in die einzelnen Lehrveranstaltungen (Bauer et al., 2022) oder die Integration fachwissenschaftlicher und fachdidaktischer Inhalte innerhalb der Module im Physiklehramtsstudium (Universität Kassel, 2010). Da derartige Innovationen immer im Kontext örtlicher, struktureller und kultureller Rahmenbedingungen (z. B. Studienfächer, Curricula, Lehrformate) erfolgen, muss bei der Implementation neben einer kontinuierlichen Qualitätsentwicklung besonders auf eine integrative Gestaltung der Maßnahme und eine Gestaltung von Veränderungen zur Steigerung der Passung zwischen Maßnahme und Kontext geachtet werden (Euler & Seufert, 2004).

Programmübersicht

An der Universität Göttingen ist daher im Wintersemester 2022/23 ein Programm geplant, das sich in die bestehende Struktur des ersten Studiensemesters mit den Vorlesungen *Experimentalphysik I* (Mechanik) und *Rechenmethoden der Physik* sowie dem physikalischen Grundpraktikum einschmiegt, aber auf eine stärkere Vernetzung abzielt: Im Projekt *Digitalgestütztes vernetztes Lernen in der Studieneingangsphase Physik*, gefördert in der Linie *InnovationPlus* des Niedersächsischen Ministeriums für Wissenschaft und Kultur, bearbeiten die Studierenden in Kleingruppen über das erste Semester hinweg je eine Projektaufgabe. Hierbei handelt es sich um Experimentieraufgaben, die den Einsatz digitaler Technologien erfordern und Inhalte und Methoden der drei Lehrveranstaltungen kombinieren:

- *Experimentalphysik I*: Die Projektaufgaben adressieren Inhalte der Physikfachvorlesung, u. a. Translations-/Rotationsbewegungen, Energie-/Impulserhaltung, Reibung und mechanische Schwingungen. Neben den theoretischen Grundlagen der Experimente lehrt die Vorlesung auch die Prinzipien des naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozesses.
- *Rechenmethoden der Physik*: Für das Verständnis der theoretischen Grundlagen der Projektaufgaben und die Modellierung der Messdaten sind Inhalte der begleitenden Rechenmethoden-Vorlesung erforderlich, z. B. mehrdimensionale Integrale, Lösen von Differentialgleichungen, Vektorrechnung oder komplexe Zahlen und Summen.

- *Praktikum*: Die Projektaufgaben bedienen sich der im Praktikum gelehrt Methoden zur Messdatenerfassung und -auswertung.

Neben der Vernetzung der Lehrveranstaltungen sollen in diesem Programm auch besonders affektive und soziale Faktoren (z. B. Motivation, Neugier, Kollaboration) und adäquate Vorstellungen (z. B. zur Forschung in der Experimentalphysik) gefördert werden.

Theoretische Fundierung

Im Programm werden Experimentierprojektaufgaben hohen Offenheitsgrads implementiert. Solche *undergraduate research projects* haben sich in einer Metastudie als wirksam fürs MINT-Studium erwiesen (Ruiz-Primo et al., 2011) und auch die Forschung zu Physiklaborpraktika zeigt, dass offene, kompetenzorientierte, dem Prinzip des forschungsbasierten Lernens folgende Praktika wirksamer als kochrezeptartige Experimentieraufgaben sind (z. B. Holmes & Wieman, 2018; Etkina, 2015). Die Verwendung digitaler Technologien wie das Smartphone ermöglicht dabei nicht nur eine eigenständige Messdatenerfassung außerhalb universitärer Labore (Klein et al., 2021), sondern fördert z. B. auch Motivation (Hochberg, 2016) und Konzeptverständnis (Becker et al., 2020).

Programmablauf

Das Programm (s. Abb. 1) beginnt im November 2022 mit einer Auftaktveranstaltung, in der die Studierenden über den Ablauf informiert und die Projektaufgaben verteilt werden. Es folgt die selbstständige Projektarbeit in Kleingruppen an je einer Aufgabe, die mit der Präsentation der Ergebnisse auf einem wissenschaftlichen Poster im Januar 2023 endet. Abschließend verfassen die Studierenden individuell Reflexionsportfolios, in denen Sie Projektarbeit und Lernprozess reflektieren. Die Studierenden erhalten über die Projektlaufzeit bedarfsabhängig Support und Zwischenberatungen und nehmen im Dezember 2022 an einem Workshop zur kollaborativen Gestaltung von Experimentierprozessen und wissenschaftlichen Postern teil. Zur Auswahl stehen für die Studierenden insgesamt sieben verschiedene Projektaufgaben, die eine Adaption von Aufgaben aus dem EU-Projekt *DigiPhysLab* (Lahme et al., 2022a, im Druck; Website: www.jyu.fi/digiphyslab) sind. Die Aufgabendokumente enthalten neben einer kurzen Motivation eine Aufgabenstellung mit hohem Offenheitsgrad, den Experimentierprozess strukturierende Leitfragen, ausformulierte Lernziele, Zielformulierungen für das Poster, Hinweise zur Durchführung und zu Vertiefungsmöglichkeiten des Experiments sowie Literaturhinweise und weitere Hilfsmaterialien. Alle Projektaufgaben erfordern die selbstständige Einarbeitung in ein studienrelevantes Thema der Mechanik (z. B.



Abb. 1: Übersicht über den zeitlichen Programmablauf im Wintersemester 2022/23.

Rotationsbewegungen), die Messdatenerfassung mittels Smartphones sowie die (statistische) Datenanalyse und -visualisierung mit entsprechender Software (z. B. Origin oder Python).

Programmevaluation

Das Programm soll mit Blick auf drei Ziele umfassend evaluiert werden: *Erstens* sollen die Experimentierprojektaufgaben basierend auf gesammelten Erfahrungen und Rückmeldungen der Studierenden evidenzbasiert weiterentwickelt werden. *Zweitens* soll mit Blick auf die Kontextbedingungen im Sinne einer Machbarkeitsstudie geprüft werden, inwieweit typische Übungsaufgaben (rechenintensive Problemlöseaufgaben) in der Studieneingangsphase Physik durch eine experimentelle Projektaufgabe ersetzt und dadurch die Lehrveranstaltungen besser vernetzt werden können. *Drittens* soll untersucht werden, inwieweit sich im zeitlichen Verlauf des Projektes aus Sicht der Studierenden Veränderungen bezüglich affektiver und metakognitiver Faktoren und der Sichtweise auf Forschung in der Experimentalphysik ergeben.

Zur Erreichung dieser Evaluationsziele werden Daten aus mehreren Quellen erhoben (vgl. Abb. 2). Hierzu zählen auf qualitativer Ebene neben Beobachtungen und mündlichem Feedback eine Analyse der Projektprodukte (Poster und Portfolio) sowie Interviews mit einzelnen Gruppen. Auf quantitativer Ebene wird auf Instrumente zur Erfassung affektiver und metakognitiver Konstrukte, z. B. dem physikalischen Selbstkonzept (nach Dickhäuser et al., 2002), Neugier und Interesse/Engagement (nach Klein, 2016) oder Einstellungen zu digitalen Medien (nach Schmechting et al., 2020) zurückgegriffen. Zusätzlich werden die Vorstellungen zur Forschung in der Experimentalphysik (nach Teichmann., Lewandowski & Alemani, 2022), die wahrgenommene Qualität (nach Lahme et al., 2022a, im Druck) und Authentizität (nach Klein, 2016) der Aufgaben sowie die Vernetzung der Lehrveranstaltung (eigene Items nach Rehfeldt, 2017) teils mehrfach zu Beginn, Interim und gegen Ende des Programms erhoben. Parallel erfolgt in der Kohorte ein wöchentliches Monitoring (vgl. Lahme et al., 2022b, im Druck), etwa zum Belastungserleben (Fliege et al., 2001), dem Workload sowie dem Zugehörigkeitsgefühl zur physikalischen Community (nach Feser & Plotz, in Vorber.).

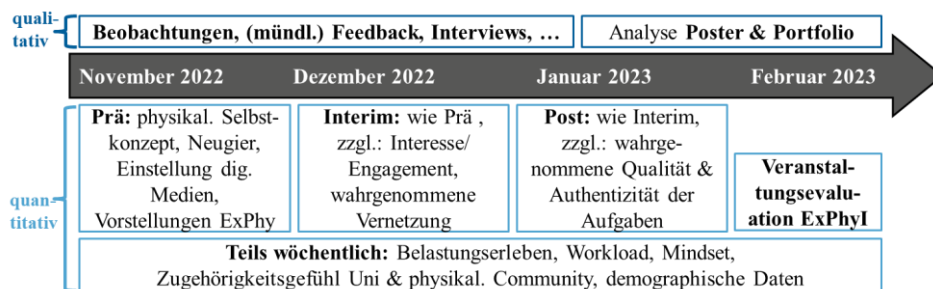


Abb. 2: Übersicht über das Design der Programmevaluation und die dabei betrachteten Konstrukte bzw. qualitativen und quantitativen Datenquellen.

Ausblick

Perspektivisch ergeben sich aus dem Evaluationsforschungsvorhaben zwei Outputs: Einerseits werden die Experimentierprojektaufgaben als *Open Educational Resources* (OERs) auf dem niedersächsischen OER-Portal *twillo* (Website: <https://www.twillo.de/oer/web/>) veröffentlicht. Andererseits ergeben sich Erkenntnisse zur Implementierung und evidenzbasierten Weiterentwicklung digitaler Experimentierprojektaufgabe in der Studieneingangsphase Physik.

Literatur

- Bauer, A. B., Woitkowski, D., Reuter, D. & Reinhold, P. (2022). Fachliche und überfachliche Herausforderungen in der Studieneingangsphase Physik. In U. Fahr, K. Alessandra, H. Angenent & A. Eßer-Lüghausen (Hrsg.), *Hochschullehre erforschen* (S. 339–361). Springer Fachmedien.
- Becker, S., Klein, P., Gößling, A. & Kuhn, J. (2020a). Using mobile devices to enhance inquiry-based learning processes. *Learning and Instruction*, 69, 101350.
- Darling-Hammond, L. (2006). Constructing 21st-Century Teacher Education. *Journal of Teacher Education*, 57(3), 300–314.
- Dickhäuser, O., Schöne, C., Spinath, B. & Stiensmeier-Pelster, J. (2002). Die Skalen zum akademischen Selbstkonzept. *Zeitschrift für Differentielle und Diagnostische Psychologie*, 23(4), 393–405.
- Etkina, E. (2015). Millikan award lecture: Students of physics - Listeners, observers or collaborative participants in physics scientific practices? *American Journal of Physics*, 83(8), 669-679.
- Euler, D. & Seufert, S. (2004). Von der Pionierphase zur nachhaltigen Implementierung - Facetten und Zusammenhänge einer pädagogischen Innovation. In D. Euler & S. Seufert (Hrsg.), *E-Learning in Hochschulen und Bildungszentren* (S. 1–24). DE GRUYTER.
- Feser, M. S., & Plotz, T. (in Vorbereitung). *Development of a single-item instrument for assessing pre-service primary school teachers' Sense of Belonging to Science*.
- Fliege, H., Rose, M., Arck, P., Levenstein, S. & Klapp, B. F. (2001). Validierung des "Perceived Stress Questionnaire" (PSQ) an einer deutschen Stichprobe. *Diagnostica*, 47(3), 142–152.
- Hochberg, K. (2016). *iMechanics: Smartphones als Experimentiermittel im Physikunterricht der Sekundarstufe II. Wirkung auf Lernerfolg, Motivation und Neugier in der Mechanik* [Dissertation]. Technische Universität Kaiserslautern https://kluedo.ub.uni-kl.de/frontdoor/deliver/index/docId/4445/file/160331_Diss_genehmigt.pdf
- Holmes, N. G. & Wieman, C. E. (2018). Introductory physics labs: We can do better. *Physics Today*, 71(1), 38–45.
- Klein, P. (2016). *Konzeption und Untersuchung videobasierter Aufgaben im Rahmen vorlesungsbegleitender Übungen zur Experimentalphysik (Mechanik)* [Dissertation]. Technische Universität Kaiserslautern. <https://www.uni-goettingen.de/de/document/download/8f76f0f86ffc48a34292baaaddbaead8.pdf/Dissertation%20KLEIN%20Pascal.pdf>
- Klein, P., Ivanjek, L., Dahlkemper, M. N., Jeličić, K., Geyer, M.-A., Küchemann, S. & Sušac, A. (2021). Studying physics during the COVID-19 pandemic: Student assessments of learning achievement, perceived effectiveness of online recitations, and online laboratories. *Physical Review Physics Education Research*, 17(1), Artikel 010117.
- Lahme, S. Z., Klein, P., Lehtinen, A., Müller, A., Pirinen, P., Sušac, A. & Tomrlin, B. (2022a, im Druck). DigiPhysLab: Digital Physics Laboratory Work for Distance Learning. *PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*.
- Lahme, S. Z., Cirkel, J. O., Hahn, L., Klein, P., Langendorf, R. & Schneider, S. (2022b, im Druck). Belastungstrajektorie in der Studieneingangsphase Physik. *PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*.
- Rehfeldt, D. (2017). *Erfassung der Lehrqualität naturwissenschaftlicher Experimentalpraktika*. Logos.
- Ruiz-Primo, M. A., Briggs, D., Iverson, H., Talbot, R. & Shepard, L. A. (2011). Impact of undergraduate science course innovations on learning. *Science*, 331(6022), 1269–1270.
- Schmechting, N., Puderbach, R., Schellhammer, S. & Gehrman, A. (2020). *Einsatz von und Umgang mit digitalen Medien und Inhalten in Unterricht und Schule: Befunde einer Lehrkräftebefragung zu beruflichen Erfahrungen und Überzeugungen von Lehrerinnen und Lehrern in Sachsen 2019*. TU Dresden, Zentrum für Lehrerbildung, Schul- und Berufsbildung. https://tu-dresden.de/zlsb/ressourcen/dateien/tud-sylber/Lehrkraeftebefragung_Digitalisierung_Broschuere_2020.pdf?lang=de
- Teichmann, E., Lewandowski, H. J. & Alemani, M. (2022). Investigating students' views of experimental physics in German laboratory classes. *Physical Review Physics Education Research*, 18(1), Artikel 010135.
- Universität Kassel. (2010). *Modulprüfungsordnung der Universität Kassel für den Teilstudiengang Physik für das Lehramt an Gymnasien vom 16.06.2010*. Kassel. <https://www.uni-kassel.de/uni/index.php?eID=dumpFile&t=f&f=1974&token=44a5de1064284cecf8a8fb8857b1cd7956d935e0>
- Woitkowski, D. (2020). Komplexitätsgestaffelte Übungsaufgaben zur Unterstützung im ersten Semester Physik. *PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*, 85–90.

Michael Komorek¹
Kai Bliesmer²

¹Universität Oldenburg
²Universität Koblenz-Landau

Forschendes Lernen am Gegenstand der Vermittlung Moderner Physik

Ein wichtiges Ziel der fachdidaktischen Anteile in lehramtsbezogenen Studiengängen ist, die Studierenden bei ihrer Entwicklung und Verbesserung von Lehr-Lern-Angeboten in einen Modus des fachdidaktischen Forschenden Lernens (Fichten & Weyland, 2020) zu versetzen. Denn so erleben sie Fachdidaktik einerseits als vollwertige Wissenschaft und werden andererseits kompetent darin, ihre Lehr-Lern-Angebote flexibel und iterativ an heterogene Zielgruppen adaptieren zu können. Um bei Studierenden einen solchen Habitus fachdidaktischen Forschenden Lernens aufzubauen, wurde ein Lehrkonzept (Komorek et al., 2022) entwickelt, das auf dem Modell der Didaktischen Rekonstruktion (Duit et al., 2012) fußt. Im Folgenden wird eine Realisation dieses Lehrkonzepts am Beispiel der Verknüpfung zweier Mastermodule vorgestellt. Dort werden in Kooperation zwischen Fachphysik und Physikdidaktik Lehr-Lern-Angebote zu Themen Moderner Physik von Lehramtsstudierenden entwickelt und beforscht.

Vermittlung Moderner Physik zur Motivation fachdidaktischen Forschenden Lernens

Für studentisches Forschendes Lernen in der Physikdidaktik eignet sich die Entwicklung und Beforschung von Lehr-Lern-Angeboten zur Modernen Physik. Hiermit sind in diesem Kontext Themen gemeint, die aktuell von den Arbeitsgruppen der Fachphysik an unserer Universität bearbeitet werden. Hierzu zählen u. a. die Themengebiete Kosmologie, medizinische Strahlenphysik, Nanophysik, Quantenmaterialien sowie Windphysik. Dass Studierende Inhalte zu diesem Themengebieten aufbereiten, lässt sich durch folgende vier Argumente begründen:

Argument der Aktualität: Da die genannten Themengebiete aktuell von den fachwissenschaftlichen AGs beforscht werden, sind entsprechende Lehr-Lern-Angebote hochaktuell und lassen daher erwarten, dass sie bei Adressat:innen der Angebote (Schüler:innen) auf Interesse stoßen.

Argument der Wissenschaftskommunikation: Da die zu entwickelnden Lehr-Lern-Angebote aktuelle Forschungsbereiche der fachwissenschaftlichen Arbeitsgruppen thematisieren, haben sie auch die Funktion der Wissenschaftskommunikation, tragen also ebenfalls der Forderung nach einer sog. Third Mission (Compagnucci & Spigarelli, 2020) der Universitäten Rechnung.

Argument der Kooperation: Die Angebote können weder von der Fachphysik noch der Physikdidaktik allein geschaffen werden. Im Sinne einer symbiotischen Implementationsstrategie (Gräsel & Parchmann, 2004) sind beide Player für die Schaffung sowohl fachgerechter als adressatengerechter Angebote nötig; daher bildet das Vorhaben ein ideales Kooperationsfeld.

Argument der Herausforderung: Da die didaktisch zu rekonstruierenden Themen neu sind, können die Studierenden nicht bereits vorhandene didaktischen Strukturierungen übernehmen. Sie müssen selbst fachlich klären, Lernendenperspektiven erheben und ihr Angebot schlussendlich didaktisch strukturieren. Dafür müssen sie fachdidaktisch-forscherisch tätig werden.

Didaktische Rekonstruktion als Instrument für Entwicklung und Forschung

Die folgende Abbildung illustriert, welche Aufgaben es im Sinne einer Didaktischen Rekonstruktion (Duit et al., 2012) während der Lehrveranstaltungen zu bearbeiten gilt.

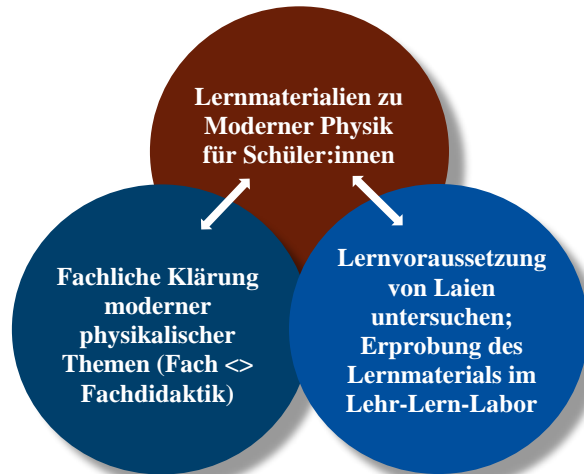


Abb. 1. Aufgabengefüge durch die Kombination der zwei u. g. Module

Jedes der Aufgabenfelder in Abbildung 1 motiviert fachdidaktische Forschungs- und Entwicklungsaufgaben, die in zwei Modulen bearbeitet werden. Im ersten Modul liegt der Fokus auf der Entwicklung eines Lernmaterials, im zweiten auf dessen Erprobung im Lehr-Lern-Labor.

Modul 1: Moderne Physik und ihre didaktische Umsetzung

Das physikdidaktische Mastermodul umfasst insgesamt 4 Semesterwochenstunden. Davon entfällt eine Hälfte auf ein Seminar und die andere Hälfte auf eine Übung. Ziel des Moduls ist die Entwicklung des Lernmaterials zu einem Thema aus dem Gebiet der Modernen Physik.

Funktion des Seminars: Alle Teilnehmenden kommen hier im Plenum zusammen. Die Studierenden werden zu Beginn in Kleingruppen (à ca. 4 Personen) eingeteilt. Jede der Kleingruppen sucht sich eine fachwissenschaftliche Arbeitsgruppe "Partner-AG" aus, die ihre Mitwirkung zugesagt haben. Die Einteilung bleibt während des gesamten Semesters bestehen. Im Seminar stellt jede Gruppe im Semester in einer Ideenwerkstatt regelmäßig ihren Fortschritt bei der Didaktischen Rekonstruktion ihres Themas und der diesbezüglichen Materialentwicklung vor, sodass sie im Seminar vom Dozierenden und ihren Kommiliton:innen Feedback erhalten.

Funktion der Übung: Die Übung findet nicht im Plenum statt, sondern dient der individuellen Betreuung der Kleingruppen. Im Zeitkontingent der Übung nehmen die Kleingruppen Kontakt mit ihren Partner-AGs auf und veranstalten "Paper-Clubs": Sie einigen sich auf ein konkretes Thema für das Lernmaterial, erhalten Literatur und werden fachlich beraten. Darüber hinaus nehmen die Kleingruppen Kontakt mit Dozierenden aus der Physikdidaktik auf und werden dort mit Blick auf die Recherche bzw. Erhebung von Lernendenvorstellungen sowie die Elementarisierung (Bleichroth, 1991) und did. Strukturierung ihres Lernmaterials betreut.

Modul 2: Physikdidaktische Forschung für die Praxis

Das physikdidaktische Mastermodul umfasst ebenfalls 4 Semesterwochenstunden, unterteilt in ein Seminar und eine Übung. Ziel des Moduls ist die empirische Untersuchung des vorab entwickelten Lernmaterials im Lehr-Lern-Labor physiXS mit Schüler:innen aus der Region.

Funktion des Seminars: Hier kommen alle Teilnehmenden im Plenum zusammen. Die Studierenden verbleiben i. d. R. in ihren bereits gebildeten Kleingruppen und arbeiten weiter an dem im vorigen Modul entwickelten Lernmaterial. Hier besteht die Aufgabe, das Lernmaterial in einer 90-minütigen Sequenz im Lehr-Lern-Labor zu erproben. Die Erprobung ist hierbei insofern fokussiert, als die Studierenden sich einer von ihnen formulierten Forschungsfrage widmen und diese dann mit einem geeigneten Forschungsansatz untersuchen – z. B. begleitende Beobachtung (Breidenstein, 2019), Fragebogen (Tiemann & Körbs, 2018), problemzentriertes Interview (Witzel & Reiter, 2022). Die Beantwortung der Forschungsfrage mittels qualitativer Inhaltsanalyse (Kuckartz, 2018) dient dazu, das Lernmaterial weiterzuentwickeln. Im Seminar stellen sie regelmäßig ihren Fortschritt bzgl. der Forschungsfragen, der Wahl ihrer Untersuchungsinstrumente sowie der Erprobung und Schlussfolgerungen vor und erhalten Feedback.

Funktion der Übung: Die Übung wird je nach Bedarf durchgeführt und dient der individuellen und fokussierten Beratung der Kleingruppen bzgl. ihrer Forschungsfragen, -instrumente sowie der Auswertung ihrer Forschungsdaten, die als Basis dienen, ihre Lernmaterialien zu optimieren. In das Zeitkontingent der Übung fällt ebenso die Vorbereitung und Durchführung der Sequenz im Lehr-Lern-Labor physiXS mit realen Schüler:innen, um ihre Lernmaterialien erproben, ihre Forschungsinstrumente anwenden und Daten generieren zu können.

Reflexion

Dass die Studierenden als Ausdruck Forschenden Lernens selbst didaktisch rekonstruieren, hat sich als recht aufwändig und herausfordernd für sie erwiesen. Das gilt vor allem mit Blick auf den schmalen Grat, ein sowohl fachgerechtes als auch adressatengerechtes Lernmaterial zu entwickeln. Um diesen Grat wurde in den Sitzungen stark gerungen, was jedoch die Eignung der Didaktischen Rekonstruktion für das studentische Forschende Lernen der Studierende in der Fachdidaktik unterstreicht. Trotzdem war allein die Entwicklung des Lernmaterials so zeitintensiv, dass dessen Erprobung nicht noch im selben Modul stattfinden konnte, sondern eines eigenen Moduls bedurfte. Deshalb war die Kombination zweier Module zwingend nötig, die den Studierenden erlaubte, sich über die Dauer von zwei Semestern ihrem der Entwicklung und empirischen Untersuchung ihres Lernmaterials zu widmen. Auch für den Dozierenden hat sich die Umsetzung der Module als Herausforderung erwiesen, da die Kleingruppen je eigene Forschungsprojekte repräsentieren, die es angemessen zu betreuen gilt.

Ob die Studierenden durch die Umsetzung des Moduls tatsächlich einen Forschenden Habitus bei der Entwicklung und Verbesserung von Lernmaterialien internalisiert haben, harrt der empirischen Untersuchung. Letztere lassen sich hier sehr gut anbringen und sind in Zukunft auch geplant, denn es lassen sich sehr wichtige hochschuldidaktische Fragen untersuchen, beispielsweise inwiefern diese Art der Umsetzung die Studierenden dahingehend kompetent macht, Materialien wissenschaftlich begründet an ihre Zielgruppen adaptieren zu können oder inwieweit durch diesen Ansatz ihre physikdidaktische Selbstwirksamkeit gestärkt wurde.

Literatur

- Breidenstein, G. (2009). Allgemeine Didaktik und praxeologische Unterrichtsforschung. In M. A. Meyer, M. Prenzel & S. Hellekamps (Hrsg.), *Perspektiven der Didaktik* (= Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, Sonderheft 9) (S. 201-215). VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Bleichroth, W. (1991). Elementarisierung, das Kernstück der Unterrichtsvorbereitung. *Naturwissenschaft im Unterricht. Physik*, 2(6), 4-11.
- Compagnucci, L. & Spigarelli, F. (2020). The Third Mission of the university: A systematic literature review on potentials and constraints. *Technological Forecasting & Social Change*, 52 (161).
<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120284>
- Duit, R., Gropengießer, H., Kattmann, U., Komorek, M. & Parchmann, I. (2012). The Model of Educational Reconstruction – a Framework for improving Teaching and learning Science. In D. Jorde & J. Dillon (Hrsg.), *Science Education Research and Practice in Europe. Retrospective and Prospective* (S. 13-37). Sense Publishers.
- Fichten, W & Weyland, U. (2020). Forschendes Lernen in der Lehrerinnen- und Lehrerbildung. In C. Cramer, J. König, M. Rothland & S. Blömeke (Hrsg.) *Handbuch für Lehrerinnen- und Lehrerbildung* (S. 673-680). Klinkhardt.
- Gräsel, C. & Parchmann, I. (2004). Implementationsforschung – oder: der steinige Weg, Unterricht zu verändern. *Unterrichtswissenschaft*, 32 (3), 196-214.
- Komorek, M., Bliesmer, K., Richter, C. & Sajons, C. (2022, im Druck). Modell adaptiv-zyklischen Forschenden Lernens für die Professionalisierung angehender Physiklehrkräfte. In H. Rautenstrauch (Hrsg.) *Forschendes Lernen in der Universität - Ein fach- und fachrichtungsbezogener Blick auf die Lehrkräftebildung*. Europa-Universität Flensburg.
- Kuckartz, U. (2018). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung*. Beltz Juventa.
- Tiemann, R. & Körbs, C. (2018). Die Fragebogenmethode, ein Klassiker der empirischen didaktischen Forschung. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschafts-didaktischen Forschung* (S. 283-295). Springer.
- Witzel, A. & Reiter, H. (2022). *Das problemzentrierte Interview – eine praxisorientierte Einführung*. Beltz Juventa.

Annika Lankers¹
 Franziska Klautke¹
 Heike Theyßen¹
 Philipp Schmiemann¹
 Stefan Rumann¹

¹Universität Duisburg-Essen

Umgang mit Heterogenität beim Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht

Hintergrund

Lehrkräfte begegnen im Schulalltag unterschiedlichen Lernvoraussetzungen, verschiedenen Fähigkeiten, Fertigkeiten und diversen Interessen ihrer Schüler:innen. Aufgabe der Lehrkraft ist es, dieser Vielfalt gerecht zu werden und die bestehende Heterogenität gewinnbringend in den Unterricht einzubeziehen (Scholz, 2016). Das Projekt „Professionalisierung für Vielfalt“ (ProViel); der Beitrag der Universität Duisburg-Essen in der QLB möchte dieser Herausforderung begegnen, indem angehende Lehrkräfte im Umgang mit Heterogenität sensibilisiert und auf damit verbundene Anforderungen im Lehrberuf vorbereitet werden.

Das Unterrichten von naturwissenschaftlichen Fächern, wie Biologie, Chemie und Physik, bietet besonders im Bereich der Erkenntnisgewinnung zahlreiche Möglichkeiten, um Unterricht durch Differenzierungsmaßnahmen an die Heterogenität von Schüler:innen anzupassen. Um Lehramtsstudierenden dieses fachspezifische Potenzial zur Gestaltung von heterogenitätssensiblen Unterricht zu vermitteln, haben die Fachdidaktiken Biologie, Chemie und Physik im Pro-Viel-Teilprojekt *PraxisLab* ein Seminarkonzept zum Thema *Umgang mit Heterogenität beim Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht* entwickelt und mit Lehramtsstudierenden erprobt.

Seminarkonzept

Das Seminar *Umgang mit Heterogenität beim Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht* richtet sich an Lehramtsstudierende der Fächer Biologie, Chemie und Physik, die sich am Ende des Bachelor- oder am Anfang des Masterstudiengangs befinden. Durchgeführt wird das Seminar in einem Blenden Learning-Format. Online stehen den Studierenden fünf aufbereitete Lernpakete zur Verfügung. Um einzelne Aspekte zu vertiefen und praktische Erfahrungen zu sammeln, finden begleitend Präsenzsitzungen statt. Im Folgenden wird das Seminarkonzept entlang der Lernpakete vorgestellt:

Lernpaket 1: Heterogenität kennenlernen

Die Studierenden werden an den Diskurs um das Thema Heterogenität herangeführt. Sie lernen

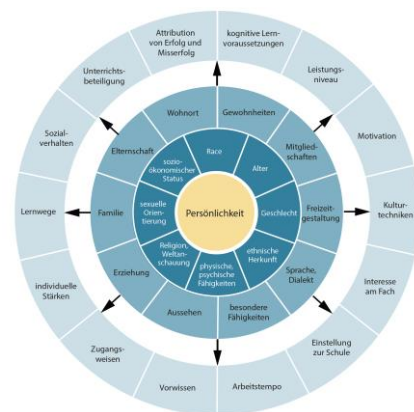


Abb. 1: Diversity-Rad verändert nach Gardenwartz & Rowe 2008, Plummer 2003 und Abels 2014

Heterogenität als Verschiedenheit von

Menschen im Hinblick auf einzelne oder mehrere Merkmale kennen (Scholz, 2016). Um die Breite an Heterogenitätsaspekten zu visualisieren und deren Relevanz für den schulischen Alltag zu verdeutlichen, wird das Diversity-Rad, siehe Abb. 1, angeführt (Lankers, Ferreira González & Schmiemann, 2021).

Lernpaket 2: Heterogenität erleben und anerkennen

Die Studierenden lernen ausgewählte Rechtsgrundlagen zum Umgang mit Heterogenität im Schulalltag kennen. Aufgegriffen werden unter anderem die UN-Behindertenrechtskonvention sowie Beschlüsse der KMK rund um die Förderung von Schüler:innen (Artikel 24, Beauftragte der Bundesregierung für die Belange von Menschen mit Behinderung, 2017; KMK, 2011). Zur greifbaren Visualisierung der bestehenden Heterogenität von Lernenden wird eine fiktive Schulklasse anhand von Schüler:innenportraits eingeführt. Diese Vorgehensweise ermöglicht den Studierenden, die Relevanz von Heterogenitätsaspekten in Lehrsituationen zu erfahren und ihr Denken und Handeln als zukünftige Lehrkräfte, in einem geschützten Rahmen, zu reflektieren.

Lernpaket 3: Heterogenität begegnen

Als Konzept im Umgang mit Heterogenität lernen die Studierenden das Universal Design for Learning (UDL) kennen. Dabei wird der Kerngedanke des UDL, die Reduktion von Barrieren in Methoden und Materialien des Fachunterrichts, fokussiert (Cast, 2011). Entsprechend der UDL-Prinzipien und Richtlinien werden Anwendungsmöglichkeiten für den naturwissenschaftlichen Unterricht erarbeitet und die Gestaltung von heterogenitätssensiblen Unterrichtsmaterialien thematisiert.

Lernpaket 4: Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht

Die Förderung experimenteller Kompetenzen spielt fächerübergreifend in den Naturwissenschaften eine wesentliche Rolle. Mit dem Modell experimenteller Kompetenz von Nawrath, Maiseyenko und Schecker (2021) lassen sich sieben experimentelle Teilfähigkeiten visualisieren. Das Modell kann beispielsweise zur Planung oder Reflexion von Unterrichtsmaterialien oder -sequenzen eingesetzt werden. Im Rahmen des Seminars nutzen die Studierenden das Modell, um Arbeitsmaterialien zur Förderung experimenteller Teilkompetenzen zu planen.

Lernpaket 5: Experimentieren mit UDL

Aufbauend auf diesen Grundlagen, v. a. zum UDL und zur Förderung experimenteller Kompetenz, entwickeln die Studierenden eine an heterogenitätssensiblen Gestaltungsmerkmalen orientierte Unterrichtsstunde. In Kleingruppen planen die Studierenden eine Experimentierstunde, in der sie eine experimentelle Teilkompetenz fokussieren und zugleich verschiedene Richtlinien des UDL berücksichtigen. In der dritten, abschließenden Präsenzsitzung erproben die Kleingruppen ihr Unterrichtsmaterial mit ihren Kommiliton:innen, welche die Rollen fiktiver Schüler:innen einnehmen. Auf diese Weise können die Studierenden aus Lehrenden- und Lernendensicht ihre Entwicklung erproben und reflektieren. Eindrücke siehe Abbildung 2.



Abb. 2: Studierende bei der Entwicklung des Unterrichtsmaterials.

Erprobung des Seminarkonzepts

Das Seminarkonzept wurde im Wintersemester 2021/2022 an der Universität Duisburg-Essen mit 19 Lehramtsstudierenden erprobt. Das Blended-Learning Format ermöglicht ein eigenständiges Bearbeiten der online zur Verfügung stehenden Lernpakete. Diese wurden sukzessive, nach Absolvierung einer Lernstandskontrolle zum vorherigen Lernpaket, für die Studierenden freigeschaltet. Um das Gelernte zu sichern und praktische Erfahrungen zu ermöglichen, wurden drei Präsenzsitzungen integriert. In den Präsenzterminen wurden Fragen zu den inhaltlichen Schwerpunkten besprochen und in Kleingruppen thematische Vertiefungen erarbeitet. Besonders thematisiert wurde die Erstellung und abschließende wechselseitige Erprobung von Unterrichtsmaterial unter Einbezug des UDL.

Zur Evaluation der Lernpakete und Präsenzsitzungen haben die Studierenden im Anschluss an jedes Lernpaket Evaluationsfragen zur formalen und inhaltlichen Gestaltung, zum zeitlichen Umfang sowie zu Verbesserungsvorschlägen beantwortet.

Fazit der Durchführung

Die qualitativen Rückmeldungen der Studierenden zum Seminar fielen sehr positiv aus. Besonders herausgestellt wurde, dass die Erprobung im Rahmen der fiktiven Schulklasse das Bewusstsein für Heterogenität und den sensiblen Umgang damit gestärkt hat. Die praktischen Elemente werden bei einer erneuten Durchführung des Seminarkonzepts noch stärker in den Vordergrund des Seminars rücken, um frühzeitig Arbeitsmaterialien zu erproben und Kompetenzen im Umgang mit Heterogenität zu schulen.

Die Erprobung des Seminarkonzepts hat auch gezeigt, dass hybrides Arbeiten mit den Lernpaketen gut funktioniert. So berichten die Studierenden keine Probleme im Verständnis der Inhalte. Ferner wurden die Präsenzsitzungen zwischen den Lernpaketen als sinnvoll eingeschätzt, da der Austausch über inhaltliche Schwerpunkte sowie das praktische Arbeiten den Verständnisprozess gestärkt haben.

Ausblick

Das Seminarkonzept wird im Wintersemester 2022/23 erneut angeboten. Es wurden kleine Anpassungen im zeitlichen Ablauf vorgenommen, jedoch das hybride Konzept sowie die Inhalte der Lernpakete beibehalten. Im Jahr 2023 soll das Seminarkonzept als Workshop weiterentwickelt werden, um auch Referendar:innen bei der heterogenitätssensiblen Unterrichtsplanung im naturwissenschaftlichen Unterricht zu unterstützen.

Literatur

- Abels, S. (2014). Diversität willkommen heißen im naturwissenschaftlichen Unterricht. *IMST* 13 (41), 8-10.
- CAST (2011). *Universal Design for Learning Guidelines version 2.0*. Wakefield, MA: Author. Online verfügbar unter: <http://www.udlcenter.org/aboutudl/udlguidelines/downloads> (Stand: 21.11.2021)
- KMK (2011). *Inklusive Bildung von Kindern und Jugendlichen mit Behinderungen in Schulen*, Beschluss vom 20.10.2011
- Beauftragter der Bundesregierung für die Belange von Menschen mit Behinderung (2017): *D UN-Behindertenrechtskonvention*. Beschluss vom 01.2017. Berlin
- Gardenwartz, L. & Rowe, A. (2002). *Diverse Teams at Work: Capitalizing on the Power of Diversity*. Alexandria, Virginia USA: Society for Human Resource Management
- Lankers, A; Ferreira González, L.; Schmiemann, P. (2021). Die Vielfalt im Unterricht nutzen. Heterogenität als Herausforderung und Chance. *Unterricht Biologie*, 463, S. 2-5
- Plummer, D. L. (2003). Overview of the Field of Diversity Management. In D. L. Plummer (Hrsg.), *Handbook of Diversity Management* (1-49). Lanham, MD, United States: University Press of America
- Nawrath, D.; Maiseyenko, V.; Schecker, H. (2011). Experimentelle Kompetenz – Ein Modell für die Unterrichtspraxis. *Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule*, Nr. 6, 42-48
- Scholz, I. (2016). *Das heterogene Klassenzimmer: differenziert unterrichten*. 2., unveränderte Auflage. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht

Freya Müller¹
Hilde Köster¹

¹Freie Universität Berlin

Naturwissenschaftsbezogene Potenziale bei Kindern im Übergang von der Kita in die Grundschule

Im Rahmen des BMBF-geförderten Forschungsverbunds „*Leistung macht Schule*“ (*LemaS*)¹ wird im Teilprojekt DiaMINT an der Freien Universität Berlin gemeinsam mit kooperierenden Kindertageseinrichtungen und Grundschulen ein Instrument zur Erfassung früher naturwissenschaftsbezogener Potenziale im Übergang Kita-Grundschule entwickelt und erprobt.

Problemstellung

Der Übergang von der Kita in die Grundschule stellt eine bedeutsame Schnittstelle in der Bildungsbiographie eines Kindes dar (Carle, 2018). Mit dem Ziel, eine Anschlussfähigkeit und Kontinuität der kindlichen Bildungsbiografie gewährleisten zu können, sollen diese Bildungsinstitutionen miteinander kooperieren (JFMK/KMK, 2009). In Hinblick auf die Forderung einer institutions- und professionsübergreifenden Kooperation, kann unter anderem die Weitergabe von Bildungsdokumentationen einen gelingenden Transitionsprozess unterstützen (Griebel & Niesel, 2011; Knauf, 2019). Dabei sollen diese kindliche Kompetenzbereiche und mögliche Begabungen erfassen (Holling et al., 2015). Bisher gebräuchliche Dokumentationsinstrumente für den Übergangsprozess betreffen vornehmlich sprachliche oder mathematische Kompetenzbereiche (z.B. Geiling, Liebers & Prengel, 2015). Zunehmend wird jedoch auch die Relevanz früher naturwissenschaftlicher Bildung anerkannt und eine frühzeitige Interessen- und Begabungsförderung in diesem Bereich gefordert (KMK, 2009, S. 2). So verweisen Bildungspläne bundesweit auf die Notwendigkeit einer Förderung früher Begabungen, bleiben dabei jedoch sowohl in der Bestimmung dessen, wie sich diese identifizieren lassen, als auch hinsichtlich von Merkmalsbeschreibung ungenau (BASFI, 2012; Müller, Mehrrens & Köster, 2021; Preissing, 2014). Auch wie sich naturwissenschaftliche Begabungen im Übergangsprozess von der Kita in die Grundschule erfassen lassen, bleibt noch weitgehend unklar.

Theoretisches Verständnis früher naturwissenschaftsbezogener Potenziale

Auf Grundlage eines pädagogischen Begabungsverständnisses (Weigand, 2011) und des im Rahmen des Projekts *LemaS* entwickelten Modells naturwissenschaftsbezogener Begabung für Kinder im Grundschulalter (Mehrrens, Köster, Rehfeldt & Müller, 2021) wird hier die Perspektive vertreten, dass sich Begabung in einem dynamischen individuellen Prozess, durch Wechselwirkung mit der Umwelt und durch Förderung und Anregung, entwickeln kann (Mehrrens, Müller, Rehfeldt & Köster, 2021; Reintjes, Kunze & Ossowski, 2019). (Leistungs-) Potenziale stellen somit unter dieser Perspektive eine auf Entwicklung und Entfaltung gerichtete Basis für (ggf. auch erst später als solche zu erkennende) Begabungen dar. Domänenspezifische Potenziale werden daher auch als Kompetenzen eines Kindes zu einem bestimmten Zeitpunkt verstanden, die über die gezeigte Leistung (Performanz) rekonstruiert werden

¹ Das Projekt wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) unter dem Förderkennzeichen 01JW1801B gefördert.

können. Es wird davon ausgegangen, dass durch den Einfluss von intra- und interpersonalen Faktoren die (Weiter-)Entwicklung der (Leistungs-)Potenziale gefördert oder gehemmt werden können (Käpnick, 2014). Bei einer optimalen Entwicklung der (Leistungs-)Potenziale können diese sich in überdurchschnittlicher Leistung zeigen, die dann als Begabungen wahrgenommen bzw. interpretiert werden (Mehrtens et al., 2021, S. 66–67).

Qualitatives Forschungsvorhaben und Methode

Mit dem Forschungsziel, ein Instrument zur Bildungsdokumentation von naturwissenschaftsbezogenen Potenzialen bei Kindern im Übergang von der Kita in die Grundschule zu entwickeln, wurde im Rahmen der ersten Teilstudie des Gesamtvorhabens eine Bedarfsanalyse durchgeführt. Ziel war es, einen Einblick darin zu erhalten, inwiefern in den projektteilnehmenden Kitas und Grundschulen Bildungsdokumentationen allgemeiner Art sowie in Bezug auf naturwissenschaftsbezogene Interessen, Kompetenzen und/oder Begabungen bei den Kindern bereits eingesetzt wurden. Damit sollten auch Erkenntnisse dahingehend generiert werden, welche Dokumentationsinstrumente durch die pädagogischen Fach- und Lehrkräfte als praxistauglich eingeschätzt würden. Darüber hinaus fragten wir auch nach der weiteren Nutzung der Dokumentationen im Übergang Kita-Grundschule, um zu erfahren, ob bzw. welche Kooperationsformen zwischen den Institutionen allgemein und bezogen auf domänenspezifische Daten genutzt werden. Im Rahmen der Teilstudie wurden mit insgesamt $N = 12$ Pädagoginnen² aus sechs Einrichtungen der Elementar- und Primarstufe eine Analyse unter folgenden Fragestellungen durchgeführt: Wie gestaltet sich die Ausgangslage der teilnehmenden Einrichtungen hinsichtlich: der Bildungsdokumentationen im Allgemeinen,

- der Kooperation zwischen den Bildungsinstitutionen Kita – Grundschule
- der Erfassung und Dokumentation naturwissenschaftsbezogener Potenziale bei den Kindern?

Mithilfe von leitfadengestützten Interviews (Helfferich, 2014), einer inhaltlich-strukturierenden Inhaltsanalyse und einer deduktiv-induktiven Kodierung wurde das gewonnene Datenmaterial aus den Interviews ausgewertet (Kuckartz & Rädiker, 2020). Der erstellte Leitfaden und die daraus resultierenden Themenbereiche gaben bei der Inhaltsanalyse die deduktiven Basis-kategorien vor. Aus der Basiskategorisierung wurden anschließend induktive und deduktive Subkategorien gebildet (ebd.).

Ergebnisse

Das Datenmaterial zeigt eine heterogene Ausgangslage hinsichtlich der verwendeten Bildungsdokumentationen, der Kooperationsstrukturen zwischen den teilnehmenden Bildungsinstitutionen und bzgl. der Erfassung und Dokumentation naturwissenschaftsbezogener Potenziale bei Kindern. So finden in manchen Kitas weder systematische Dokumentationen oder Kooperationen mit den angegliederten Schulen statt, während zwischen anderen regelmäßigen und intensiven Kooperationen gepflegt werden. Auch eine Weitergabe von Informationen aus den verwendeten Bildungsdokumentationen findet dort statt. Diese beziehen sich jedoch in der Regel auf sprachliche und mathematische Entwicklungen bei den Kindern. Eine systema-

² Drei der befragten Pädagoginnen waren nicht aus der LemaS Stichprobe und wurden miteinbezogen, um eine bessere Bandbreite darzustellen.

tische Beobachtung und Erfassung sowie die institutsübergreifende Weitergabe von Informationen über besondere naturwissenschaftsbezogene Potenziale bei Vorschulkindern im Übergang in die Grundschule konnte in keiner der Einrichtungen explizit nachgewiesen werden. Zudem konnte festgestellt werden, dass die jeweilige Ausgestaltung bzw. Gewichtung des naturwissenschaftlichen Bildungsbereichs unterschiedliche Ausprägungen aufweist. So konnte teilweise eine distanzierte Haltung gegenüber der Thematisierung naturwissenschaftlicher Inhalte und der Herausforderung, naturwissenschaftsbezogene Potentiale bei den Kindern dokumentieren zu sollen, bemerkt werden. Deutlich wurde dabei auch, dass der naturwissenschaftliche Bildungsbereich in den bereits eingesetzten Dokumentationsinstrumenten eine geringe bis keine Rolle spielt.

Die Informationen über die in den Einrichtungen genutzten Bildungsdokumentationen ergeben wichtige Anhaltspunkte dazu, nach welchen Kriterien diese konzipiert sein sollten, um von den Pädagoginnen als praxistauglich eingeschätzt zu werden. So fanden die befragten Pädagoginnen u.a. ein strukturiertes Beobachtungsinstrument, welches zudem Platz für eigene Notizen lässt, nützlich für den Einsatz im pädagogischen Alltag.

Ausblick

Durch die gewonnenen Erkenntnisse der ersten Teilstudie konnte der Bedarf an einer Bildungsdokumentation zur naturwissenschaftlichen Potenzialerschließung im Übergang Kita-Grundschule empirisch gestützt und Kriterien für die Praxistauglichkeit eines solchen Instrumentes formuliert werden. Auf Grundlage dieser Erkenntnisse sowie des theoretischen Verständnisses naturwissenschaftsbezogener Potenziale nach Mehrtens et al. (2021) wurde zunächst ein Prototyp der Bildungsdokumentation *NawiKids* entwickelt und unter gleichzeitiger Implementation des Konzepts Freies Explorieren und Experimentieren (FEE, Köster, 2018) sowie der Bereitstellung des für dieses Teilprojekt entwickelten FEE Kita-Experimentier-Sets in die pädagogische Praxis eingeführt. Durch iterative Designzyklen gemäß dem DBR-Ansatz (Reinmann, 2017) wurde der Bogen mehrfach formativ evaluiert und modifiziert.

Insbesondere durch die Evaluationsstudie konnten Daten gewonnen werden, die erste Hinweise darauf geben, dass durch den Einsatz des Bogens eine Sensibilisierung hinsichtlich der Bedeutung naturwissenschaftlicher Bildung und bzgl. der Interessen, Fähigkeiten und Kompetenzen der Kinder bei dem pädagogischen Personal stattfindet. Diese wird nun durch den ebenfalls entwickelten Analysebogen *NawiKita* hinsichtlich alltagsintegrierter naturwissenschaftlicher Lernumgebungen im pädagogischen Alltag noch weiter ausgebaut. Dieser Bogen setzt keine naturwissenschaftlichen Vorkenntnisse voraus und ist damit für alle Pädagoginnen im Kita-Alltag anwendbar. Im weiteren Forschungsprozess soll über die Nützlichkeit beider Bögen weitere Erkenntnisse gesammelt werden, die dann in die Optimierung beider Instrumentarien einfließen werden.

Literatur

- BASFI. (2012). *Hamburger Bildungsempfehlungen für die Bildung und Erziehung von Kindern in Tageseinrichtungen* (Behörde für Arbeit, Soziales, Familie & Integration, Hrsg.). Hamburg: Freie und Hansestadt Hamburg.
- Carle, U. (2018). Übergänge im Bildungswesen. In M. Gutzmann & M. Lassek (Hrsg.), *Kinder beim Übergang begleiten. Von der Anschlussfähigkeit zur gemeinsamen Verantwortung* (Beiträge zur Reform der Grundschule, Band 145, S. 11–21). Frankfurt am Main: Grundschulverband e.V.

- Geiling, U., Liebers, K. & Prengel, A. (2015). *Handbuch ILEA-T. Individuelle Lern-Entwicklungs-Analyse im Übergang*. Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg.
- Griebel, W. & Niesel, R. (2011). *Übergänge verstehen und begleiten: Transitionen in der Bildungslaufbahn von Kindern* (Frühe Kindheit: Ausbildung & Studium, 1. Aufl.). Berlin: Cornelsen.
- Helfferich, C. (2014). Leitfaden- und Experteninterviews. In N. Baur & J. Blasius (Hrsg.), *Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung* (S. 559–574). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Holling, H., Preckel, F., Vock, M., Roßbach, H.-G., Baudson, T. G., Gronostaj, A. et al. (2015). *Begabte Kinder finden und fördern. Ein Ratgeber für Eltern, Erzieherinnen und Erzieher, Lehrerinnen und Lehrer* (BMBF, Hrsg.). Berlin: BMBF. Zugriff am 28.10.2022. Verfügbar unter: <https://orbi.uni.lu/bitstream/10993/32976/1/2015-BMBF-Begabte%20Kinder%20finden%20und%20f%C3%B6rdern.pdf>
- JFMK/KMK - Jugend- und Familienministerkonferenz/Kultusministerkonferenz. (2009). *Den Übergang von der Tageseinrichtung für Kinder in die Grundschule sinnvoll und wirksam gestalten - Das Zusammenwirken von Elementarbereich und Primarstufe optimieren (Beschluss der Jugend- und Familienministerkonferenz vom 05.06.2009, Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 18.06.2009)*. Zugriff am 24.10.2022. Verfügbar unter: https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2009/2009_06_18-Uebergang-Tageseinrichtungen-Grundschule.pdf
- Käpnick, F. (2014). Fachdidaktik Mathematik. International Panel of Experts for Gifted Education. In iPEGE (Hrsg.), *Professionelle Begabtenförderung: Fachdidaktik und Begabungsförderung*, ÖZBF (S. 199–215). Salzburg: Eigenverlag.
- KMK. (2009). Empfehlung der Kultusministerkonferenz zur Stärkung der mathematisch naturwissenschaftlich-technischen Bildung: Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 07.05.2009. Zugriff am 28.10.2022. Verfügbar unter: https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2009/2009_05_07-Empf-MINT.pdf
- Knauf, H. (2019). *Bildungsdokumentation in Kindertageseinrichtungen. Prozessorientierte Verfahren der Dokumentation von Bildung und Entwicklung*. Wiesbaden: Springer.
- Köster, H. (2018). *Freies Explorieren und Experimentieren. Eine Untersuchung zur selbstbestimmten Gewinnung von Erfahrungen mit physikalischen Phänomenen im Sachunterricht* (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 55, 2., unveränderte Auflage). Zugl.: Hildesheim, Univ., Diss., 2006. Berlin: Logos-Verl.
- Kuckartz, U. & Rädiker, S. (2020). *Fokussierte Interviewanalyse mit MAXQDA. Schritt für Schritt* (1. Auflage 2020). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-31468-2>
- Mehrtens, T., Köster, H., Rehfeldt, D. & Müller, F. (2021). Naturwissenschaftsbezogene Leistungspotenziale bei Grundschulkindern diagnostizieren. In S. Habig (Hrsg.), *Naturwissenschaftlicher Unterricht und Lehrerbildung im Umbruch?* (S. 749–752).
- Mehrtens, T., Müller, F., Rehfeldt, D. & Köster, H. (2021). Modellierung naturwissenschaftlicher Leistungs- und Begabungspotenziale im Kita- und Grundschulalter. *PhyDid B-Didaktik der Physik-Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung, 1.*, 65-71.
- Müller, F., Mehrtens, T. & Köster, H. (2021). Die theoriegeleitete Erfassung früher naturwissenschaftlicher (Leistungs-) Potenziale im Übergangsprozess von der Kita in die Grundschule aus Perspektive einer inklusiven Begabungsförderung. *ELFo*, 3(2), 18–31.
- Preissing, C. (Hrsg.). (2014). *Berliner Bildungsprogramm für Kitas und Kindertagespflege* (Aktualisierte Neuaufl.). Berlin: Verl. Das Netz.
- Reinmann, G. (2017). Design-based Research. In D. Schemme & H. Novak (Hrsg.), *Gestaltungsorientierte Forschung - Basis für soziale Innovationen. Erprobte Ansätze im Zusammenwirken von Wissenschaft und Praxis* (Berichte zur beruflichen Bildung, S. 49–61). Bielefeld: W. Bertelsmann Verlag.
- Reintjes, C., Kunze, I. & Ossowski, E. (2019). Editorial: Begabungsförderung und Professionalisierung – Befunde, Perspektiven, Herausforderungen. In C. Reintjes, I. Kunze & E. Ossowski (Hrsg.), *Begabungsförderung und Professionalisierung. Befunde, Perspektiven, Herausforderungen* (S. 7–20). Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.
- Weigand, G. (2011). Geschichte und Herleitung eines pädagogischen Begabungsbegriffs. In Hackl, Armin, Steenbuck, Olaf, Weigand, Gabriele (Hrsg.), *Werte schulischer Begabtenförderung. Begabungsbegriff und Werteorientierung* (S. 48–54). Frankfurt am Main.

Leonie Jung¹
 Heike Theyßen¹
 Martin Dickmann¹

¹Universität Duisburg-Essen

Argumentbasierte Validierung für die Erfassung von Lernstilpräferenzen

Einleitung und Theoretischer Hintergrund

An Universitäten ist die Heterogenität von Studierendengruppen längst Realität (für eine genauere Beschreibung siehe Dickmann, Stender & Theyßen in diesem Tagungsbandbeitrag). Röpke, Zaric und Schroeder (2018) betrachten Lernstilpräferenzen als eine Möglichkeit, die Heterogenität von Studierenden bei der Gestaltung von Lerngelegenheiten zu berücksichtigen. Um eine Abstimmung zwischen angebotenen Lernmaterialien und Lernstilpräferenzen zu ermöglichen, ist es notwendig, diese Präferenzen möglichst ökonomisch und valide erfassen zu können. Mit dem „Index of Learning Styles“ (ILS) (Soloman & Felder, 2005) liegt ein Instrument zur Erfassung von Lernstilpräferenzen vor. Der ILS, beruht auf dem Lernstilmodell von Felder und Silverman (1988). Dieses unterscheidet acht Lernstilpräferenzen in vier Dimensionen (Abb. 1). Bei der

Präsentation von Informationen merken sich Studierende mit einer visuellen Präferenz Informationen, die z.B. als Bilder, Diagramme oder Filme dargestellt werden, besser. Studierende mit verbaler Präferenz, bevorzugen Informationen als Wörter in gesprochener oder geschriebener Form. In der Dimension **Wahrnehmung** bevorzugen Studierende mit einer sensorischen Lernstilpräferenz klar definierte Probleme, mit einem Bezug zum Alltag. Sie nutzen lieber bewährte Methoden zum Lösen eines Problems. Intuitiv Lernende hingegen bevorzugen Konzepte und Theorien. Sie nutzen lieber kreative Wege, um ein Problem zu lösen (Felder & Silverman, 1988). Bei der

Verarbeitung von Informationen arbeiten Studierende mit einer aktiven Präferenz bevorzugt in einer Gruppe und lernen am besten, wenn sie aktiv mit dem Lernmaterial arbeiten (z.B. Informationen diskutieren, erklären). Reflektierende Lernende arbeiten lieber allein und bevorzugen es, über die Informationen nachzudenken und für sich zu reflektieren. In der Dimension **Verständnis** neigen sequenziell Lernende dazu, ihr Wissen in aufeinander folgenden Schritten zu gewinnen. Jede Information und jeder Schritt muss logisch auf dem vorherigen aufbauen (Felder & Soloman, 2000). Studierende mit einer globalen Lernstilpräferenz lernen sprunghaft und neigen dazu, Informationen fast wahllos aufzunehmen (Graf, 2007). Um sich ein Gesamtbild zu verschaffen, sind globale Lernende eher an Übersichten und einem breiten Wissen interessiert (Graf, 2007).

Der ILS besteht aus 44 Forced-Choice-Items und ermittelt die Präferenzen auf den vier Dimensionen des von Felder und Silverman (1988) aufgestellten Modells. Aus dem Antwortverhalten der Proband:innen, kann pro Dimension jeweils eine leichte, mittlere oder

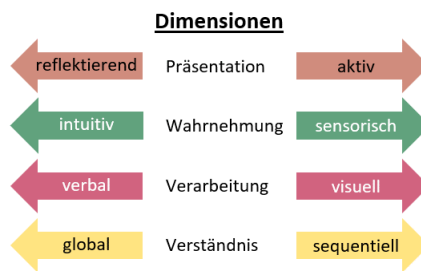


Abb.1 Dimensionen und Ausprägungen des Lernstilsmodells nach Felder und Silverman

starke Präferenz für eine der beiden Ausprägungen ermittelt werden (vgl. Felder & Spurlin, 2005 für Details). Das Instrument wurde bisher zwar bei MINT-Fachstudierenden, jedoch nicht bei Lehramtsstudierenden im Physikstudium eingesetzt.

Zielsetzung

Jung (2022) hat im Rahmen einer Masterarbeit eine argumentbasierte Validierung, in Anlehnung an Kane (2013), für die Erfassung von Lernstilpräferenzen bei Lehramtsstudierenden (Sachunterricht & Physik) durchgeführt. Die Validierung zielt ab auf den folgenden Verwendungszweck

„Die Testwerte lassen sich valide als Entscheidungsgrundlage zur Klassifizierung von Gruppen mit bestimmten Lernstilpräferenzen innerhalb des Physikstudiums nutzen.“

Perspektivisch sollen auf Basis solcher Gruppen an Lernstilpräferenzen angepasste Lernmaterialien für die Studieneingangsphase bereitgestellt werden (siehe Dickmann, Stender & Theyßen in diesem Tagungsband).

Die argumentbasierte Validierung umfasst eine Interpretationsnutzungsargumentation mit mehreren theoretisch und empirisch zu prüfenden Annahmen (Jung, 2022), von denen in diesem Beitrag nur zwei exemplarisch herausgegriffen werden können.

Annahme: Das Ankreuzverhalten im ILS spiegelt das Wahlverhalten in physikbezogenem Lernmaterial wider.

Zur Prüfung der Annahme wurden zu konkreten physikbezogenen Aufgaben Lernmaterialien entwickelt, die bestimmte Aspekte der Lernstilpräferenzen aufgreifen und mit einzelnen Items aus dem ILS korrespondieren. Um eine Aussage über das situationsspezifische Wahlverhalten mit Bezug zum ILS zu treffen, wurden elf Studierende aufgefordert den Fragebogen auszufüllen. Anschließend wurde mit ihnen ein leitfadengestütztes Interview durchgeführt, in welchem die Lernmaterialien zur Gesprächsanregung verwendet wurden. Für jede Dimension standen zwei Materialien zur Auswahl, je Ausprägung ein Material. Die Studierenden mussten sich im Interview jeweils begründet zwischen den beiden Materialien entscheiden. Diese Wahl spiegelt den Entscheidungscharakter der Fragebogenitems wider. Anschließend wurden die Äußerungen und Begründungen der Interviewten mit Hilfe eines Kodiermanuals dahingehend bewertet, ob die Studierenden im Sinne der einen oder anderen Ausprägung argumentierten, uneinheitlich argumentierten oder keine Aussage zu dem Item vorhanden war.

Für jede:n der elf Studierenden ergaben sich so zehn mögliche Vergleiche zwischen Ankreuzverhalten im Fragebogen und Argumentation im Interview. Über alle vier Dimensionen lassen sich 110 Vergleiche betrachten. Davon sind 56 (51%) Übereinstimmungen, 15 (14 %) gegenteilige Abweichungen und in 39 (36%) Fällen ist keine genaue Zuweisung getroffen worden.

Das Ankreuzverhalten im ILS spiegelt bei den untersuchten Items in 51 % der Fälle die Lernstilpräferenzen in physikbezogenem Lernmaterial wider. Jedoch wurden nur einige der Items in den Materialien umgesetzt. Eine inhaltliche Analyse der gegenteiligen Abweichungen weist auf den möglichen Grund hin, dass der physikalische Kontext nicht eindeutig genug sein könnte.

Annahme: Die Testwerte sind eine Grundlage für die Klassifizierung von Gruppen mit bestimmten Lernstilpräferenzen

Mit Bezug zum Verwendungszweck und der späteren Entwicklung von angepassten Lernmaterialien an die Lernstilpräferenzen, sollen Gruppen von Studierenden mit ähnlichen Lernstilpräferenzen identifiziert werden. Eine Materialentwicklung für jede Kombination der Dimensionen und ihrer Ausprägungen wäre im Universitätsalltag nicht praktikabel. Für die Klassifizierung von Gruppen wurde eine Clusteranalyse mit 82 Datensätzen von Physiklehrantsstudierenden verschiedener Schulformen durchgeführt.

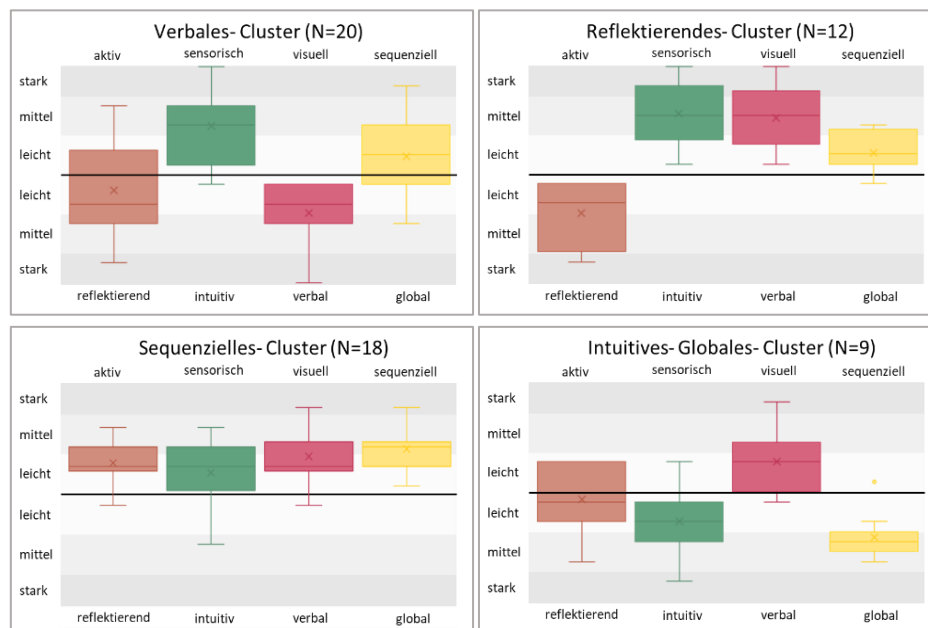


Abb. 2 Visualisierung von vier der fünf gefundenen Cluster

Es lässt sich eine geeignete Clusterlösung mit fünf Clustern finden. Abbildung 2 zeigt exemplarisch die Ausprägungen der Dimensionen für vier dieser Cluster. Die Clusternamen wurden zwar so gewählt, dass bestimmte Dimensionen hervorgehoben werden, jedoch bedeutet dies nicht, dass die anderen Dimensionen bei der Materialentwicklung, nicht berücksichtigt werden müssen. Die gefundenen Cluster unterstützen die Testwertinterpretation und den Verwendungszweck.

Fazit und Ausblick

Die geprüften Annahmen weisen einerseits darauf hin, dass die Testwerte des ILS grundsätzlich als Entscheidungsgrundlage für die Klassifizierung von Gruppen mit bestimmten Lernstilpräferenzen geeignet sind. Andererseits motivieren die qualitativen Ergebnisse dazu, einen stärkeren Physikbezug in den Formulierungen der Items einzubringen. Die Entwicklung eines angepassten Fragebogens mit konkreten Aspekten des Physikstudiums und erneuter Validierung scheint notwendig.

Literatur

- Felder, R. M., & Silverman, L. K. (1988). Learning and teaching styles in engineering education. *Engineering Education*, 78(7), 674–681.
- Felder, R. M., & Soloman, B. A. (2000). Learning styles and strategies.
- Felder, R. M. & Spurlin, J. (2005). Applications, reliability and validity of the Index of Learning Styles. *International Journal of Engineering Education*, 21, 103–112.
- Graf, S. (2007). *Adaptivity in Learning Management Systems focussing on Learning Styles*. (Dissertation)
- Jung, L. (2022). *Argumentbasierte Validierung eines Instruments zur Erhebung von Lernstilpräferenzen im Physikstudium*. (Masterarbeit)
- Kane, M. T. (2013). Validating the Interpretations and Uses of Test Scores. *Journal of Educational Measurement*, 50(1), 1–73. <https://doi.org/10.1111/jedm.12000>
- Röpke, R., Zaric, N., & Schroeder, U. (2018). Lernstil-basierte Evaluation von Nutzungsverhalten der Lernplattform eines Blended Learning Kurses der RWTH Aachen. In D. Krömker & U. Schroeder (Eds.), *DeLFI 2018 - Die 16. E-Learning Fachtagung Informatik* (S. 207-218). Gesellschaft für Informatik e.V.
- Solomon, B. A., & Felder, R. M. (2005). Index of learning styles questionnaire. *NC State University*.

Martin Dickmann¹
 Anita Stender¹
 Heike Theyßen¹

¹Universität Duisburg-Essen

Studienanfänger:innen mit individualisierten Lernmaterialien fördern – eine Projektvorstellung

Theoretischer Hintergrund

Motivation: Akteuren an Hochschulen ist schon lange bewusst, dass heterogene Studierendengruppen Realität sind und jede:r einzelne Student:in das Studium mit einer eigenen Bildungsbiografie, eigenem Lernstil, individuellen Lebensumständen sowie motivationalen Orientierungen und fachspezifischer Vorbildung startet (z.B. Hanft, 2015). Wendt et al. (2016, S. 223) sehen die Passung zwischen individuellen Lernvoraussetzungen und institutionellen Rahmenbedingungen als Schlüsselement für den Studienerfolg. Dabei sollte die gelungene Passung bereits bei der Gestaltung der Studiengangsstrukturen (Hanft, 2015) berücksichtigt werden, ohne dabei die fachwissenschaftlichen Standards zu senken.

Rahmenbedingungen: Die Universität Duisburg-Essen (UDE) verfolgt mit der “Lehr-Lern-Strategie 2025” (LLS UDE, 2019) das übergeordnete Ziel einer kontinuierlichen und qualitätsgesicherten Weiterentwicklung von Studium und Lehre. Im Physikstudium an der UDE zeigen sich, wie auch im bundesweiten Trend (z.B. Albrecht, 2011; Heublein et al., 2017), insgesamt zu geringe Anfängerzahlen und hohe Abbruchquoten. Dies gilt insbesondere für das Lehramt Physik mit Lehrbefähigung für die Sekundarstufe I (LA Physik HRSGe). Aus diesem Grund wurde der Studiengang neu konzipiert (vgl. Dickmann, Geller & Härtig, 2022). Ziel des neuen Studiengangs ist die Ermöglichung des Erwerbs von konzeptuellem Verständnis (John & Starauhschek, 2020), das auf die Bedarfe des späteren beruflichen Handlungsfeldes ausgerichtet ist. Dabei soll die Studienmotivation durch Kompetenzerleben und Kohärenzwahrnehmung (z.B. Joos et al., 2019) unterstützt werden. Zur Erreichung des Ziels werden die folgenden drei zentralen Bausteine umgesetzt: (1) Schaffung einer horizontal und vertikal kohärenten Studienstruktur, (2) Implementation eines Spiralcurriculums, (3) Einsatz kognitiv aktivierender Lehr-Lernformate. Durch die strukturelle und methodische Anpassung des Lehrformats ergeben sich Freiräume für eine flexible Ausgestaltung von Lehr-Lernprozessen, die an die individuellen Bedürfnisse der Studierenden angepasst werden können.

Konkreter Ansatz: In Anlehnung an Röpke et al. (2018) können Lernstilpräferenzen als eine lernrelevante Facette von Heterogenität angesehen werden, die bei der Gestaltung von Lehr-Lernprozessen Berücksichtigung finden sollte. In Anlehnung an das etablierte Modell von Felder und Silverman (1988) wird angenommen, dass Lernende unterschiedliche Präferenzen bezüglich der Präsentation, der Wahrnehmung, der Verarbeitung und dem Verständnis von Informationen haben. (Für eine genauere Beschreibung siehe Jung, Theyßen & Dickmann in diesem Tagungsband.) Im Rahmen des Modells wird angenommen, dass eine gezielte Anpassung von Lernangeboten an diese Präferenzen bei Studierenden zu einer besseren Kompetenzwahrnehmung und Motivation führt und damit die Kompetenzentwicklung

fachlicher und motivationaler Kompetenzfacetten der Studierenden unterstützt. Dies konnte bereits für adaptive e-Learning Angebote nachgewiesen werden (Röpke et al., 2018). Ungeklärt ist bisher jedoch, ob sich die Befunde auch auf Präsenzveranstaltungen im ersten Studienjahr von Lehramtsstudierenden des Faches Physik übertragen lassen. Ziel des hier vorgestellten Projektes ist daher die Beantwortung der folgenden übergeordneten Fragestellung:

Inwieweit sind an Lernstilpräferenzen angepasste fachinhaltliche Lernmaterialien eine wirksame Maßnahme zur barrierearmen Förderung kognitiver und affektiver Kompetenzfacetten von (Physik-)Lehramtsstudierenden in der Studieneingangsphase?

Methode

Zur Beantwortung der Frage wird auf die argumentbasierte Validierung nach Kane (z.B. 2013) zurückgegriffen (vgl. auch Dickmann, 2016; Schreiber & Gut, 2022). Bei der argumentbasierten Validierung wird Validierung als fortlaufender „Prozess der argumentativen und empirischen Verteidigung miteinander verbundener Validitätsaspekte“ (Leuders, 2014, S. 11) aufgefasst. Die argumentbasierte Validierung (Kane, 2013; Mislevy et al., 2003) umfasst eine Interpretationsnutzungsargumentation (interpretation use argument; INA) mit der eine konsistente Argumentationskette für die Wirksamkeit der Fördermaßnahmen aufgebaut wird und gleichzeitig Stärken und Schwächen der Argumentation kritisch diskutiert werden. Die übergeordnete Aussage, die mit unserer INA zu prüfen ist, lautet: Die Bearbeitung von Lernmaterial, das an Lernstilpräferenzen der Studierenden angepasst ist, vermittelt über ein besseres Nutzungsverhalten und eine bessere Wahrnehmung der eigenen Kompetenz, trägt zu einer Verbesserung von kognitiven und affektiven Kompetenzfacetten der Studierenden bei (vgl. Röpke et al. (2018) für Blended Learning Kurse).

Vorgesehene Analysen für die INA

Im ersten Schritt der INA (Abb. 1) werden im WiSe 22/23 Heterogenitätsfacetten, wie z.B. Alter und Geschlecht, physikbezogenes Vorwissen, mathematische Fähigkeiten, Interesse für Physik sowie Selbstwirksamkeitserwartung der Studierenden in der Erstsemesterveranstaltung „Fachlicher Einstieg I“ analysiert und in individuelle Unterstützungsbedarfe überführt. Zur Identifikation der im Modell postulierten Lernstilpräferenzen liegt mit dem „Index of Learning Styles“ (Solomon & Felder, 2005) ein etabliertes Instrument vor mit dem auf Basis der Ausprägung der Lernstilpräferenzen Gruppen von Studierenden gebildet werden können. Dieses Instrument wird aufgrund der Ergebnisse erster Validierungsanalysen für Anforderungen des Physikstudiums spezifiziert (vgl. Jung, Theyßen & Dickmann in diesem Tagungsband). Darüber hinaus werden das Nutzungsverhalten sowie durch eine adaptierte Kurzsкала von Williams und Deci (1996) die episodische Kompetenzwahrnehmung während der Bearbeitung noch nicht individualisierter Lernmaterialien erhoben. Unter Rückbezug auf die erfasste episodische Kompetenzwahrnehmung und auf das Nutzungsverhalten, sollen Studierende in retrospektiven Interviews über Erfahrungen mit den Lernmaterialien berichten. Auf Basis dieser Daten werden konkrete Unterstützungsbedarfe identifiziert.

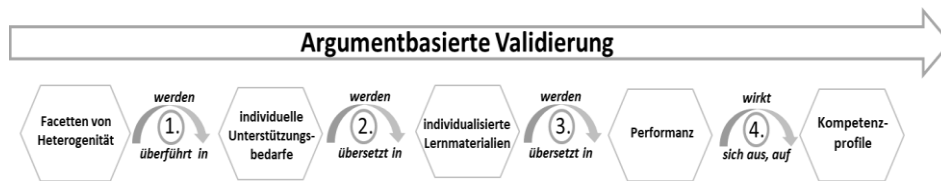


Abb. 1 Struktur für eine INA zur Bewertung der Wirksamkeit barrierearmer, individualisierter Lernmaterialien

Im zweiten Schritt der INA (s. Abb. 1) werden individualisierte Lernmaterialien entwickelt, die an die Lernstilpräferenzen angepasst sind. Dabei wird durch Expertenvalidierung (Fachdidaktiker:innen mit Expertise im Bereich individueller Förderung) geprüft, ob die individualisierten Lernmaterialien die Unterstützungsbedarfe adäquat abbilden.

Im dritten Schritt der INA werden die so entwickelten individualisierten Lernmaterialien in zwei Durchgängen der Lehrveranstaltung „Fachlicher Einstieg I“ im WiSe 23/24 und WiSe 24/25 mit Studierenden des ersten Fachsemesters eingesetzt und durch differenzierte Prozessanalysen (episodische Kompetenzwahrnehmung, Nutzungsverhalten, retrospektive Interviews) begleitet. Dabei erhalten die Studierenden auf Basis ihrer Lernstilpräferenzen eine Empfehlung zur Bearbeitung von bestimmtem Lernmaterial. Insgesamt soll auf diese Weise untersucht werden, inwieweit individualisierte Lernmaterialien bei der Bearbeitung als Unterstützung für den Lernprozess wahrgenommen werden.

Im vierten Schritt wird anhand der Veränderung von Kompetenzfacetten analysiert, inwieweit eine Förderung fachlicher und affektiver Kompetenzfacetten durch die Anpassung der Lernmaterialien an Lernstilpräferenzen der Studierenden realisiert werden konnte. Dazu werden zu Beginn und am Ende des Semesters sowohl kognitive als auch affektive Kompetenzfacetten der Studierenden erfasst (z.B. physikbezogenes Fachwissen bezogen auf Lernziele der Lehrveranstaltung (Adaption von Seiter, Krabbe & Wilhelm, 2021), mathematische Fähigkeiten (angelehnt an Krause & Reiners-Logothetidou, 1981), Interesse im Fach Physik, fachspezifisches Selbstkonzept (beide Frey et al., 2009), Selbstwirksamkeitserwartungen zur Lösung von Physikaufgaben und zum Lernen neuer fachlicher Inhalte (Selbstentwicklung) sowie nicht veränderbare Kontrollvariablen wie z.B. Persönlichkeitsmerkmale (“Big 5” NEO-FFI, (Borkenau & Ostendorf, 1993)). Im Sinne eines Mixed-Methods Design sollen die Ergebnisse der Prozessanalysen aus dem dritten Schritt der INA zur Validierung gefundener Veränderungen von Ausprägungen der Kompetenzfacetten herangezogen werden.

Literatur

- Albrecht, A. (2011). *Längsschnittstudie zur Identifikation von Risikofaktoren für einen erfolgreichen Studieneinstieg in das Fach Physik*. FU Berlin. <https://doi.org/10.17169/refubium-8615>
- Borkenau, P., & Ostendorf, F. (1993). *NEO-Fünf-Faktoren-Inventar (NEO-FFI) nach Costa und McCrae: Handanweisung*. Hogrefe.
- Dickmann, M. (2016). *Messung von Experimentierfähigkeiten. Validierungsstudien zur Qualität eines computerbasierten Testverfahrens*.
- Dickmann, M., Geller, C. & Härtig, H. (2022). *Weniger rechnen, mehr sprechen – Einblicke in einen neuen Lehramtsstudiengang*. Vortrag auf der virtuellen DPG Frühjahrstagung 2022.
- Felder, R. M., & Silverman, L. K. (1988). Learning and teaching styles in engineering education. *Engineering Education*, 78(7), 674–681.
- Frey, A. et al. (2009). *PISA 2006 Skalenhandbuch: Dokumentation der Erhebungsinstrumente*. Münster: Waxmann.
- Hanft, A. (2015). Heterogene Studierende - homogene Studienstrukturen. In A. Hanft, O. Zawacki-Richter, & W. B. Gierke (Eds.), *Herausforderung Heterogenität beim Übergang in die Hochschule* (S. 13-28). Waxmann.
- Heublein, U., Ebert, J., Hutzsch, C., Isleib, S., König, R., Richter, J., & Woisch, A. (2017). *Zwischen Studierenerwartungen und Studienwirklichkeit. Ursachen des Studienabbruchs, beruflicher Verbleib der Studienabbrecherinnen und Studienabbrecher und Entwicklung der Studienabbruchsquote an deutschen Hochschulen* (Vol. 1).
- John, T., & Starauhschek, E. (2020). Ein Modell für kumulatives Lehren im Lehramtsstudium Physik. *Physik und Didaktik in Schule und Hochschule*, 1/19, 23-42.
- Joos, T. A., Liefländer, A., & Spörhase, U. (2019). Studentische Sicht auf Kohärenz im Lehramtsstudium. In K. Hellmann, J. Kreutz, M. Schwichow, & K. Zaki (Eds.), *Kohärenz in der Lehrerbildung: Theorien, Modelle und empirische Befunde* (S. 51-67). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-23940-4_4
- Kane, M. T. (2013). Validating the Interpretations and Uses of Test Scores. *Journal of Educational Measurement*, 50(1), 1–73. <https://doi.org/10.1111/jedm.12000>
- Krause, F., & Reiners-Logothetidou, A. (1981). *Kenntnisse und Fähigkeiten naturwissenschaftlich orientierter Studienanfänger in Physik und Mathematik - Die Ergebnisse des bundesweiten Studieneingangstests Physik 1978*. Universität Bonn.
- Leuders, T. (2014). Modellierungen mathematischer Kompetenzen – Kriterien für eine Validitätsprüfung aus fachdidaktischer Sicht. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 35(1), 7-48. <https://doi.org/10.1007/s13138-013-0060-3>
- LLS UDE (2019). *Lehr-Lern-Strategie 2025. Miteinander Wandel gestalten*. Universität Duisburg-Essen. <https://www.uni-due.de/imperia/md/content/dokumente/lehr-lern-strategie.pdf> (Abrufdatum: 24.10.2022).
- Mislevy, R. J., Steinberg, L. S., & Almond, R. G. (2003). Focus Article: On the Structure of Educational Assessments. *Measurement: Interdisciplinary Research and Perspectives*, 1, 3 - 62.
- Röpke, R., Zaric, N., & Schroeder, U. (2018). Lernstil-basierte Evaluation von Nutzungsverhalten der Lernplattform eines Blended Learning Kurses der RWTH Aachen. In D. Krömker & U. Schroeder (Eds.), *DeLFI 2018 - Die 16. E-Learning Fachtagung Informatik* (S. 207-218). Gesellschaft für Informatik e.V.
- Schreiber, N., & Gut, C. (2022). Die Validierungspraxis bei hands-on Experimentierests in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 28(1), 8. <https://doi.org/10.1007/s40573-022-00145-6>
- Seiter, M., Krabbe, H., & Wilhelm, T. (2021). Elementarisierung der Mechanik in der Sekundarstufe I. *PhyDid A-Physik und Didaktik in Schule und Hochschule*, 1(20), 1-14.
- Solomon, B. A., & Felder, R. M. (2005). *Index of learning styles questionnaire*. NC State University.
- Wendt, C., Rathmann, A., & Pohlenz, P. (2016). Erwartungshaltungen Studierender im ersten Semester: Implikationen für die Studieneingangsphase. In T. Brahm, T. Jenert, & D. Euler (Eds.), *Pädagogische Hochschulentwicklung: Von der Programmatik zur Implementierung* (S. 221-237). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-12067-2_14
- Williams, G. C., & Deci, E. L. (1996). Internalization of Biopsychosocial Values by Medical Students: A Test of Self-Determination Theory. *Journal of Personality and Social Psychology* (70), 767-779. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.70.4.767>

Michelle Möhlenkamp¹
 Helena van Vorst¹
 Sebastian Habig²
 Mathias Ropohl¹

¹Universität Duisburg-Essen
²Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-
 Nürnberg

Niveaadaptive Hilfen in einer digitalen Lernleiter zum Thema Atombau

Theoretischer Hintergrund

Da gerade die Lernenden an Real- und Gesamtschulen heterogene Voraussetzungen im Fachwissen, im Interesse und in den kognitiven Fähigkeiten haben, bedarf es insbesondere an diesen Schulformen einer Differenzierung im Unterricht (Stanat, Schipolowski, Mahler, Weirich & Henschel, 2019). Um den unterschiedlichen Lernpotentialen der Schüler:innen gerecht zu werden und gleichzeitig den Aufbau von Fachwissen zu fördern, gilt es den Unterricht strukturiert und binnendifferenziert anzulegen. So können Chancengleichheit und individuelle Lernprozesse ermöglicht werden (KMK, 2021; Steffensky & Neuhaus, 2018; Gräber, 2011; Potvin & Hasni, 2014). Eine Methode dafür sind Lernleitern, die individuelle Lernprozesse strukturieren, indem sie ein Thema in mehrere Unterthemen (Meilensteine) einteilen (Girg, Lichtinger & Müller, 2012). Van Vorst (2018) hat das Konzept für den Chemieunterricht adaptiert und eine Lernleiter zum Thema „Bohr’sches Atommodell“ entwickelt. Diese besteht aus drei Meilensteinen, in die jeweils Bausteine zur Binnendifferenzierung integriert wurden. Neben Selbsteinschätzungsbögen, die in der beispielhaften Lernleiter als Grundlage zur Binnendifferenzierung genutzt werden, kann eine optimale Passung zwischen dem Lerngegenstand und den Lernendenvoraussetzungen erreicht werden, indem vor und während des Lernprozesses ihre Leistungsdaten erfasst und für die Bereitstellung niveaadaptiver Hilfen genutzt werden, um so den Wissenszuwachs positiv zu beeinflussen (Brühwiler & Vogt, 2020). Zudem kann der Einsatz digitaler Medien z. B. durch eine automatisierte Erfassung und Auswertung individueller Leistungsdaten zum Erfolg binnendifferenzierten Unterrichts beitragen (Hillmayr, Reinhold, Ziernwald & Reiss, 2017; Schmidt & Küsel, 2021).

Fragestellung

Ziel dieser Untersuchung ist die Entwicklung und Evaluation einer digitalen Lernleiter, die anhand einer begleitenden Diagnostik möglichst passgenaue – also niveaadaptive – Hilfen zur Aufgabenbearbeitung zur Verfügung stellt. Basierend auf dem aktuellen Forschungsstand steht folgende Forschungsfrage im Fokus des Forschungsvorhabens:

Welche Effekte zeigt eine digitale, binnendifferenzierende Lernleiter mit integrierten niveaadaptiven Hilfen auf das Fachwissen, das Interesse und das chemiebezogene Selbstkonzept der Lernenden im Chemieunterricht?

Methode

Die Untersuchung ist eingebettet in eine Wissenschafts-Praxis-Kooperation, die mit Lehrkräften aus neun Real- und Gesamtschulen des Ruhrgebiets durchgeführt wird. Die Lernleiter wurde ausgehend von der analogen Lernleiter von van Vorst (2018) als digitale Variante mit niveaadaptierten Hilfen in workshopartigen Sitzungen mit den am Projekt

teilnehmenden Lehrkräften in Moodle/H5P entwickelt. Die digitale Lernleiter besteht aus drei Meilensteinen mit jeweils sechs bis sieben Bausteinen.

Jedem Meilenstein geht eine Diagnostik voraus. Darauf folgt eine Aneignungsphase, in der sich die Lernenden neues Wissen eigenständig erarbeiten. Basierend auf der Diagnostik werden den Lernenden bei der Bearbeitung unterschiedliche, niveaubabhängige Hilfen zu einer Aufgabe angeboten, die sie optional nutzen können. Es stehen dabei inhaltliche, sprachliche und methodische Hilfen zur Verfügung. Im Anschluss an die Aneignung bekommen die Lernenden die Gelegenheit, ihr erworbenes Wissen in einer Basisübung anzuwenden. Mithilfe eines Selbsteinschätzungsbogens beurteilen die Schüler:innen im darauffolgenden Baustein ihren bisherigen Kompetenzerwerb und bekommen auf Grundlage der Ergebnisse automatisiert Übungsaufgaben mit passenden Hilfen für die individuelle Übungsphase bereitgestellt. Am Ende eines Meilensteins erfolgt eine Evaluation in Form eines digitalen Fragebogens (Test). Das Material wurde im Chemieunterricht der teilnehmenden Schulen im Schuljahr 2021/22 erprobt.

Für die Beantwortung der Forschungsfrage dient als Studiendesign eine quasi-experimentelle Interventionsstudie mit Prä-Post-Testdesign, die die Wirkungen einer digitalen Lernleiter, präsentiert auf iPads, mit integrierten niveauadaptiven Hilfen auf das Fachwissen, das Interesse und das chemiebezogene Selbstkonzept der Lernenden im Vergleich zu einer analogen Lernleiter mit separaten Hilfen untersucht (Abb. 1).

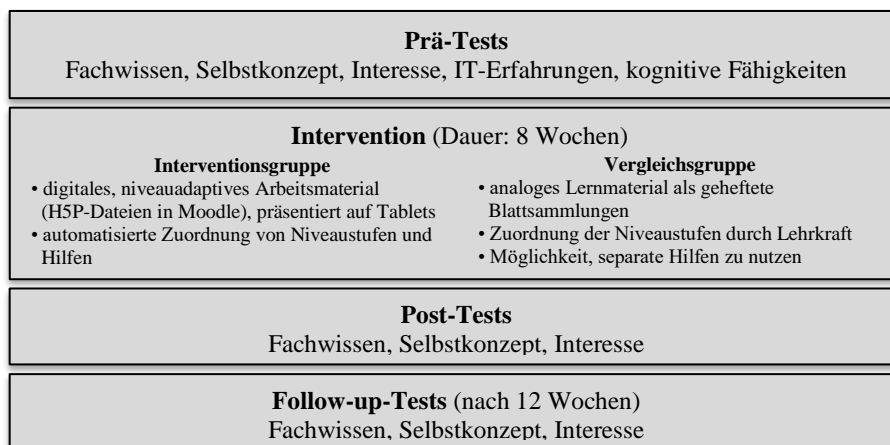


Abb.1: Interventions- und Testdesign.

An der Intervention haben insgesamt 33 Chemieklassen der Jahrgangsstufe 9 aus neun Real- und Gesamtschulen teilgenommen ($N = 697$ Lernende). 16 Schulklassen nahmen als Interventionsgruppe teil und erhielten das Arbeitsmaterial in einer digitalen H5P-Lernumgebung in Moodle. Die Zuordnung zu Niveaustufen erfolgte automatisiert auf Grundlage zuvor erfasster Leistungsdaten der Lernenden. Die Vergleichsgruppe, bestehend aus 17 Schulklassen, arbeitete im Chemieunterricht mit dem analogen Lernleitermaterial und erhielt separate, niveaubabhängige Hilfen auf Arbeitsblättern. Vor und nach der Intervention wurden das Fachwissen, das chemiebezogene Selbstkonzept und das Interesse der Lernenden erhoben. Zwölf Wochen nach Beendigung der Intervention erfolgte ein Follow-up-Test, um eine Aussage über den langfristigen Wissenserwerb treffen zu können.

Ergebnisse

Für die Auswertung liegen $N = 323$ vollständige Datensätze vor; $n = 187$ Lernende haben mit der analogen Lernleiter und $n = 136$ Lernende mit der digitalen Lernleiter gelernt.

Die Lernenden beider Gruppen starteten mit gleichen Voraussetzungen. Im Prätest erzielte die Interventionsgruppe $M_{digital} = 10,2$ ($SD = 3,5$) und die Vergleichsgruppe $M_{analog} = 10,0$ ($SD = 3,8$) Punkte im Fachwissenstest (maximal erreichbare Punktzahl: 37). Eine ANOVA mit Messwiederholung zeigt einen statistisch signifikanten Lernzuwachs für beide Gruppen: $M_{digital} = 16,8$ ($SD = 7,7$), $M_{analog} = 14,7$ ($SD = 6,2$); $F(1,321) = 233,9$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .42$, wobei die Lernenden der Interventionsgruppe einen signifikant höheren Lernzuwachs erzielten ($F(1,321) = 6,9$, $p = .009$, $\eta_p^2 = .02$). Sowohl in der Interventions- als auch in der Vergleichsgruppe haben die Gesamtschüler:innen eine signifikant höhere Punktzahl als die Realschüler:innen im Fachwissenstest erreicht ($F(1,321) = 41,7$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .12$).

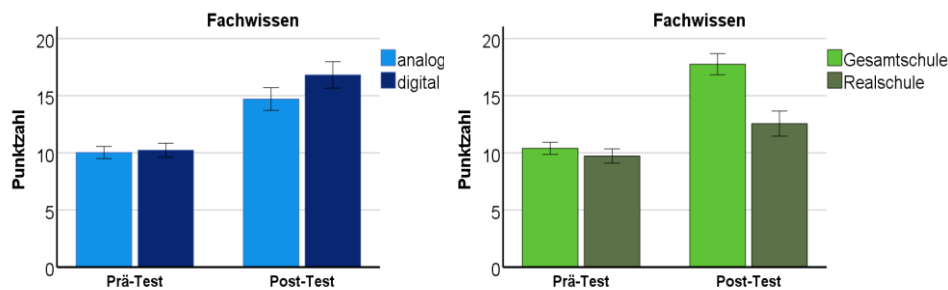


Abb.2: Graphische Darstellung der Ergebnisse aus dem Fachwissenstest im Prä-Post-Vergleich. Links: Lernleitervariante, rechts: Schulform.

Eine ANOVA mit Messwiederholung zeigt beim chemiebezogene Selbstkonzept für beide Gruppen im Prä-Post-Vergleich einen kleinen Effekt ($F(1,321) = 6,1$, $p = .014$, $\eta_p^2 = .02$). Das chemiebezogene Selbstkonzept der Lernenden ist nach der Intervention signifikant höher als vorher. Das Schülerinteresse verändert sich bei beiden Gruppen während der Intervention nicht signifikant.

Diskussion und Ausblick

Die Ergebnisse des Fachwissenstests machen deutlich, dass die Lernenden unabhängig von der Lernleitervariante an Fachwissen dazugewinnen. Die Unterschiede in der durchschnittlich erreichten Punktzahl im Post-Test zwischen der Interventions- (digitales Material) und der Vergleichsgruppe (analoges Material) können auf die Potentiale digitaler Medien zurückgeführt werden, da diese den Wissenszuwachs positiv beeinflussen können. Im Fall der digitalen Lernleiter erhielten die Schüler:innen interaktive Aufgaben mit integrierten, niveaubehängigen Hilfen. Da die Stichprobe aus Real- und Gesamtschulklassen bestand, war es ebenfalls von großem Interesse herauszufinden, ob es Schulformeffekte gibt. Diese konnten mithilfe einer ANOVA festgestellt werden. Eine mögliche Ursache für den höheren Mittelwert im Fachwissensposttest an den Gesamtschulen können leistungsstärkere E-Kurs-Schüler:innen in den Gesamtschulklassen sein.

In einem nächsten Schritt soll herausgefunden werden, welche Hilfen von den Lernenden verstärkt genutzt wurden und ob es schulformabhängige Nutzungen der Materialien gibt. Hierfür wurden Videos von einzelnen Lernenden während der Bearbeitung der individuellen Übung im zweiten Meilenstein aufgenommen.

Literatur

- Brühwiler, C. & Vogt, F. (2020). Adaptive teaching competency. Effects on quality of instruction and learning outcomes. *Journal for Educational Research Online*(1), 119-142.
- Girg, R., Lichtinger, U. & Müller, T. (2012). Lernen mit Lernleitern. Unterrichten mit der MultiGradeMultilevel-Methodology. Immenhausen: Prolog-Verlag.
- Gräber, W. (2011). German high school students' interest in chemistry - A comparison between 1990 and 2008. *Educacion Química*, 22, 134-140.
- Hillmayr, D., Reinhold, F., Ziernwald, L., & Reiss, K. (2017). Digitale Medien im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht der Sekundarstufe. Einsatzmöglichkeiten, Umsetzung und Wirksamkeit. Paderborn: Waxmann.
- KMK. (2021). *Lehren und Lernen in der digitalen Welt. Ergänzung zur Strategie der Kultusministerkonferenz „Bildung in der digitalen Welt“* Von https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2021/2021_12_09-Lehren-undLernen-Digi.pdf
- Potvin, P., & Hasni, A. (2014). Analysis of the decline in interest towards school science and technology from grades 5 through 11. *Journal of Science Education and Technology*, 23(6), 784-802.
- Schmidt, P., & Küsel, J. (2021). Adaptive E-Learning-Umgebung zum Thema Löslichkeit und Stofftrennung im naturwissenschaftlichen Sachunterricht der Grundschule. *Adaptivity in e-learning. Kölner Online Journal für Lehrer*innenbildung*, 296-313.
- Stanat, P., Schipolowski, S., Mahler, N., Weirich, S. & Henschel, S. (2019). IQB-Bildungstrend 2018. Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen am Ende der Sekundarstufe I im zweiten Ländervergleich. Münster: Waxmann.
- Steffensky, M., & Neuhaus, B. (2018). Unterrichtsqualität im naturwissenschaftlichen Unterricht. In D. Krüger, I. Parchmann, & H. Schecker, *Theorien in der naturwissenschaftlichen Forschung* (S. 299-313).
- van Vorst, H. (2018). Zum Bohr'schen Atomkonzept mit der Lernleiter: Ein Ansatz zur Unterrichtsstrukturierung und Differenzierung. *MNU*(71), 317-324.

Nikola Schild¹
Volkhard Nordmeier¹

¹Freie Universität Berlin

Mit Lernaufgaben begabungsdifferenziert unterrichten: Entwicklung und Evaluation von komplexen Lernaufgaben

Ausgangslage

In der „Förderstrategie für leistungsstarke Schülerinnen und Schüler“ fordert die KMK (2015) die Schaffung von Lernumgebungen, die eine bestmögliche Entfaltung der Potenziale aller Schüler*innen ermöglicht und dabei ihrer Leistungsfähigkeit entspricht. Die Umsetzung eines begabungsdifferenzierenden Unterrichts an deutschen Schulen gestaltet sich jedoch als große Herausforderung (Reintjes, Kunze & Ossowki, 2019). Dies gilt auch für den Physikunterricht (Dohrmann, Rüge, Ghassemi & Nordmeier, 2021). Dass begabte Schüler*innen nicht ausreichend gefördert werden, kann unter anderem auf Zeitmangel und auf die unzureichende Diagnose von Begabungen zurückgeführt werden (Breyton, 2019). Eine weitere Ursache für die unzureichende Begabungsdiagnose und -förderung könnte darin bestehen, dass beide bundesweit nur selten Thema in der universitären Lehrkräftebildung sind (Dohrmann, Ghassemi & Nordmeier, 2020). Das LemaS-Teilprojekt Physik¹ möchte dieser Problematik auf zwei Ebenen begegnen: 1. Lehrer*innenbildung: Im Rahmen des Projekts wurde eine universitäre Lehrveranstaltung der Fachdidaktik Physik im Bereich der Begabungsförderung entwickelt und implementiert. 2. Unterricht: Um bereits aktive Lehrer*innen bei der Begabungsförderung zu unterstützen, wurden im Projekt - aufbauend auf den Erkenntnissen der physikdidaktischen Forschung - begabungsdifferenzierende komplexe Lernaufgaben zum Einsatz im Regelunterricht entwickelt und erprobt.

Da Aufgaben einen hohen Stellenwert im Unterricht einnehmen, können Lernaufgaben eine geeignete Möglichkeit darstellen, ein begabungsförderndes Unterrichtsgeschehen zu realisieren (Lehfeldt, 2018). Lernaufgaben ermöglichen es Schüler*innen, individuell, selbstständig und in einem eigenen Tempo kompetenzorientiert zu arbeiten (Leisen, 2006). Durch die Aufgabenform und gestufte Hilfen können solche Aufgabenformate nicht nur eine Differenzierung ‚nach oben‘ und damit eine Begabungsförderung, sondern auch eine Differenzierung auf dem gesamten Spektrum und damit eine individualisierte Förderung aller Schüler*innen in Form der ‚kalkulierten Herausforderung‘ nach Leisen (2019) ermöglichen. Die Struktur der Aufgaben ist dabei am Lernen in einem kompetenzorientierten Unterricht nach Leisen (2010) orientiert, sodass die Schüler*innen über eine kontextualisierte Problemstellung hin zu einem eigenen Lernprodukt geführt werden und die Reflexion über das Gelernte angeregt wird.

Um eine Brücke zwischen der Forschung und der Schulpraxis zu schlagen und der Frage nachzugehen, wie Schüler*innen komplexe Lernaufgaben beurteilen, die im Rahmen des Projekts theoriegeleitet entwickelt wurden, wurde eine im Regelunterricht eingesetzte Aufgabe exemplarisch durch die Schüler*innen evaluiert. Der Einsatz der Aufgabe und die Evaluation selbst werden im Folgenden dargestellt.

¹ Das Projekt ist Teil der LemaS-Initiative und wird aus mit Mitteln des BMBF finanziert.

Entwicklung und Einsatz der Lernaufgabe

Die komplexe Lernaufgabe wurde im Austausch mit einer Fachlehrerin entsprechend der Anforderungen des Rahmenlehrplans von Mecklenburg-Vorpommern zum Thema Resonanz entwickelt. Den Aufgabenkontext bildete die Problemstellung, ob ein Glas durch Gesang zum Zerspringen gebracht werden könnte. Dieser Problemfrage konnten die Schüler*innen im Laufe der Aufgabe nachgehen, indem sie zunächst die Grundbegriffe zu Schwingungen wiederholten und dann durch verschiedene Arbeitsaufträge, Experimente und Informationstexte die Bedeutung von Eigenfrequenz, Resonanz und Resonanzkatastrophe selbstständig erarbeiteten. Der zeitliche Umfang zur Bearbeitung der Aufgabe betrug etwa eine Doppelstunde (80-90 Minuten).

Die Aufgabe wurde im Regelunterricht bei vier Parallelklassen eines Gymnasiums in Mecklenburg-Vorpommern eingesetzt. Bei zwei der vier Klassen handelte es sich um sogenannte Begabtenklassen. Im Anschluss an die Durchführung der Aufgabe wurde sie durch die Schüler*innen mit dem Fragebogen zur Beurteilung der „Lehr-Lernaufgaben für SchülerInnen“ (FBLA-S) (Zeldovich, Michenthaler & Scheuch, 2017) evaluiert.

Testinstrument

Der FBLA-S umfasst sieben Faktoren, die insgesamt durch 22 Items auf einer fünfstufigen Likertskala erfragt werden. Die Faktoren lauten: *Transfer (T)*, 5 Items; *Herausforderung (H)*, 3 Items; *Autonomie (A)*, 3 Items; *Einstellung (E)*, 2 Items; *Zufriedenheit (Z)*, 2 Items; *Eingebundenheit (EB)*, 2 Items; *Interesse (I)*, 5 Items (ebd.). Zeldovich et al. (2017) schlagen vor, die Gesamtergebnisse ihrer Studie als Benchmark zur Einordnung neuer Lernaufgaben zu nutzen. Diesem Vorschlag wurde in dieser Evaluation entsprochen.

Auswertung und Ergebnisse

Für die Auswertung wurden die mittleren Summenscores der Faktoren der Teststichprobe ($N = 64$) berechnet. Diese wurden mit den Prozenträngen der mittleren Summenscores der Normstichprobe ($N \approx 1770$) von Zeldovich et al. (2017) verglichen (s. Abb. 1).

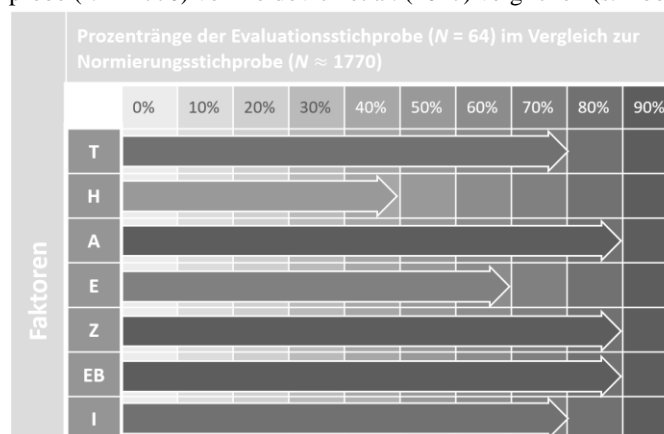


Abb. 1: Ergebnisse der Evaluation der Summenscores im Vergleich zu den Prozenträngen der Normierungsstichprobe

Der Grafik ist zu entnehmen, dass die Resonanzaufgabe in fast allen Bereichen besonders positiv bewertet wurde (vgl. Abb. 1). Zur Erklärung: Der Prozentrang beispielsweise von 90% des Faktors *Autonomie* (A) bedeutet, dass die *Autonomie* in dieser Aufgabe im Mittel so hoch eingestuft wurde, wie nur von den obersten 10% der Normstichprobe die entsprechenden Lernaufgaben in Bezug auf *Autonomie* bewertet haben. Einzig der Faktor *Herausforderung* (H) wurde durchschnittlich (Prozentrang 50%) bewertet, also genauso, wie eine durchschnittliche Lernaufgabe bei Zeldovich et al. (2017).

Interpretation und Diskussion

Die Bewertung der Resonanzaufgabe durch die Schüler*innen deutet darauf hin, dass die Aufgabe für den Einsatz im Regelunterricht geeignet ist, da alle für komplexe Lernaufgaben relevanten Faktoren nach Zeldovich et al (2017) mindestens durchschnittlich bewertet wurden. Die drei Faktoren *Autonomie*, *Eingebundenheit* (in den Lernprozess) und *Zufriedenheit* (mit dem Lernergebnis) wurden außerordentlich hoch eingestuft. Wenngleich der Faktor *Herausforderung* am geringsten von allen durch die Schüler*innen bewertet wurde, bedeutet dies nicht, dass die Aufgabe zu einfach für die Stichprobe war. Die Aufgabe erzielt in diesem Faktor ein durchschnittliches Ergebnis. Da komplexe Lernaufgaben generell zur Differenzierung konzipiert werden, kann ein durchschnittliches Ergebnis im Bereich der *Herausforderung* als hinreichend gut interpretiert werden. Allerdings eignet sie sich nur bedingt zur Begabungsdiagnose oder -förderung, da sich begabtere Schüler*innen wahrscheinlich nicht genügend gefordert fühlen. In einer Überarbeitung der Aufgabe könnten noch vertiefende Aufgabenteile für besonders begabte Schüler*innen hinzugefügt werden.

Zusätzlich ist anzumerken, dass die kleinschrittige Aufgabenstruktur und der vorgegebene Zeitrahmen selbstreguliertes Lernen nur sehr eingeschränkt ermöglichen. Dennoch empfanden die Schüler*innen insgesamt in diesem Lernsetting ein hohes Maß an *Autonomie*.

Der Einsatz dieser oder ähnlicher komplexer Lernaufgaben könnte im realen Regelunterricht, der ohne eine externe Evaluation stattfindet, etwas offener und flexibler an die Lerngruppe angepasst werden. Hier könnten beispielsweise auch zusätzliche Differenzierungsmaßnahmen durch die Lehrkräfte vorgenommen werden, die eine zu hohe oder zu geringe Herausforderung durch die Aufgabenstellung ausgleichen könnten. Um der starken Lenkung durch die Aufgabenstruktur vorzubeugen, wäre auch eine Öffnung der Aufgabe denkbar, je nach Einschätzung der jeweiligen Lehrkräfte. Beispielsweise könnte nur der Einstiegskontext vorgegeben werden und alle weiteren Aufgabenschritte könnten als unterstützende Lösungswegimpulse eingesetzt werden. Hierdurch wäre eine stärkere Differenzierung durch die „kalkulierte Herausforderung“ nach Leisen (2019) und eine stärkere Fokussierung aufs selbstgesteuerte Lernen ermöglicht.

Ausblick

Zum Abschluss des Projekts soll eine Aufgabensammlung generiert werden, die aus theoretisch fundierten und (exemplarisch evaluierten) komplexen Lernaufgaben besteht. Diese Lernaufgaben sollen Lehrer*innen zum individuellen Einsatz im Regelunterricht zur Verfügung gestellt werden. Die Aufgabensammlung soll dabei durch Konzeptions- und Einsatzmanuals für die Lehrkräfte ergänzt werden.

Literatur

- Breyton, R. (2019): Die auffallende Stille bei der Begabtenförderung. Aust, S. (Hg). Zugriff am: 19.10.2022. Verfügbar unter : <https://www.welt.de/politik/deutschland/article192434229/Hochbegabte-Die-auffallende-Stille-bei-der-Begabtenfoerderung.html>.
- Dohrmann, R.; Rüge, A.; Ghassemi, N. & Nordmeier, V. (2021): Inklusionsorientierung und Differenzierung. PhyDid B – Didaktik Der Physik – Beiträge Zur DPG-Frühjahrstagung, 1. Abgerufen von <https://ojs.dpg-physik.de/index.php/phydid-b/article/view/1116>.
- Dohrmann, R.; Ghassemi, N. & Nordmeier, V. (2020): Curriculare Umsetzung einer inklusionsorientierten Physiklehrer*innenbildung in Deutschland. In Naturwissenschaftlicher Unterricht und Lehrerbildung im Umbruch? GDCP online Jahrestagung 2020.
- KMK (2015): Förderstrategie für leistungsstarke Schülerinnen und Schüler. Beschluss vom 11.06.2015. Zugriff am 19.10.2022 Verfügbar unter: https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/350-KMK-TOP-011-Fu-Leistungsstarke_-_neu.pdf.
- Lehfeldt, B. (2018): Hochbegabung in der Sek. I. Diagnose, Handlungsstrategien und Förderung. Mülheim an der Ruhr: Verlag an der Ruhr.
- Leisen, J (2019): Ein Beispiel zum Prinzip der „kalkulierten Herausforderung“ und der „Heterogenisierung nach oben“. Zugriff am 19.10.2022 Verfügbar unter: file:///C:/Users/nschi/Downloads/Leisen_2019_EinBeispielzumPrinzipder.pdf
- Leisen, J. (2010): Lernprozesse mithilfe von Lernaufgaben strukturieren. Informationen und Beispiele zu Lernaufgaben im kompetenzorientierten Unterricht. Naturwissenschaften im Unterricht Physik, 21 (117/118), 9–13.
- Leisen, J. (2006): Aufgabenkultur im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht. MNU, 59(5), 260–266.
- Reintjes, C.; Kunze, I. & Ossowki, E. (2019): Editorial: Begabungsförderung und Professionalisierung – Befunde, Perspektiven, Herausforderungen. Verlag Julius Klinkhardt, Bad Heilbrunn. ISBN 978-3-7815-2316-6.
- Zeldovich, M.; Michenthaler, J. & Scheuch, M. (2017): Fragebogen zur Beurteilung von Lehr- und Lernaufgaben für SchülerInnen (FBLA-S). Zugänge 2017, Sonderausgabe des Forschungsberichts der Hochschule für Agrar- und Umweltpädagogik. Hg: Haase, T.

Saskia Tutt¹
Insa Melle¹

¹TU Dortmund

Webbasiertes Lernen in der Sek. I

Webbasierte Lernumgebungen beinhalten ein hohes Maß an Interaktivität und Adaptivität. Anknüpfend an das Projekt von Greitemann & Melle (2022) soll das nachhaltige Lernen in einer webbasierten Lernumgebung untersucht werden. Insbesondere die Unterrichtsphase der Vertiefung hat einen hohen Stellenwert beim nachhaltigen Lernen, wobei sowohl deren Zeitpunkt als auch die Art der dafür eingesetzten Maßnahmen über die Verankerung des Wissens im Kurz- und Langzeitgedächtnis entscheiden (z. B. Schubert, 2020; Bacon & Stewart, 2006; Sol, 2006). Zu der Vertiefungsphase zählt dabei die Sicherung, Vernetzung, Vertiefung und Wiederholung des Gelernten.

Ausgangslage

Greitemann und Melle (2022) haben eine digitale Lernumgebung zum Basiskonzept der Chemischen Reaktion evaluiert. Untersucht wurde die Wirkung des Tablet-Einsatzes in der Erarbeitungs- und Sicherungsphase. Die Erarbeitung erfolgte mittels eines interaktiven iBooks. In der Sicherungsphase wurden die Erstellung von Erklärvideos und die Bearbeitung von interaktiven Aufgaben kontrastiert. Es zeigte sich ein signifikanter Fachwissenszuwachs in der Erarbeitungsphase. In der Sicherungsphase wurde kein weiterer Fachwissenszuwachs festgestellt, wobei kein Unterschied zwischen den verschiedenen Sicherungsmaßnahmen bestand. Die Phase der Sicherung beinhaltet auch hier die Elemente der Vertiefung, Vernetzung und Wiederholung des Gelernten. Es wurde erwartet, dass das Fachwissen in der Sicherungsphase weiter ansteigt. Anknüpfend stellt sich die Frage, wie der Effekt der Sicherungsphase gesteigert werden kann.

Theoretischer Hintergrund

Die Phase der Vertiefung ist Teil verschiedener Unterrichtskonzepte, z. B. bei dem allgemeindidaktischen Modell des Kooperativen Lernens (Brüning & Saum, 2011) oder beim Unterrichtsmodell nach Leisen (Leisen, 2017). Diese Unterrichtsmodelle fokussieren in der Phase der Vertiefung die Förderung von umfassendem und nachhaltigem Wissen. Elemente dieser Phase sind hierbei unter anderem Transfer- oder Übungsaufgaben. Auch chemiespezifische Unterrichtsmodelle enthalten eine solche Phase, z. B. das Forschend-entwickelnde Unterrichtsverfahren (Schmidkunz & Lindemann, 2003), Chemie im Kontext (Demuth, Parchmann, Ralle & Gräsel, 2005) oder ChemDive (Holländer, Böhm & Melle, 2022). Diese setzen in dieser Unterrichtsphase unter anderem Anwendungs- und Transferaufgaben oder eine Wiederholung ein.

Es lässt sich anhand verschiedener Unterrichtsmodelle zusammenfassend feststellen, dass die Vertiefungsphase nach der Erarbeitung der Inhalte erfolgt und zur Tiefenverarbeitung des Gelernten dient. Ziel dieser Unterrichtsphase ist die Integration und Festigung der Lerninhalte in das bestehende Wissensnetz und die Transformation zu nachhaltigem Wissen.

Zur Speicherung von Lerninhalten in das Langzeitgedächtnis sind diverse Maßnahmen, z. B. Wiederholungen und Übungen, förderlich (z. B. Roth, 2017; Cowan, 2010). Beeinflusst wird

das Behalten von Lerninhalten unter anderem durch die zeitliche Verteilung von Informationen. Dies meint beispielsweise die Integration von Pausen beim Lernen oder die Wiederholung von Lerninhalten zu einem geeigneten Zeitpunkt (Bacon & Stewart, 2006; Sol, 2016). Gemäß der Theorie des Vergessens (Ebbinghaus, 1964) sollte die Sicherung und Vertiefung des Gelernten bereits in der ersten Stunde nach dem Lernen erfolgen und die Lerninhalte sollten mehrfach wiederholt werden, um einen optimalen Lerneffekt zu erzielen.

Fragestellungen und Ziele des Forschungsvorhabens

Ziel des hier beschriebenen Forschungsvorhabens ist erstens die Entwicklung und Evaluation einer webbasierten Lernumgebung zum Basiskonzept der Chemischen Reaktion. Zweitens soll mit Hilfe dieser Lernumgebung untersucht werden, wie sich der Zeitpunkt der Vertiefungsphase auf den Fachwissenszuwachs der Lernenden und das nachhaltige Wissen auswirkt.

Die Intervention

Das Projekt soll in der siebten bis achten Klasse des Gymnasiums über einen mehrwöchigen Zeitraum durchgeführt werden und fokussiert, wie auch das Vorgängerprojekt von Greitemann & Melle (2022), das Basiskonzept der Chemischen Reaktion. Vor der eigentlichen Lerneinheit bearbeiten die Lernenden ein Training, welches sie im Umgang mit der webbasierten Lernumgebung schult. Die Lernenden werden parallelisiert zwei Gruppen (Zwischen-Vertiefung und Block-Vertiefung) zugeordnet. In der zweiten bis vierten Woche der Intervention bearbeiten die Lernenden die webbasierte Lernumgebung zum Basiskonzept der Chemischen Reaktion. Die Lernenden der Zwischen-Vertiefung bearbeiten nach jeder thematischen Teilsequenz eine kurze Phase der Vertiefung, welche verschiedene Anwendungs-, Übungs- und Transferaufgaben enthält. Die Lernenden der Block-Vertiefung bearbeiten zunächst alle thematischen Teilgebiete. Erst danach erfolgt eine geblockte Phase der Vertiefung zu allen Teilgebieten.

Das Fachwissen der Lernenden wird zum Pre-, Post- und Follow-Up-Zeitpunkt erhoben, sodass Aussagen über den Fachwissenszuwachs und die Effektivität der Vertiefungsphase getroffen werden können (Greitemann & Melle, 2022).

Die Lernumgebung

Vorteil einer webbasierten Lernumgebung ist, dass die Inhalte unabhängig von den Abrufgeräten dauerhaft verfügbar sind (Kerres, 2006) und entsprechend schnell angepasst werden können. Zudem zeichnen sich webbasierte Lernumgebungen durch ein hohes Maß an Interaktivität und Adaptivität aus (Bormann & Eienkel, 2010). Die webbasierte Lernumgebung zum Basiskonzept der chemischen Reaktion umfasst fünf thematische Teilsequenzen. Dazu gehört die Chemische Reaktion (1), die Reaktionsgleichung (2), der Physikalische Vorgang (3), die Oxidbildung (4) und Experimente (5). Im vorgeschalteten Training können die Lernenden den Umgang mit der webbasierten Lernumgebung und deren Funktionen anhand eines anderen Inhalts kennenlernen. Nach diesem Training wird die eigentliche Lernumgebung bearbeitet. Dabei wählen die Lernenden vor jeder thematischen Teilsequenz eine Niveaustufe (leicht, mittel, schwer) aus. Diese kann nachfolgend beliebig oft gewechselt werden. Die Inhalte werden in der Erarbeitungsphase durch die Lernenden selbstreguliert erarbeitet. Durch die Einbindung von visuellen Mitteln, z. B. Videos oder

Fotos, sollen die Lernenden motiviert und das Lernen unterstützt werden. In der Phase der Vertiefung werden verschiedene Formen von Aufgaben eingesetzt. Dazu zählen unter anderem Anwendungs-, Übungs- und Transferaufgaben. Weiterhin werden durch kurze Quizaufgaben die Lerninhalte wiederholt oder mittels Zusammenfassungen und Merksätzen das Gelernte gefestigt. Bei den Aufgaben erhalten die Lernenden automatisches Feedback, wodurch eine selbständige Überprüfung des Wissens ermöglicht wird. Mit Hilfe der webbasierten Lernumgebung sollen Logfiledaten erhoben werden, welche einen umfangreichen Einblick in das Lernen mit der Lernumgebung ermöglichen.

Literatur

- Bacon, D. R. & Stewart, K. A. (2006). How Fast Do Students Forget What They Learn in Consumer Behavior? A Longitudinal Study. *Journal of Marketing Education*, 28(3), 181–192.
- Bormann, L. & Einenkel, L. A. (2010). Webbasiertes Lernen und Lehren in der Theologie: Das E-Learning-Modul Bibelkunde der virtuellen Hochschule Bayern (vhb). *Zeitschrift für Religionspädagogik*, 9(1), 78–91.
- Brüning, L. & Saum, T. (2011). Schüleraktivierendes Lehren und Kooperatives Lernen - ein Gesamtkonzept für guten Unterricht. In: *GEW NRW (Hg.). Frischer Wind in den Köpfen* (Sonderdruck), Bochum.
- Cowan, N. (2010). The Magical Mystery Four: How is Working Memory Capacity Limited, and Why? *Current directions in psychological science*, 19(1), 51–57.
- Demuth, R., Parchmann, I., Ralle, B. & Gräsel, C. (2005). *Chemie im Kontext: Hinweise zur Konzeption, Durchführung und Evaluation von Unterrichtseinheiten*. <https://www.chik-sh.de/index2.htm>
- Ebbinghaus, H. (1964). *Memory. A Contribution to experimental psychology*. Oxford, England: Dover.
- Greitemann, L. & Melle, I. (2022). The use of tablets to acquire and internalize knowledge. *CHEMKON*, 29(S1), 293–298.
- Holländer, M., Böhm, K. & Melle, I. (2022). *Systematische Integration des Universal Design for Learning in den Unterricht*. TU Dortmund. <https://eldorado.tu-dortmund.de/handle/2003/40802>
- Leisen, J. (2017). *Die Strukturierung und Planung von Unterricht*. Abrufbar unter: <http://www.josefleisen.de/downloads/lehrenlernen/10%20Strukturierung%20und%20Planung%20von%20Unterricht%20.pdf> [12.10.2022].
- Roth, G. (2017). Was das Gehirn zum Lernen braucht. *Biologie in unserer Zeit*, 47(5), 326–331.
- Schmidkunz, H. & Lindemann, H. (2003). *Das forschend-entwickelnde Unterrichtsverfahren: Problemlösen im naturwissenschaftlichen Unterricht* (6. Aufl.). Didaktik, Naturwissenschaften: Band 2. Westarp Wissenschaften.
- Schubert, B. (2020). Wie Lernen funktioniert und unterstützt werden kann. *Praxisanleiter Akademie* (4), 12–18.
- Sol, Y. W. (2016). Effective Review Methods Based on the Ebbinghaus' Forgetting Curve. *Journal of Learning Strategy Intervention*, 7(1), 1-18.

Steffen Röwekamp¹
 Lisa Rott¹
 Annette Marohn¹

¹Universität Münster

Digital gestütztes, diversitätssensibles Experimentieren **Das Lehr-Lern-Labor C(LE)VER.digital**

Der berufliche Alltag von Lehrkräften ist charakterisiert durch eine Vielzahl komplexer Handlungsfelder, die in der Unterrichtsplanung berücksichtigt werden müssen. Ziel des Projektes ist es, ein Lehr-Lern-Labor-Seminar für Lehramtsstudierende des Fachs Chemie zu entwickeln, das drei Handlungsfelder miteinander verknüpft: den Einsatz digitaler Tools, die diversitätssensible Unterrichtsgestaltung sowie das Experimentieren im Chemieunterricht. Im Zentrum des Seminars steht die theoriegeleitete Planung, Durchführung und Reflexion eigener Unterrichtseinheiten durch die Studierenden.

Forschungsfragen

Im Rahmen des Design Based-Research-Ansatzes (Collins, 1990; Rohrbach-Lochner & Marohn, 2018) werden drei Forschungsfragen bearbeitet:

F.1 In welcher Weise kann ein Hochschulseminar zur Professionalisierung von Chemie-Lehramtsstudierenden im Bereich des diversitätssensiblen, digital gestützten Experimentierens gestaltet werden? Die Entwicklung des Seminars erfolgt in einem zyklischen Prozess aus Design, Erprobung, Analyse und Re-Design. Datengrundlagen für das Re-Design bilden Beobachtungen, Artefakte des Seminars, Ergebnisse der Prä-Post-Testungen sowie leitfadengestützte Interviews mit den Studierenden.

F.2 Inwiefern entwickeln sich Wissen und Selbstwirksamkeit der Studierenden im Verlauf des Seminars? Dies wird im Rahmen eines Prä-Post-Designs erhoben. Die Analyse der Selbstwirksamkeit erfolgt in Anlehnung an Jerusalem & Schwarzer (1999) sowie Rath & Marohn (2021).

F.3 Welche Herausforderungen in Bezug auf die Nutzung digitaler Tools lassen sich identifizieren? Als Datengrundlage dienen die entwickelten Unterrichtsverlaufspläne und digitalen Lernmaterialien, die Videografien der durchgeführten Stunden sowie die schriftlichen Reflexionen der Studierenden.

Der vorliegende Beitrag fokussiert die erste Forschungsfrage.

Modellierung

Zu Beginn wurde eine Modellierung (Abb.1) entwickelt, die die Bereiche *digitale Tools*, *Diversitätssensibilität* und *Experimentieren* miteinander verknüpft und in Anlehnung an Roloff (2012) sowie Rath & Marohn (2021) in vier Stufen operationalisiert: *Wissen*, *Planung*, *Handlung* und *Reflexion*. Eine Grundlage des Modells bildet das Raster des Netzwerks für inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht (Stinken-Rösner u. a., 2020). Die im Modell

Das diesem Artikel zugrundeliegende Vorhaben wird im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01JA1621 gefördert. Die Verantwortung dieser Veröffentlichung liegt bei dem Autor.

beschriebenen Wissens Elemente und Fähigkeiten werden dabei auf die Phasen des problemorientierten Experimentierzyklus nach Reuschling & Marohn (2021) bezogen: *Fragen stellen, Ideen entwickeln, Ideen prüfen, Ideen bewerten*.

Die Modellierung erfüllt mehrere Funktionen: Zum einen strukturiert sie das Seminar, welches den verschiedenen Feldern – von unten aufsteigend – stufenweise folgt. Zum anderen wird das Modell im Seminar eingesetzt, um Inhalte der Einzelsitzungen einzuordnen und zu reflektieren. Darüber hinaus systematisiert die Modellierung die Begleitforschung, die Progressionen in den einzelnen Feldern des Modells fokussiert.

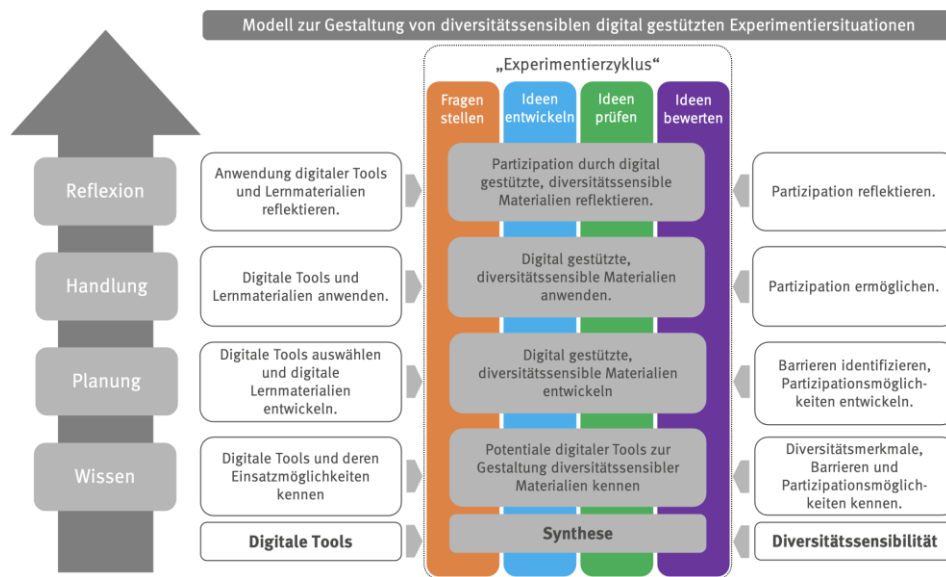


Abb. 1: Modell zur Gestaltung von diversitätssensiblen, digital gestützten Experimentiersituationen

Seminarkonzept

Das entwickelte Lehr-Lern-Labor-Seminar umfasst 14 Seminarsitzungen im Umfang von zwei Semesterwochenstunden. Es wird von Studierenden sämtlicher Chemie-Lehramtsstudiengänge der WWU im Verlauf ihres Masterstudiums besucht. Seit dem Sommer 2021 wurde es dreimal durchgeführt und schrittweise optimiert.

In der ersten Seminarphase, der *forschungsbasierten Vorbereitung* erarbeiten die Studierenden zunächst Theorien, Methoden und Tools zu den drei genannten Handlungsfeldern. Anhand von videographischen Beispielen setzen sich die Studierenden mit der Vielfalt von Lernenden und ihren individuellen Bedürfnissen auseinander und erarbeiten Barrieren des Chemieunterrichts (Stinken-Rösner u. a., 2020, S. 32). Anschließend lernen sie Möglichkeiten einer diversitätssensiblen Unterrichtsgestaltung unter Nutzung von Leichter Sprache (Netzwerk Leichte Sprache, 2013), Visualisierungen und Strukturierungsmaßnahmen (Filusch, 2017; Marohn & Rott, 2020) kennen. Anhand des problemorientierten Experimentierzyklus (Reuschling & Marohn, 2021) erarbeiten die Studierenden konkrete Möglichkeiten, die einzelnen Experimentierphasen (*Fragen stellen, Ideen entwickeln, Ideen*

prüfen, Ideen bewerten) digital zu stützen. Dabei greifen sie auf verschiedene Apps und Tools zurück (z.B. Explain Everything, Book Creator, Learning Apps, thinglink, Padlet, Jamboard, Chemix, Messwerterfassungs-Systeme, Simulationen, Slow-Motion-Videos, Erklärvideos). Sie gestalten zudem erste eigene digitale Lernmaterialien (z.B. ein digitales Planungsbrett) und reflektieren Möglichkeiten zur digitalen Transformation von Chemieunterricht auf Basis des SAMR-Modells (Puentedura, 2006).

In der zweiten Phase des Seminars entwickeln die Studierenden in Teams eigene sechzigminütige Unterrichtseinheiten zu den Themen *Brause, Cola, Kerze* sowie *Stoffeigenschaften und Stofftrennung*. Die Unterrichtsplanungen folgen den Phasen des Experimentierzyklus, wobei mindestens eine Phase digital gestützt werden soll. Sämtliche (analoge und digitale) Lernmaterialien sollen zudem diversitätssensibel gestaltet werden. Im Sinne einer Komplexitätsreduktion (Marohn u. a., 2020) werden die Studierenden dabei von Expertinnen und Experten aus der Chemiedidaktik, Sonderpädagogik und Laborpraxis unterstützt.

In der nachfolgenden Seminarphase führen die Studierenden die entwickelten Unterrichtseinheiten mit sechs bis acht Lernenden der siebten und achten Klasse durch. Die Erprobungen werden aus mehreren Perspektiven videografiert. Im direkten Anschluss werden erste Eindrücke in einer schriftlichen Kurzreflexion festgehalten.

In den letzten beiden Seminarsitzungen reflektieren die Studierenden ihre eigenen Lehr-Lern-Labor-Einheiten anhand der Videografien. Sie wählen eine Szene aus, die den Umgang der Lernenden mit einem digitalen Tool fokussiert. Diese wird anhand eines dreischrittigen Reflexionsschemas analysiert und abschließend im Plenum vorgestellt und diskutiert.

Ausblick

Aktuell werden anhand der Videografien Herausforderungen von Lernenden im Umgang mit digitalen Tools erfasst und kategorisiert. Diese sollen über exemplarische Videovignetten in zukünftige chemiedidaktische Seminare eingebracht werden, um authentische Reflexionsanlässe zu gestalten.

Literatur

- Collins, A. (1990). *Towards a Design Science of Education. Technical Report No. 1*. Center for Technology in Education, New York, NY.
- Filusch, M. (2017). Steinsalzreinigung - Inklusion im Experimentalunterricht. *Naturwissenschaften Im Unterricht Chemie*, 162, 12–15. www.unterricht-chemie.de
- Jerusalem, M., & Schwarzer, R. (1999). Skala zur Allgemeinen Selbstwirksamkeitserwartung. In *Skalen zur Erfassung von Lehrer- und Schülermerkmalen. - Dokumentation der psychometrischen Verfahren im Rahmen der Wissenschaftlichen Begleitung des Modellversuchs Selbstwirksame Schulen*. <http://www.selbstwirksam.de/>
- Marohn, A., Greefrath, G., Hammann, M., Hemmer, M., Kürten, R., & Windt, A. (2020). Komplexitätsreduktion in Lehr-Lern-Laboren - Ein Planungs- und Reflexionsmodell. In R. Kürten, G. Greefrath, & M. Hammann (Hrsg.), *Komplexitätsreduktion in Lehr-Lern-Laboren - Innovative Lehrformate in der Lehrerbildung zum Umgang mit Heterogenität und Inklusion* (S. 17–31). Waxmann.
- Marohn, A., & Rott, L. (2020). Symbole und Zeichnungen. *Naturwissenschaften Im Unterricht - Chemie*, 176, 40–43.
- Netzwerk Leichte Sprache. (2013). *Die Regeln für Leichte Sprache*. Netzwerk Leichte Sprache. https://www.leichte-sprache.org/wp-content/uploads/2017/11/Regeln_Leichte_Sprache.pdf
- Puentedura, R. R. (2006). *Transformation, Technology, and Education*. http://hippasus.com/resources/tte/puentedura_tte.pdf
- Rath, Y., & Marohn, A. (2021). Stolpersteine im Lehrerhandeln - Aufbau eines Handlungsrepertoires durch videobasierte Reflexion. In S. Kapelari, A. Möller, & P. Schiemann (Hrsg.), *Lehr- und Lernforschung in der Biologiedidaktik - Band 9* (S. 59–76). Studienverlag. <https://www.studienverlag.at/produkt/6132/lehr-und-lernforschung-in-der-biologiedidaktik-9/>
- Reuschling, T., & Marohn, A. (2021). Problem gelöst?! - Entwicklung eines Problemzyklus für den Chemieunterricht. *GDCh-FGCU-Jahrestagung 2021: DiCE Meets FGCU – Analog Und Digital: Chemieunterricht Mit Potenzial*.
- Rohrbach-Lochner, F., & Marohn, A. (2018). How research-based learning can increase teacher students' knowledge and abilities: a design-based research project in the context of pupils' (mis) conceptions in science. *Research in Subject-Matter Teaching and Learning*, 1, 35–50.
- Roloff, S. (2012). *Schriftliche Prüfungen stellen und auswerten - methodisch, effektiv, objektiv*. Hochschule Offenburg. <https://www.hochschuldidaktik.net/wp-content/uploads/2012/127-Roloff-SchriftlPruef.pdf>
- Stinken-Rösner, L., Rott, L., Hundertmark, S., Baumann, T., Menthe, J., Hoffmann, T., Nehring, A., & Abels, S. (2020). Thinking Inclusive Science Education from two Perspectives - inclusive Pedagogy and Science Education. *Research in Subject-Matter Teaching and Learning*, 3, 30–45.

Theresa Reuschling¹
Annette Marohn¹

¹Universität Münster

Das Planungskonzept Ping – Problemorientiertes Lernen im inklusiven Chemieunterricht gestalten

Ausgangslage und Zielsetzung

Die Fähigkeit des Problemlösens spielt in vielen Lebensbereichen eine bedeutende Rolle und findet in Form von problemorientierten Unterrichtsansätzen Einzug in den schulischen Kontext (Reusser, 2005). Im Chemieunterricht bieten problemorientierte Ansätze die Möglichkeit, Experimente und Modelle als fachspezifische Methoden zum Lösen naturwissenschaftlicher Probleme einzusetzen (Pahl & Berchtold, 2019). Somit lassen sich Kompetenzen im Bereich der Erkenntnisgewinnung fördern, die zu einer naturwissenschaftlichen Grundbildung (*Scientific Literacy*) beitragen (Wellnitz, Hecht, Heitmann, Kauertz, Mayer, Sumfleth & Walpuski, 2017). Allerdings bergen das Experimentieren und Modellieren, die Fachsprache sowie weitere Charakteristika des Fachs Chemie Herausforderungen (Menthe & Hoffmann, 2015), denen in der Unterrichtsplanung begegnet werden muss. Gerade vor dem Hintergrund eines weiten Inklusionsverständnisses (Löser & Werning, 2015) stehen Lehrkräfte vor der Aufgabe, Barrieren im Unterricht abzubauen, um allen Lernenden die Möglichkeit zu bieten, diese Herausforderungen zu meistern. Ziel des Projektes ist daher die Entwicklung eines Planungskonzepts, das die beiden Elemente des problemorientierten und inklusiven Chemieunterrichts verknüpft und die Unterrichtsplanung mithilfe von Planungswerkzeugen anleitet und unterstützt.

Methodischer Rahmen

Das Projekt verläuft im Sinne des Design-Based Research-Ansatzes (Knogler & Lewalter, 2014) und folgt in der Entwicklung, Erprobung und Evaluation des Planungskonzepts einem zyklischen Vorgehen. Im Zuge des *Design-Experiments* werden *Mesozyklen* durchlaufen, in denen verschiedene Schwerpunkte im Forschungsvorhaben gesetzt werden. Nach der Erarbeitung theoretischer Grundlagen und ersten konzeptionellen Ansätzen für das problemorientierte Lernen im Chemieunterricht (*Mesozyklus 1*) sowie dem inklusiven Lernen mit Blick auf Erkenntnisgewinnungsprozesse (*Mesozyklus 2*) stand die Erarbeitung und Gestaltung des Planungskonzepts im Vordergrund (*Mesozyklus 3*). Im aktuell *vierten Mesozyklus* wird das Planungskonzept in der Hochschullehre erprobt und weiterentwickelt.

Das Ping-Planungskonzept

Das Planungskonzept besteht aus drei Elementen, die unterschiedliche Aspekte bei der Unterrichtsplanung beleuchten und unterstützen sollen:

1) Entwicklung einer Problemstellung mithilfe von Problemtypen

Die Problemstellung bildet im problemorientierten Unterricht den Ausgangspunkt des Lernprozesses und nimmt damit eine bedeutende Rolle ein. Mit der Wahl einer Problemstellung wird bereits eine Entscheidung getroffen, welche Handlungen die Lernenden im Lösungsprozess ausführen und welche Kompetenzen gefördert werden sollen. Probleme

lassen sich folglich nach der einzusetzenden naturwissenschaftlichen Lösungshandlung trennen (Gut, Metzger, Hild & Tardent, 2014; Ruiz-Primo & Shavelson, 1996).

Im Planungskonzept Ping wird dieser Ansatz aufgegriffen und fünf *typische Handlungen* beim Einsatz von Experimenten und Modellen zur Problemlösung unterschieden. Zugehörig zu den Handlungen werden damit verbundene *Problemtypen* aufgezeigt, die Ziele dieser Handlungen beschreiben (Tab. 1). Das Planungskonzept leitet die Entwicklung einer Problemstellung ausgehend von diesen Problemtypen an und orientiert sich damit am Ansatz einer kompetenzorientierten Unterrichtsplanung (Trendel, 2015).

Tab. 1: Naturwissenschaftliche Lösungshandlungen und zugehörige Problemtypen

| Naturwissenschaftliche Lösungshandlung | Problemtyp und Beschreibung Die Lernenden... |
|---|---|
| Stoffeigenschaften bestimmen | ... charakterisieren einen bekannten Stoff durch Bestimmung seiner Stoffeigenschaften. |
| | ... identifizieren einen unbekanntes Stoff durch Bestimmung seiner Stoffeigenschaften. |
| Variablen systematisch manipulieren | ... vergleichen zwei oder mehr Stoffe hinsichtlich einer Stoffeigenschaft. |
| | ... untersuchen eine Stoffeigenschaft unter verschiedenen Rahmenbedingungen. |
| Chemische Reaktionen/ Verfahren durchführen | ... synthetisieren eine Verbindung durch Einsatz chemischer Reaktionen. |
| | ... spalten eine Verbindung durch Einsatz chemischer Reaktionen. |
| | ... trennen ein Stoffgemisch mittels physikalischer Verfahren. |
| Materialien funktionalisieren | ... konstruieren einen Versuchsaufbau hinsichtlich einer bestimmten Funktion. |
| Modelle einsetzen | ... erklären einen chemischen Vorgang oder Eigenschaften eines Stoffes auf submikroskopischer Ebene. |
| | ... sagen einen chemischen Vorgang oder Eigenschaften eines Stoffes durch Modellierung vorher . |

2) Ausgestaltung der Unterrichtsphasen anhand des Problemzyklus

Unterricht, der im Sinne der Erkenntnisgewinnung verläuft, folgt einer bestimmten Struktur und kennzeichnet sich durch die Abgrenzung verschiedener Teilprozesse (Bewersdorff, Baur & Emden, 2020). Fokussiert auf das Problemlösen unter Einsatz von Experimenten und Modellen stellt der im Projekt entwickelte Problemzyklus (Abb. 1) ein mögliches Prozessmodell zur Abgrenzung einzelner Unterrichtsphasen dar. Er dient damit als strukturgebender Leitfaden bei der konkreten Ausgestaltung der einzelnen Phasen hinsichtlich des Inhalts, der Sozialform und einzusetzender Materialien und Medien.

3) Inklusive Gestaltung mithilfe des Ping-3-Schritts

Im Zuge einer inklusiven Pädagogik, die als Ziel die Partizipation aller Schülerinnen und Schüler anstrebt, sollten Barrieren im Unterricht erkannt und minimiert werden (Stinken-Rösner, Rott, Hundertmark, Menthe, Hoffmann, Nehring & Abels, 2020). Das Planungskonzept leitet mithilfe des Planungswerkzeugs des *Ping-3-Schritts* in drei Schritten

den Abbau von Handlungsbarrieren im Unterricht an (Abb. 2): Zunächst wird eine ausgewählte Handlung der Lernenden konkretisiert (z. B. Erhitzen einer Kochsalzlösung, *Schritt 1*). Mit Blick auf diese Handlung werden fachimmanente Herausforderungen identifiziert (z. B. Gefahren durch den Brenneinsatz, *Schritt 2*) und im letzten Schritt Maßnahmen definiert, um diesen Herausforderungen zu begegnen und Barrieren abzubauen (z. B. Alternativen zum Erhitzen einsetzen, etwa eine Brücke aus Kaninchendraht mit Teelicht (Marohn, Schillmüller & Stucky, 2021), *Schritt 3*).

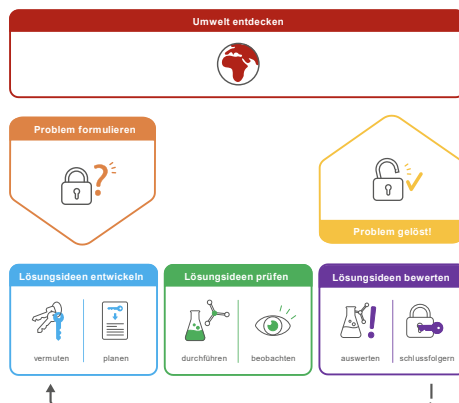


Abb. 1: Der Problemzyklus als Prozessmodell eines problemorientierten Chemieunterrichts

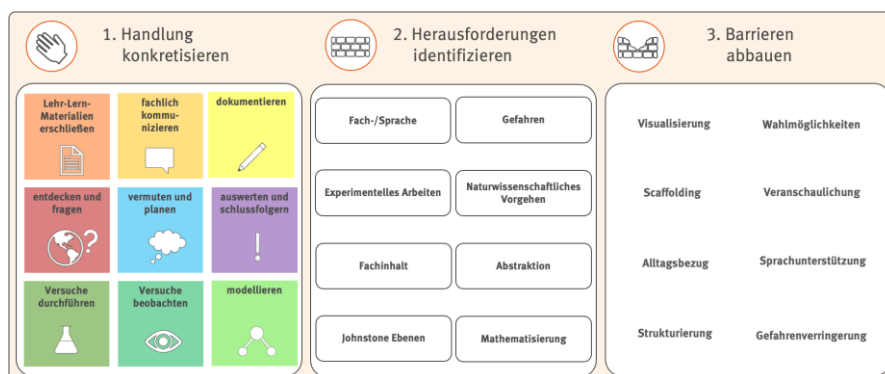


Abb. 2: Der Ping-3-Schritt als Planungswerkzeug zum Abbau von Handlungsbarrieren

Erprobung und Ausblick

Einzelne Elemente des Planungskonzepts wurden im Sommersemester 2022 in der Hochschullehre erprobt. In einem chemiedidaktischen Seminar planten Studierende unter Abgrenzung von Problemtypen und anhand des Problemzyklus problemorientierte Unterrichtsstunden. Der Ping-3-Schritt wurde im Rahmen eines Praktikums zur Planung barrierearmer Schulexperimente eingesetzt. In diesem Zuge wurden Daten in Form von Audiographien der Planungen in Gruppenarbeit (n=12), offenen Fragebögen (n=32) und Interviews (n=13) zur Evaluation des Konzepts und der zugehörigen Materialien erhoben. Die Daten werden aktuell im Hinblick auf Schwierigkeiten im Umgang mit dem Konzept und den

Materialien ausgewertet. In einem weiteren Mesozyklus ist die Erprobung des Konzepts mit Lehrkräften aus der Schulpraxis geplant.

Literatur

- Bewersdorff, A., Baur, A. & Emden, M. (2020). Analyse von Unterrichtskonzepten zum Experimentieren hinsichtlich theoretisch begründeter Unterrichtsprinzipien: Bestandsaufnahme und kriteriale Gegenüberstellung. *Zeitschrift für Didaktik der Biologie*, 24, 108-130
- Gut, C., Metzger, S., Hild, P. & Tardent, J. (2014). Problemtypenbasierte Modellierung und Messung experimenteller Kompetenzen. *PhyDid B*. Verfügbar unter: <https://ojs.dpg-physik.de/index.php/phydid-b/article/view/532/680> (Zugriff 12.10.22)
- Knogler, M. & Lewalter, D. (2014). Design-Based Research im naturwissenschaftlichen Unterricht. Das motivationsfördernde Potenzial situierter Lernumgebungen im Fokus. *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, 61, 2-14
- Löser, J. M. & Werning, R. (2015). Inklusion – allgegenwärtig, kontrovers, diffus? *Erziehungswissenschaft*, 26 (51), 17-24
- Marohn, A., Schillmüller, R. & Stucky, S. (2021). Kaffeemaschine, Kaninchendraht & Co. Experimentieren mit Alltagsmaterialien. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 185 (32), 8-12
- Menthe, J. & Hoffmann, T. (2015). Inklusiver Chemieunterricht: Chance und Herausforderung. In J. Riegert & O. Musenberg (Eds.), *Inklusiver Fachunterricht in der Sekundarstufe*. Stuttgart: Kohlhammer, 131-141
- Pahl, A. & Berchtold, C. (2019). Problemlösen im naturwissenschaftlichen Unterricht: Die Methode des Experimentierens. In U. Stadler-Altmann & A. Pahl (Eds.), *MINT-Didaktik und allgemeine Didaktik im Gespräch*. Opladen, Berlin & Toronto: Barbara Budrich, 47-78
- Reusser, K. (2005). Problemorientiertes Lernen – Tiefenstruktur, Gestaltungsformen, Wirkung. *Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung*, 23 (2), 159-182
- Ruiz-Primo, M. A. & Shavelson, R. J. (1996). Rhetoric and reality in science performance assessments: An update. *Journal of Research in Science Teaching*, 33 (10), 1045-1063
- Stinken-Rösner, L., Rott, L., Hundertmark, S., Menthe, J., Hoffmann, T., Nehring, A., & Abels, S. (2020). Thinking Inclusive Science Education from two Perspectives: Inclusive Pedagogy and Science Education. *Ristal*, 3, 30-45
- Trendel, G. (2015). Kompetenzorientierung in den Naturwissenschaften – ein Perspektivwechsel. In Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes NRW (Eds.), *Sinus.NRW – Impulse für den kompetenzorientierten naturwissenschaftlichen Unterricht*. Verfügbar unter: https://www.schulentwicklung.nrw.de/sinus/upload/Publikation_NW_2013/sinus-nw-2015.pdf (Zugriff 12.10.22)
- Wellnitz, N., Hecht, M., Heitmann, P., Kauertz, A., Mayer, J., Sumfleth, E. & Walpuski, M. (2017). Modellierung des Kompetenzteilbereichs naturwissenschaftliche Untersuchungen. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaften*, 20, 556-584

André Meyer¹
Gunnar Friege¹

¹Leibniz Universität Hannover

Embodied Cognition Konzept und Bedeutung für das Lehren und Lernen von Physik

Der Begriff Embodied Cognition (EC) beschreibt eine kognitionswissenschaftliche Theorie, die sich etwa seit den 1990er Jahren interdisziplinär entwickelt und mittlerweile eine Vielzahl von Theorien und Modellen über den Aufbau und die Funktionsweise der menschlichen Kognition umfasst (Hoffmann, 2016). Ziel der Masterarbeit, auf der dieser Posterbeitrag basiert, ist es, einen Überblick über die Theorien der EC zu schaffen und ihre Bedeutung für den Physikunterricht einzuschätzen (Meyer, 2022). Dazu werden im Rahmen einer umfassenden Literaturanalyse Publikationen mit analytischem und mit empirischem Schwerpunkt vorgestellt, die Möglichkeiten zur Integration von EC in Lehr-Lern-Prozessen untersuchen. Weiterhin wurden leitfadengestützte Experteninterviews mit Physiklehrkräften geführt, um die aktuelle Bedeutung von EC für den Physikunterricht zu erfassen.

Theoretischer Hintergrund

Die Theorien der EC stellen insbesondere die Dichotomie von Informationsverarbeitung und Handeln infrage, die durch die Beschränkung der Kognition auf zentrale Prozesse und Strukturen entsteht, wie sie in den klassischen Kognitionstheorien des Computationalismus und des Repräsentationalismus postuliert wird (Hoffmann, 2016). Stattdessen muss aus Sicht von EC Theorien zur Beschreibung der Kognition neben dem Nervensystem auch der gesamte Körper mit seinen individuellen Fähigkeiten und Einschränkungen berücksichtigt werden (Weber, 2015). Es besteht jedoch keine einheitliche Meinung darüber, auf welche Weise oder in welchem Umfang der Körper und die Umgebung in die Beschreibung der Kognition einfließen und entsprechend gibt es verschiedene Strömungen innerhalb der EC-Theorie.

Beispielsweise beschreiben Vertreterinnen und Vertreter der *Enacted Cognition* die Kognition als ein autonomes System, das sich eigenständig entwickelt und organisiert wie ein Lebewesen (Kyselo, 2013). Kognitive Prozesse werden dynamisch durch Interaktionen mit der Umwelt hervorgebracht, wobei die Informationen direkt kognitiv verarbeitet und nicht zunächst in logische Repräsentationen umgewandelt werden. Für diese Interaktion ist es zwingend erforderlich, dass die Kognition verkörpert ist, da ohne die Motorik kein Austausch mit der Umwelt möglich wäre (Kyselo, 2013).

Im Modell der *Embedded / Situated Cognition* wird dagegen vor allem die zentrale Struktur der Kognition infrage gestellt. Stattdessen ist die Kognition in diesen Modellen in den Körper eingebettet und der Körper ist wiederum in seiner raumzeitlich unmittelbaren Umgebung situiert (Lyre & Walter, 2013).

Neben diesen beiden Ansätzen, die sich auf einer theoretischen Ebene mit dem Aufbau des kognitiven Systems befassen, existieren Modelle, die sich auf kognitive Prozesse fokussieren. So kann die Umgebung im Modell der *Distributed Cognition* als Hilfsmittel in kognitive Prozesse integriert werden (Weber, 2015). Auch die *Extended Cognition* ist eine Theorie, die Gegenstände aus der Umwelt direkt in kognitive Prozesse integriert. Anstatt sie

als Hilfsmittel der Kognition zu betrachten, werden die Gegenstände allerdings ebenso wie das Gehirn als genuine Bestandteile der Kognition beschrieben (Walter, 2013).

Unter dem Begriff der *Grounded Cognition* werden Modelle erfasst, die auf einer neurophysiologischen Ebene eine direkte Verknüpfung der Sinnesmodalitäten und der Motorik mit dem Gehirn beschreiben und deshalb die Beschränkung der Kognition auf das Gehirn ablehnen (Weber, 2015).

Embodied Cognition in Lehr-Lern-Situationen

Es werden verschiedene Möglichkeiten aufgezeigt, wie eine Einbindung des Körpers in den Unterricht den Ansätzen der EC zufolge Lehr-Lern-Situationen beeinflussen kann.

Zum Beispiel werden Zeige-Gesten genutzt, um verbale Erklärungen abstrakter Konzepte mit passenden Referenzen in der realen Welt wie einer Graphik zu verknüpfen, oder dynamische Gesten, um mentale Simulationen von Veränderungen bestimmter Größen körperlich zu manifestieren (Alibali & Nathan, 2012). Gesten wie die Drei-Finger-Regel dienen als strategisches Hilfsmittel beim Problemlösen, indem Leistungen des Arbeitsgedächtnisses auf die Hände „abgeladen“ werden, wodurch kognitive Ressourcen für andere Aspekte des Problems zur Verfügung stehen (Weisberg & Newcombe, 2017). Des Weiteren kann die spontan von Lernenden verwendete Gestik genutzt werden, um kognitive Prozesse zu analysieren (Garber & Goldin-Meadow, 2002).

Der gesamte Körper von Lernenden lässt sich nutzen, um physikalische Größen und Phänomene wahrzunehmen und Verknüpfungen von deklarativem Wissen mit körperlichen Erfahrungen herzustellen (Kersting, Haglund & Steier, 2021). Außerdem lassen sich mithilfe körperlicher Metaphern Analogien herstellen, die bei der Vernetzung von Wissen behilflich sind (Weisberg & Newcombe, 2017).

Empirische Untersuchung

Neben einer Literaturanalyse wurde eine empirische Untersuchung in Form von leitfadengestützten Experteninterviews mit sechs Lehrkräften von zwei Gymnasien aus Hannover durchgeführt. Die Interviews wurden anschließend transkribiert und die Aussagen der Lehrkräfte zu bestimmten Aspekten zusammengefasst.

Ziel dieser Untersuchung war es, einen Überblick über die aktuelle Bedeutung von EC für den Physikunterricht an Gymnasien zu erhalten. Dazu sollten die Lehrkräfte angeben, ob sie EC kennen und erläutern, welche der oben genannten Möglichkeiten die Lehrkräfte nutzen, um den Körper im Unterricht einzusetzen.

Die Untersuchung ergab, dass keine der befragten Lehrkräfte EC vor dem Interview kannte, aber dass sie alle in ihrem Unterricht Methoden einsetzen, deren Wirksamkeit sich über EC erklären lässt (Meyer, 2022).

Im Bereich der Gestik nutzen alle befragten Lehrkräfte die Drei-Finger-Regel zur Bestimmung der Richtung der Lorentzkraft und benennen diese als unverzichtbares Hilfsmittel für die räumliche Vorstellung in diesem Kontext (Meyer, 2022).

Als Ganzkörper-Methode verwenden die Lehrer das Nachstellen von gleichförmigen und gleichmäßig beschleunigten Bewegungen beim Laufen entlang einer geraden Strecke. Derartige Ganzkörpermethoden seien eine Möglichkeit, um Abwechslung in den Schulalltag zu bringen und eine Verknüpfung von Wissen mit praktischen Erfahrungen herzustellen (Meyer, 2022).

Insgesamt messen die Lehrkräfte diesen Methoden eine hohe Bedeutung für den Physikunterricht bei, wobei sie intuitiv die Ergebnisse einiger empirischer Untersuchungen teilen, wonach der Körpereinsatz wie andere Methoden auch bewusst unter Berücksichtigung des zu vermittelnden Stoffes und der Lerngruppe ausgewählt werden muss.

Für die Einbindung des Körpers in den Physikunterricht entscheiden sich die Lehrkräfte vor allem auf Basis von eigenen Erfahrungen und nicht aufgrund von theoretischem Wissen über die Wirksamkeit von EC. Alle befragten Lehrkräfte äußerten in den Interviews oder in anschließenden Gesprächen, dass sie Interesse an Fortbildungen zu diesem Thema hätten und insbesondere gerne wirkungsvolle Methoden mit Körpereinsatz kennenlernen würden.

Fazit & Ausblick

Insgesamt zeigen die vorgestellten Studien, dass EC das Potential hat, um das Lehren und Lernen von Physik positiv zu beeinflussen. Es scheint jedoch keinen grundsätzlichen positiven Effekt eines Körpereinsatzes auf den Lernprozess zu geben, sondern diese Effekte sind von Faktoren wie den individuellen Lerntypen oder auch den unterrichteten physikalischen Konzepten abhängig (Meyer, 2022).

Die interviewten Lehrkräfte erkennen das Potential von EC in konkreten Unterrichtssituationen und nutzen eigene Erfahrungswerte dazu bei der Unterrichtsplanung. Ein theoretisches Wissen zur EC wird hingegen nicht eingesetzt und ist bei den interviewten Lehrkräften nicht verankert (Meyer, 2022).

Zukünftige Projekte könnten untersuchen, bei welchen physikalischen Konzepten Lernende besonders von der Einbindung ihres Körpers in den Unterricht profitieren und welche Methoden zur Vermittlung dieser Konzepte geeignet sind. Auf Grundlage dieser Forschung könnten dann Weiterbildungsangebote für Lehrkräfte gestaltet werden. Die Interviews ergaben, dass grundsätzlich eine Nachfrage für derartige Weiterbildungen besteht (Meyer, 2022). Außerdem könnte zukünftige Forschung den Einfluss des Körpers auf die Motivation von Lernenden empirisch untersuchen.

Literatur

- Alibali M.W. & Nathan M.J. (2012). Embodiment in Mathematics Teaching and Learning: Evidence from Learners' and Teachers' Gestures. In *Journal of the Learning Sciences* 21 (2), 247-286
- Garber P. & Goldin-Meadow S. (2002). Gesture offers insight into problemsolving in adults and children. In *Cognitive Science* 26, 817-831
- Hoffmann, M. (2016). Verkörperte Kognition. In M. Kühler & M. Rüter. *Handbuch Handlungstheorie. Grundlagen, Kontexte, Perspektiven*. Stuttgart: J.B. Metzler Verlag, 160-168
- Kersting M., Haglund J. & Steier R. (2021). A Growing Body of Knowledge. On Four Different Senses of Embodiment in Science Education. In *Science & Education*, 1183-1210
- Lyre H. & Walter S. (2013). Situierete Kognition (situated cognition). In A. Stephan & S. Walter. *Handbuch Kognitionswissenschaft*. Stuttgart: J.B. Metzler Verlag, 184-185
- Meyer, A. (2022). Über die Bedeutung von Embodied Cognition für den Physikunterricht. Unveröffentlichte Masterarbeit. Leibniz Universität Hannover, AG Physikdidaktik
- Walter, S. (2013). Erweiterte Kognition (extended cognition). In A. Stephan & S. Walter. *Handbuch Kognitionswissenschaft*. Stuttgart: J.B. Metzler Verlag, 193-196
- Weber, A. M. (2015). Die körperliche Konstitution von Kognition. Dissertation. Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf
- Weisberg S.M. & Newcombe N.S. (2017). Embodied Cognition and STEM learning. In *Cognitive Research: Principles and Implications*

Benjamin Groß¹
 Jan-Philipp-Burde¹
 Augustin Kelava¹
 Judith Glaesser¹
 Lana Ivanjek²
 Salome Wörner³

¹Universität Tübingen
²TU Dresden
³LMU München

Entwicklung eines dreistufigen Testinstruments zur Elektrizitätslehre

In der Elektrizitätslehre stellen bereits die grundlegenden Konzepte im Kontext einfacher Gleichstromkreise viele Lernende vor große Herausforderungen (z. B. Burde, 2018). Dies betrifft sowohl Schülerinnen und Schüler als auch Studierende und insbesondere Lehramtsstudierende der Physik (McDermott & Shaffer, 1992). Oftmals sind diese Lernschwierigkeiten auf eine Reihe sogenannter Schülervorstellungen zurückzuführen, welche sich robust gegenüber Veränderung durch Elektrizitätslehre-Unterricht zeigen (Schecker & Wilhelm, 2018). Fachwissen und fachdidaktisches Wissen sind für Lehrkräfte jedoch zentrale Facetten der professionellen Handlungskompetenz – insbesondere hängt das fachdidaktische Handlungsrepertoire vom Grad des konzeptionellen Verständnisses ab (Riese & Reinhold, 2010). Fachdidaktisches Wissen umfasst weiterhin das Wissen um die Vorstellungen, die Lernende in den Unterricht mitbringen können. Das Testinstrument bildet die diagnostische Grundlage, um Studierenden Rückmeldung über ihre gegebenenfalls noch vorhandenen falschen Vorstellungen zu geben und weiterhin Dozierenden zu ermöglichen, diese auch in der universitären Lehre zu berücksichtigen. Auf Basis der Testergebnisse können perspektivisch adaptive Unterstützungsangebote im Studium geschaffen werden, um Lehramtsstudierende forschungsbasiert dazu zu qualifizieren, die Elektrizitätslehre lernwirksamer zu unterrichten.

Hintergrund & Projektziele

Die Schülervorstellungen, welche den physikalischen Konzepten bezüglich einfacher Gleichstromkreise zuzuordnen sind, stellen die Konstrukte dar, die durch das zu entwickelnde Testinstrument abgedeckt werden sollen und z. B. in Schecker & Wilhelm (2018) ausführlich dokumentiert sind. Bezüglich des Konzepts „elektrischer Strom“ sind dies insbesondere die Stromverbrauchsvorstellung, die zum Teil als Folge einer unzureichenden Trennung zwischen Strom- und Energiebegriff seitens der Lernenden angesehen wird. Studierende haben Probleme mit dem funktionalen Verständnis eines geschlossenen Stromkreises sowie mit der Konstanz des Stroms in unverzweigten Stromkreisen mit mehreren Batterien (Stetzer et al., 2013). Weit verbreitet ist auch die Vorstellung, eine Batterie sei unabhängig von der angeschlossenen Schaltung die Quelle eines konstanten Stroms. Darüber hinaus können viele Lernende die Begriffe „elektrische Spannung“ und „elektrischer Strom“ nicht konzeptionell unterscheiden, oftmals wird die Spannung als Eigenschaft des Stroms angesehen. Schwierigkeiten bereitet auch der Systemcharakter elektrischer Stromkreise – vielfach wird eine lokale oder sequentielle Argumentationsweise bemüht, bei welcher der Strom der Reihe nach durch die einzelnen Schaltungselemente verfolgt wird. Dabei wird etwa davon ausgegangen, dass der Strom sich an Knotenpunkten immer hälftig aufteilt bzw. Änderungen im Stromkreis nur Auswirkungen für in Stromrichtung nachfolgende Elemente bedeuten.

Hinweise auf das Vorliegen der genannten Vorstellungen auch bei Studierenden konnten einerseits in den bereits genannten Studien und andererseits auf Basis vorliegender Daten von Studienanfängerinnen und -anfängern der Physik, die mit Hilfe des zweistufigen Testinstruments nach Ivanjek et al. (2021) erhoben wurden, gefunden werden.

Die ersten Testinstrumente zur empirischen Erforschung von Schülervorstellungen zur Elektrizitätslehre (v. a. Rhöneck, 1986) leisteten zwar wichtige Pionierarbeit, enthalten jedoch nur wenige Items zu den grundlegenden Vorstellungen und sind psychometrisch noch unausgereift (Zitzelsberger & Rabe, 2011). Einen großen Fortschritt stellt das umfassend validierte Testinstrument von Engelhardt & Beichner (2004) dar. Es richtet sich auch an die Zielgruppe der Studierenden und umfasst viele Konzepte bezüglich einfacher Gleichstromkreise, aufgrund der Einstufigkeit der Items ist jedoch eine reliable Identifikation von Schülervorstellungen aus dem reinen Antwortmuster schwierig. Zweistufige Items, wie sie zum Beispiel bei Urban-Woldron & Hopf (2012) oder bei Ivanjek et al. (2021) zum Einsatz kommen und eine Antwort und eine Begründung von den Befragten verlangen, ermöglichen zwar bereits, das Vorliegen einiger gängiger Schülervorstellungen reliabel zu identifizieren. Die beiden letztgenannten Testinstrumente richten sich dabei jedoch primär an Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe I. Ebenfalls adressieren sie noch nicht die komplette Bandbreite der physikalischen Konzepte bezüglich elektrischer Gleichstromkreise und der zugehörigen Vorstellungen bzw. sind auf einzelne Teilkonzepte fokussiert.

Überblickend lässt sich zum Stand der Forschung feststellen, dass es noch kein Testinstrument zu einfachen Stromkreisen gibt, welches...

- das Konzeptverständnis in der Breite erfasst;
- Schülervorstellungen reliabel diagnostizieren kann;
- eine gute Passung zwischen Itemschwierigkeit und Personenfähigkeit aufweist;
- sich vor allem an Lernende an der Universität (und Oberstufe) richtet und
- allgemeinen psychometrischen Gütekriterien genügt.

Hieraus leiten sich die Zielsetzungen für das vorliegende Projekt zur Entwicklung des neuen Testinstruments ab.

Darüber hinaus soll im Rahmen des Projektes untersucht werden, inwiefern die diagnostizierten Vorstellungen auf fest verwurzelte kognitive Strukturen im Sinne einer Art Rahmentheorie („Knowledge as Theory“, vgl. Vosniadou & Skopeliti, 2013) und somit auf stabile Fehlvorstellungen zurückgehen oder von den Befragten in der Testsituation spontan, etwa auf Basis sogenannter p-prims („phenomenological primitives“), generiert werden („Knowledge in Pieces“, vgl. di Sessa, 1993). Bisherige Erkenntnisse deuten eher auf letzteres hin, da trotz der starken Verbreitung und zeitlichen Stabilität der Schülervorstellungen eine sehr hohe Kontextabhängigkeit beobachtet wird. Dies äußert sich darin, dass die Vorstellungen über verschiedene inhaltlich vergleichbare Items hinweg nicht konsistent vertreten werden. Hasan et al. (1999) schlagen vor, dass die Sicherheit, mit der die Befragten ein Item beantworten, in engem Zusammenhang mit dem Vorhandensein einer ggf. durch die Antwort implizierten Fehlvorstellung steht. Jedoch scheint dieser Zusammenhang nicht für alle physikalischen Kontexte zu gelten, so konnte etwa von Hull & Hopf (2022) für Vorstellungen bezüglich der Radioaktivität keine Korrelation zwischen Konsistenz der Antworten und angegebener Sicherheit gefunden werden. Eine analoge Untersuchung soll die Entwicklung des Testinstruments zur Elektrizitätslehre begleiten und mit Hilfe der neu entwickelten dreistufigen Items sollen Erkenntnisse zur Übertragbarkeit der o. g. Ergebnisse

auf die Elektrizitätslehre gewonnen werden. Eine signifikante Korrelation zwischen Sicherheit und Konsistenz bei einzelnen Vorstellungen verspräche zudem eine Reduktion der nötigen Testlänge des dreistufigen Testinstruments, da solche Vorstellungen nicht mehr in mehreren Items abgebildet werden müssten.

Item-Entwicklungsprozess & Methoden

Im Testentwicklungsprozess wurden zunächst die zu erhebenden Konstrukte definiert – hier also die relevanten physikalischen Konzepte und die zugehörigen Vorstellungen auf Basis der bisherigen Schülervorstellungsforschung. Mit Hilfe bereits vorliegender Daten von Studienanfängerinnen und -anfängern der Physik, die mit Hilfe des zweistufigen Testinstruments nach Ivanjek et al. (2021) erhoben wurden, wurde einerseits die Schwierigkeit der Testitems und andererseits die Verbreitung der unterschiedlichen Schülervorstellungen bei Studierenden analysiert. Einige Vorstellungen wurden von Studierenden kaum noch vertreten, sodass diese keine gesonderte Berücksichtigung im Testinstrument mehr finden werden und stattdessen bisher weniger untersuchte Aspekte, z. B. zu Energieumsätzen in Stromkreisen, in den Blick genommen werden können. Die Items bestehender und frei verfügbarer Testinstrumente (s. o.) wurden gesichtet und auf ihre Eignung zur Messung der intendierten Konstrukte geprüft, um sie ggf. in adaptierter Form im zu entwickelnden Testinstrument nutzen zu können. Je nach Notwendigkeit werden neue Items entwickelt, etwa um neue Konstrukte zu operationalisieren oder im Hinblick auf die Zielgruppe ein passendes und möglichst breites Spektrum an Aufgabenschwierigkeiten abzudecken.

Die anschließend geplanten Interview-Studien leisten einen entscheidenden Beitrag zur Validierung des Testinstruments (vgl. Brandt & Moosbrugger, 2020). Dabei werden die Items zunächst in ein offenes Frageformat überführt und anschließend in qualitativen, halbstrukturierten Interviews mit Studienanfängern die Fragestellungen der entwickelten Items auf Verständlichkeit geprüft. Hierbei kann die Methode des Lauten Denkens helfen, zu überprüfen, ob die Befragten in intendierter Weise über die Aufgabenstellungen nachdenken. Ebenfalls sollen im Rahmen dieser Interviews insbesondere für neu entwickelte Items Distraktoren gewonnen werden. Durch Befragungen von Expertinnen und Experten wird die inhaltliche Eignung der Items zur Messung der Konstrukte sichergestellt.

Ausblick

Nach Abschluss der Item-Entwicklung soll die vorläufige Testversion in einer Pilotierungsstudie quantitativ evaluiert und in ggf. mehreren Zyklen überarbeitet werden. Bereits im Rahmen dieser Pilotstudie kann wie oben ausführlich beschrieben die Korrelation zwischen der Konsistenz der diagnostizierten Vorstellungen und der Sicherheit der Befragten untersucht und die Ergebnisse in den weiteren Entwicklungsprozess einbezogen werden.

Die finale Testversion soll abschließend im Rahmen einer Erhebungsstudie eingesetzt werden, um u. a. die psychometrischen Eigenschaften des Testinstruments zu untersuchen.

Literatur

- Brandt, H. & Moosbrugger, H. (2020). Planungsaspekte und Konstruktionsphasen von Tests und Fragebogen. In Moosbrugger, H. & Kelava, A. (Hrsg.), *Testtheorie und Fragebogenkonstruktion*. Berlin/Heidelberg: Springer.
- Burde, J.-P. (2018). Konzeption und Evaluation eines Unterrichtskonzepts zu einfachen Stromkreisen auf Basis des Elektronengasmodells. Berlin: Logos-Verlag (259).
- diSessa, A. A. (1993). Toward an epistemology of physics. *Cognition and Instruction*, 10(2–3), 105–225
- Engelhardt, P. & Beichner, R. (2004). Students' Understanding of Direct Current Resistive Electrical Circuits. *American Journal of Physics*, 72(1), 98-115
- Hasan, S., Bagayoko, D. & Kelley, E. L. (1999). Misconceptions and the certainty of response index (CRI). *Phys. Educ.*, 34(5), 294.
- Hull, M. M., Jansky, A. & Hopf, M. (2022). Does confidence in a wrong answer imply a misconception?. *Physical Review Physics Education Research*, 18(2).
- Ivanjek, L. et al. (2021). Development of a two-tier instrument on simple electric circuits. *Physical Review Physics Education Research*, 17(2), 1-15
- Stetzer, M., van Kampen, P., Shaffer, P. S. & McDermott, L. C. (2013). New insights into student understanding of complete circuits and the conservation of current, *American Journal of Physics*, 81, 134-143
- McDermott, L. C. & Shaffer, P. S. (1992). Research as a guide for curriculum development: An example from introductory electricity. Part I: Investigation of student understanding. *American Journal of Physics*, 60 (11), 994–1013
- Rhöneck, C. v. (1986). Vorstellungen vom elektrischen Stromkreis und zu den Begriffen Strom, Spannung und Widerstand. *Naturwissenschaften im Unterricht-Physik*, 34(13), 108-112
- Riese, J. & Reinhold, P. (2010). Empirische Erkenntnisse zur Struktur professioneller Handlungskompetenz von angehenden Physiklehrkräften. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16(1), 167-187
- Schecker, H. & Wilhelm, T (2018). Schülervorstellungen zum elektrischen Stromkreis. In Schecker, H., Wilhelm, T., Hopf, M. & Duit, R. (Hrsg.) (2018) *Schülervorstellungen und Physikunterricht. Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis*, 115-138. Berlin: Springer-Spektrum.
- Urban-Woldron, H. & Hopf, M. (2012). Entwicklung eines Testinstruments zum Verständnis in der Elektrizitätslehre. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 18, 201-227
- Vosniadou, S. & Skopeliti, I. (2013). Conceptual Change from the Framework Theory Side of the Fence. *Science & Education*, 23(7), 1427–1445
- Zitzelsberger, S., & Rabe, T. (2011). Eine Analyse des Rhöneck-Tests. In D. Höttecke (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Beitrag zur Gestaltung partizipativer Demokratie. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Potsdam 2010*, 217–219. Berlin: LIT Verlag.

Paul Unger¹
Karsten Rincke¹

¹Universität Regensburg

Vergleich hinführender und rückführender Strukturierungen im Physikunterricht

Die PISA-Studien zeigten, dass der in deutschen Schulen durchgeführte naturwissenschaftliche Unterricht im Vergleich zu Unterricht an finnischen Schulen unterlegen hinsichtlich der Leistung der Schüler/-innen wirkt (OECD, 2019; OECD, 2016; OECD, 2014). Im Projekt QuIP (Quality of Instruction in Physics) konnten mittels Videoanalysen länderbedingte Unterschiede unter anderem in der Strukturierung finnischen und deutschen Physikunterrichtes beobachtet werden (vgl. Geller et al., 2014). Dies zeichnet sich in der zeitlichen Gestaltung des Unterrichts ab: Bei der Zielsetzung des Erwerbes von Fachwissen wird in Deutschland viel Zeit auf eine hinführende Herleitung zum Fachinhalt verwendet, während an finnischen Schulen auf eine zeitintensive Herleitung zu Gunsten einer ausgeprägteren Konzept-sicherung verzichtet wird (vgl. Wackermann, Trendel & Fischer, 2010; Geller, 2015 S. 110ff.).

Hinführende und rückführende Verknüpfung des Vorwissens

Deutscher Unterricht folgt typischerweise dem fragend-entwickelndem Unterrichtsstil. Ausgehend vom Vorwissen der Schüler/-innen wird dabei im Unterrichtsverlauf das neue Konzept hergeleitet. Dieses Vorgehen zur Verknüpfung des Vorwissens mit dem neuen Konzept wird im Folgenden als *hinführend* bezeichnet. Fragend-entwickelnden Unterricht lernwirksam durchzuführen ist eine anspruchsvolle und auch anstrengende Aufgabe für die Lehrkraft. Oft geht ein solcher Unterrichtsverlauf in ein lernunwirksames „Frage-Antwort-Spiel“ über (Grell & Grell, 1983). Alternativ kann das neue Konzept direkt und zu Beginn erklärt werden und anschließend die Verbindungen zum Vorwissen hervorgehoben werden. Die Verknüpfung mit dem Vorwissen geschieht *rückführend* (vgl. Unger & Rincke, 2022). Ziel dieses Promotionsvorhabens ist es, Erkenntnisse darüber zu gewinnen, ob die Verknüpfungsart des Vorwissens im Zuge hinführender oder rückführender Strukturierungen im Physikunterricht bei der Einführung neuer fachlicher Inhalte zu unterschiedlicher Lernleistung führt und sich Effekte bezüglich der Interessantheit des Unterrichtes und der Überforderung der Lernenden zeigen.

Änderungen am Studiendesign und an den Erhebungsinstrumenten

Für einen Überblick zur Gestaltung der hinführend und rückführend strukturierten Unterrichtseinheiten wird auf den Tagungsbandbeitrag von Unger & Rincke (2022) verwiesen. Es wurde seither lediglich die kontextuelle Einbettung abgeändert: Anstatt das Konzept Transformator über den Aspekt der elektrischen Energieübertragung einzuführen (vgl. Muckenfuß, 2007), wurde der Kontext „Spannungsanpassung durch Netzteile“ als Einstieg in die Thematik gewählt.

Der in Unger & Rincke (2022) noch zur Abwägung gestellte Messzeitpunkt der kognitiven Belastung wurde fixiert: Die Erhebung wird mittels Items nach Thees et al. (2021) direkt nach der Hin- bzw. Rückführung durchgeführt. Die dadurch entstehende Unterbrechung des Unterrichtsverlaufes wird zugunsten einer eindeutigen Zuordnung möglicher Messunterschiede in

der kognitiven Belastung gerechtfertigt (Schmeck et al., 2015). Während dieser „Zwischen-erhebung“ wird als neue Variable die wahrgenommene Strukturierung des Unterrichtes¹ mittels Items nach Trepke, Seidel & Dalehefte (2003) erhoben. Verglichen zu Unger & Rincke (2022) ergaben sich nachfolgende Änderungen für die einleitende und abschließende Datenerhebung: Unter Berücksichtigung einer ökonomischen Datenerhebung werden auf den kognitive-Fähigkeiten Test sowie die Erhebung der Selbstwirksamkeitserwartung verzichtet. Testitems zu individuellem und situativem Interesse werden nach Habig (2017) anstatt Berger (2000) ausgewählt.

Ergebnisse der Pilotierung

Die Unterrichtseinheit wurde in vier 10ten Klassen als Wiederholungsstunde² erprobt. Vorwissenstest, Leistungstest und die Erhebung zur kognitiven Belastung wurden eingesetzt. Die Lernenden waren nach Einschätzung der jeweiligen Lehrkräfte innerhalb der Klassen bezüglich Geschlecht und Leistungsniveau heterogen verteilt. Die Stichprobe umfasst N=63 Lernende. Nach Aussortieren unbearbeiteter Evaluationsbögen konnten $N_{VW} = 62$ Evaluationsbögen für die Auswertung des Vorwissenstestes und $N_{CL} = 59$ für die Auswertung der Items zur kognitiven Belastung herangezogen werden. Im Folgenden werden die Ergebnisse zur Konstruktvalidität, Reliabilität und zur Trennschärfe des Vorwissenstestes und des Evaluationsbogens zur kognitiven Belastung gezeigt. Die Auswertung des Leistungstestes befindet sich derzeit noch in Arbeit.

Der Vorwissenstest umfasst elf Items mit jeweils vier Antwortmöglichkeiten. Zugrundeliegende Konstrukte sind *Induktion* (Items VW-1 bis VW-6) und *elektrische Geräte* (Items VW-7 bis VW-11). Der Evaluationsbogen zur kognitiven Belastung umfasst zwölf Items, die jeweils auf einer sechs-stufigen Ordinalskala bewertet wurden. Zugrundeliegende Konstrukte sind *intrinsische* (Items CL-1 bis CL-4), *extrinsische* (Items CL-5 bis CL-8) und *lernbezogene kognitive Belastung* (Items CL-9 bis CL-12) (vgl. Thees et al., 2021). Die Untersuchung der Konstruktvalidität beider Messinstrumente wird mithilfe einer explorativen Faktoranalyse durchgeführt. Diese wird ebenfalls zur systematischen Reduktion der Anzahl verwendeter Items herangezogen. Aus dem Scree-Plot ergeben sich für die erhobenen Messwerte des Vorwissenstests zwei³ Faktoren und für die Messwerte des Evaluationsbogens zur kognitiven Belastung drei Faktoren. Zur Abschätzung der Reliabilität der einzelnen Subskalen beider Evaluationsbögen wird das Ordinale-Alpha α_O genutzt⁴. Die Trennschärfe der Items innerhalb der Subskalen wird mit Berücksichtigung einer Part-Hole Korrektur abgeschätzt. *Tabelle 1*

¹ Nach Clausen (2002) ist die Wahrnehmung von Schüler/-innen über Unterricht insbesondere dann relevant, wenn Zusammenhänge bezüglich Leistung oder dem Interesse betrachtet werden.

² Im Schuljahr 2021/2022 war das Thema Transformator aufgrund des Lehrplanwechsels in Bayern kein Inhalt des Unterrichtsverlaufsplans aller Jahrgangsstufen. In den betrachteten Klassen wurde das Thema Transformator im vergangenen Schuljahr 2020/2021 unterrichtet.

³ Nach Kaiser-Guttman-Kriterium (KG) lassen sich für den Vorwissenstest bis zu vier Faktoren rechtfertigen. Bortz & Schuster (2010, S. 415ff.) empfehlen eine Abschätzung über den „Knick“ im Scree-Plot, da das Kaiser-Guttman-Kriterium zur Überschätzung bedeutsamer Faktoren neigt.

⁴ Nach Gadermann et al. (2012) eignet sich das Ordinale-Alpha deutlich besser zur Reliabilitätsabschätzung für ordinale Skalen als Cronbachs-Alpha.

fasst die Ergebnisse der Analyse zusammen. Faktorladungen werden über einem Wert von .40 dargestellt.

Tabelle 1: statistische Analyse der Evaluationsbögen Vorwissen und kognitive Belastung.

| | Skala | Item | Faktorladungen | h^2 | Trennschärfe | Reliabilität |
|---------------------|--------------|-------|----------------|-------|---------------|------------------|
| Vorwissen | Induktion | VW-1 | .67 | .66 | .44 < s < .72 | $\alpha_0 = .69$ |
| | | VW-2 | .81 | .68 | .33 < s < .68 | |
| | | VW-5 | .60 | .50 | .28 < s < .77 | |
| | El. Geräte | VW-8 | .75 | .67 | .38 < s < .68 | $\alpha_0 = .70$ |
| | | VW-9 | .71 | .66 | .43 < s < .80 | |
| | | VW-10 | .72 | .62 | .42 < s < .75 | |
| Kognitive Belastung | intrinsische | CL-1 | .80 | .66 | .76 < s < .89 | $\alpha_0 = .91$ |
| | | CL-2 | .89 | .82 | .80 < s < .92 | |
| | | CL-3 | .85 | .74 | .78 < s < .90 | |
| | extrinsische | CL-5 | .89 | .80 | .70 < s < .90 | $\alpha_0 = .83$ |
| | | CL-6 | .49 | .25 | .46 < s < .69 | |
| | | CL-7 | .63 | .63 | .65 < s < .85 | |
| | lernbezogene | CL-10 | .79 | .74 | .78 < s < .90 | $\alpha_0 = .90$ |
| | | CL-11 | .85 | .64 | .72 < s < .86 | |
| | | CL-12 | .77 | .74 | .76 < s < .91 | |

Die Items VW-6, VW-7, VW-11, CL-4, CL-8 und CL-9 wurden im Zuge der explorativen Faktoranalyse aussortiert, die Items VW-3 und VW-4 konnten keinem Faktor zugeordnet werden. Die Faktorladungen sowie Kommunalitäten (h^2) legen nahe, dass die zugrundeliegenden Konstrukte abgebildet werden. Insbesondere kann eine Differenzierung der kognitiven Belastung in die drei Subskalen intrinsische, extrinsische und lernbezogene Belastung bekräftigt werden, was im Einklang mit den Ergebnissen von Thees et al. (2021) steht. Lediglich das Item CL-6 klärt nur 25% der errechneten Varianz innerhalb des Faktors auf und weist eine schwache Faktorladung auf. Während in den übrigen Items speziell nach physikalischen Konzepten, Darstellungsarten oder allgemeiner nach der Qualität der Erklärung gefragt wird, wird durch CL-6 explizit nach *sprachlichen* Unklarheiten gefragt. Mit einem Akzeptanzintervall für die Reliabilität von $.55 < \alpha < .95$ (vgl. Rost, 2013, S. 178f.) befinden sich die Ergebnisse im akzeptablen Bereich.

Nächste Schritte

Die in diesem Beitrag vorgestellten Items werden in die Erhebungsbögen der Hauptstudie übernommen. Das Item CL-6 wird trotz schlechter Kommunalität und Faktorladung beibehalten, da eine Einschätzung der sprachlichen Verständlichkeit auch ohne eine mögliche Verknüpfung zur extrinsischen kognitiven Belastung aufschlussreich wirkt. Werte zu Konstruktvalidität, Reliabilität und Trennschärfe der Erhebungitems zum Fach- und Sachinteresse sowie zur Wahrnehmung der Lernenden über die Struktur des Unterrichtes und über das Auftreten der Lehrkraft werden aus den Daten der Hauptstudie bestimmt und mit den Werten vergangener Studien verglichen, in denen die Items ebenfalls eingesetzt wurden (vgl. Habig, 2017; Maurer 2016; van Vorst, 2013; Fechner, 2009; Trepke, Seidel & Dalehefte, 2003). Eine inhaltliche und fachdidaktische Überarbeitung des Leistungstestes ist derzeit in Arbeit. Der Beginn der Datenerhebung zur Hauptstudie ist für November 2022 angesetzt.

Literatur

- Berger, R. (2000). *Moderne bildgebende Verfahren der medizinischen Diagnostik—Ein Weg zu interessanterem Physikunterricht*. Logos.
- Bortz, J., & Schuster, C. (2010). *Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler*. (7. Aufl.). Springer.
- Clausen, M. (2002). *Unterrichtsqualität: Eine Frage der Perspektive? Empirische Analysen zur Übereinstimmung, Konstrukt- und Kriteriumsvalidität*. Waxmann.
- Fechner, S. (2009). Effects of context-oriented learning on student interest and achievement in chemistry education. *Logos*.
- Gadermann, A. M., Guhn, M., & Zumbo, B. D. (2012). Estimating ordinal reliability for Likert-type and ordinal item response data: A conceptual, empirical, and practical guide. *Practical Assessment, Research & Evaluation*, 17(3), 13.
- Geller, C. (2015). *Lernprozessorientierte Sequenzierung des Physikunterrichts im Zusammenhang mit Fachwissenserwerb: Eine Videostudie in Finnland, Deutschland und der Schweiz*. Logos.
- Geller, C., Neumann, K., Boone, W. J., & Fischer, H. E. (2014). What Makes the Finnish Different in Science? Assessing and Comparing Students' Science Learning in Three Countries. *International Journal of Science Education*, 36(18), 3042–3066. <https://doi.org/10.1080/09500693.2014.950185>
- Grell, J., & Grell, M. (1983). *Unterrichtsrezepte* (12 (2010)). Beltz Verlag. <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:101:1-2014040413776>
- Habig, S. (2017). *Systematisch variierte Kontextaufgaben und ihr Einfluss auf kognitive und affektive Schülerfaktoren*. Logos Verlag Berlin GmbH.
- Maurer, C. (2016). *Strukturierung von Lehr-Lern-Sequenzen*. Logos.
- Muckenfuß, H. (2007). Vom Induktionsgesetz zum Transformator. *Unterrichtsgang zur Bedeutung des Transformators für die elektrische Energieübertragung*. In *Naturwissenschaften im Unterricht. Physik* (Bd. 18, Nummer 102, S. 25–29).
- OECD (2014). *PISA 2012 Results: What Students Know and Can Do (Volume I, Revised edition, February 2014): Student Performance in Mathematics, Reading and Science*, PISA, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/9789264208780-en>.
- OECD (2016). *PISA 2015 Results (Volume I): Excellence and Equity in Education*, PISA, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/9789264266490-en>.
- OECD (2019). *PISA 2018 Results (Volume I): What Students Know and Can Do*, PISA, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/5f07c754-en>.
- Rost, D. H. (2013). *Interpretation und Bewertung pädagogisch-psychologischer Studien: Eine Einführung* (3., vollst. überarb. und erw. Aufl). Klinkhardt.
- Schmeck, A., Opfermann, M., van Gog, T., Paas, F., & Leutner, D. (2015). Measuring cognitive load with subjective rating scales during problem solving: Differences between immediate and delayed ratings. *Instructional Science*, 43(1), 93–114. <https://doi.org/10.1007/s11251-014-9328-3>
- Thees, M., Kapp, S., Altmeyer, K., Malone, S., Brünken, R., & Kuhn, J. (2021). Comparing Two Subjective Rating Scales Assessing Cognitive Load During Technology-Enhanced STEM Laboratory Courses. *Frontiers in Education*, 6, 705551. <https://doi.org/10.3389/educ.2021.705551>
- Treppe, C., Seidel, T., & Dalehefte, I. M. (2003). Zielorientierung im Physikunterricht. In T. Seidel, M. Prenzel, R. Duit, & M. Lehrke (Hrsg.), *Technischer Bericht zur Videostudie „Lehr-Lern-Prozesse im Physikunterricht“* (S. 201–228). IPN Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften.
- Unger, P., Karsten, R. (2022) Vergleich analysierender und erarbeitender Strukturierungen im Physikunterricht. In S. Habig (Hrsg.) *Unsicherheit als Element von naturwissenschaftsbezogenen Bildungsprozessen* (S. 736-739). GDCP-Tagungsband
- Vorst, H. van. (2013). *Kontextmerkmale und ihr Einfluss auf das Schülerinteresse im Fach Chemie*. Logos.
- Wackermann, R., Trendel, G., & Fischer, H. E. (2010). Evaluation of a Theory of Instructional Sequences for Physics Instruction. *International Journal of Science Education*, 32(7), 963–985. <https://doi.org/10.1080/09500690902984792>

Merten Dahlkemper^{1,2}
 Pascal Klein²
 Andreas Müller³
 Sascha Schmeling¹
 Jeff Wiener¹

¹CERN, Genf
²Universität Göttingen
³Universität Genf

Forschungsbasierte Entwicklung von Lernmaterialien zu Feynman-Diagrammen

Teilchenphysik im Physikunterricht. Seit über 30 Jahren wird die Behandlung von Elementarteilchenphysik im Physikunterricht diskutiert (Aubrecht, 1986; Swinbank, 1992). Inzwischen ist Teilchenphysik in zahlreichen Ländern bereits Teil des Curriculums in der Oberstufe (Kranjc Horvat et al., 2022). Dementsprechend gibt es verschiedene Vorschläge zur Art und Weise wie Teilchenphysik für Oberstufenschüler*innen zugänglich vermittelt werden könnte. Hier sind für den deutschsprachigen Raum insbesondere die Materialien des *Netzwerk Teilchenwelt* (Kobel et al., 2018) sowie das Wuppertaler Curriculum der Elementarteilchenphysik (Zügge & Passon, 2020) zu nennen.

Eine wichtige Rolle in diesen Materialien nehmen die sogenannten *Feynman-Diagramme* (FD) ein. Diese sind als Repräsentationsform für Teilchenprozesse in der Elementarteilchenphysik nicht mehr wegzudenken. Ihre epistemologische Bedeutung wird jedoch unterschiedlich interpretiert (Meynell, 2008; Passon, 2019), was sich auch in Unterschieden für Erklärungen auf Schulniveau niederschlägt (Passon et al., 2018).

Erläuterung des Projekts. Im Rahmen dieses Projekts wird der konkrete didaktische Nutzen dieser Repräsentationsform untersucht, indem in einem Design-Based-Research (DBR)-Projekt Lehr-Lernmaterial zu Feynman-Diagrammen entwickelt wird.

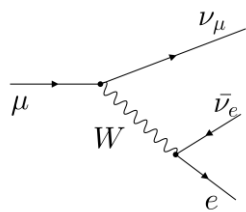


Abb. 1: Ein Feynman-Diagramm der Myon-Transformation, wie es in der Teilchenphysik verwendet wird.

Feynman-Diagramme sind einerseits Werkzeuge bei der störungstheoretischen Berechnung von Teilchenprozessen, andererseits aber auch Visualisierungen von Teilchenprozessen, die in der fachlichen Diskussion von Teilchenphysiker*innen verwendet werden. Verschiedene Konzepte und Definitionen sind in dieser graphischen Symbolsprache kodiert: a) die Ladung ist an jedem *Vertex* (die Verzweigungspunkte im Beispiel von Abb. 1) erhalten; b) Wechselwirkungsteilchen (die gewellte Linie im Beispiel von Abb. 1) sind zentrale Elemente für eine Wechselwirkung; c) Teilchen und Antiteilchen werden durch die Pfeilrichtung unterschieden. In diesem Projekt wird untersucht, welche Lernziele mit Hilfe von Feynman-Diagrammen erreicht und wie diese sinnstiftend vermittelt werden können.

Basierend auf Interviews mit Experten im Bereich der Vermittlung von Teilchenphysik für Schüler*innen wurden vier Lernziele definiert, die mit Feynman-Diagrammen erreicht werden können (Dahlkemper et al., 2022). Diese adressieren a) die Ladungserhaltung, b) die Rolle von Wechselwirkungsteilchen in der Teilchenphysik, c) die Superposition von Diagrammen und d) die Arbeitsweise von Teilchenphysiker*innen.

Designprinzipien für Feynman-Diagramme. Im nächsten Schritt wurden Designprinzipien abgeleitet, nach denen das Lernmaterial entwickelt wird. Diese Designprinzipien basieren auf der kognitiv-affektiven Theorie des Lernens mit Multimedia (CATLM, Moreno & Mayer, 2007), dem DeFT-Framework für das Lernen mit multiplen Repräsentationen (Ainsworth, 2006) und dem Framework der Social Semiotic Resources (SSR, Airey & Linder, 2017). Die CATLM beschreibt, wie multimediale Lernumgebungen verarbeitet werden und gibt konkrete Hinweise zum Design solcher Lernumgebungen. Das DeFT-Framework (Design, Functions, Tasks) beschreibt neben Designvorschlägen für den Gebrauch von multiplen Repräsentationen insbesondere die Funktionen, die diese beim Lernen erfüllen sowie die kognitiven Aufgaben, die für Lernende mit dem Gebrauch dieser Repräsentationen verbunden sind. Das Framework der SSR wiederum beschreibt den unterschiedlichen Umgang von Lernenden und Expert*innen mit Repräsentationen.

Die Designprinzipien sind drei Bereichen zuzuordnen und werden im Folgenden kurz erläutert: a) Reduktion der extrinsischen kognitiven Belastung der Schüler*innen, b) Interaktion der Schüler*innen mit dem Material, c) Anpassung disziplin-spezifischer Abbildungen für pädagogische Zwecke.

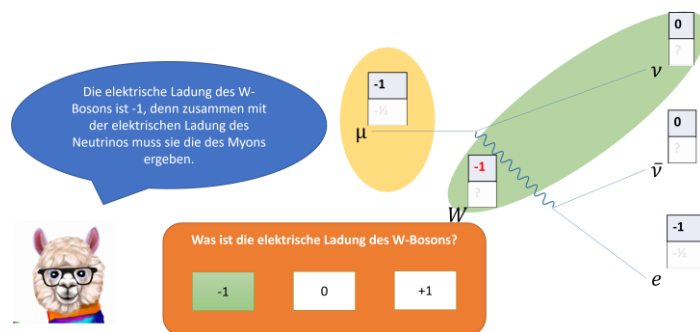


Abb. 2: Ein Beispiel aus dem Lernmaterial. Das Beispiel zeigt die Antwort auf eine Frage im Rahmen des Lernziels zur Ladungserhaltung.

Ein Beispiel aus dem Lernmaterial ist in Abb. 2 gegeben. An diesem Beispiel können einige der o.g. Designprinzipien erläutert werden. Die extrinsische Belastung wird vor allem durch zwei Prinzipien reduziert. Einerseits gibt es an geeigneten Stellen kohärente Zusammenfassungen der gelernten Inhalte, andererseits werden wichtige Dinge hervorgehoben. So sollen in Abbildungen etwa für eine Erklärung relevante Elemente sichtbarer und weniger relevante Elemente weniger sichtbar gestaltet bzw. weggelassen werden. Im Beispiel sind etwa die Zahlen für die sog. ‚schwachen Ladungen‘ schwächer dargestellt, da sie in dieser Erklärung nicht benötigt werden und es wird mit Farben gearbeitet, um darzustellen, welche Bereiche im Text angesprochen werden. Außerdem ist der Text nach Möglichkeit in Alltagssprache geschrieben. Fachtermini werden erklärt bzw. wo es geht, wird auf sie verzichtet.

Die Interaktion der Schüler*innen mit dem Material soll vor allen Dingen durch interaktive Fragen stattfinden, das heißt Schüler*innen beantworten Fragen und erhalten die Möglichkeit, die Antworten zu reflektieren. Die Fragen werden anschließend in erklärender Weise beantwortet, sodass die Erklärungen wiederum für die Beantwortung der nächsten Frage genutzt werden können. Im Beispiel ist zu sehen, wie die richtige Antwort in der Sprechblase erläutert wird.

Da in Feynman-Diagrammen zahlreiche Informationen kodiert sind, die nicht direkt zugänglich für Schüler*innen sind, sollen die Diagramme zudem angepasst werden. So wird einerseits auf Pfeile verzichtet, da diese zur Erreichung der o.g. Lernziele nicht notwendig sind. Es werden zudem Zusatzinformationen, wie etwa die verschiedenen Ladungen der einzelnen Teilchenarten, gegeben. Außerdem wird der Schwierigkeitsgrad der Diagramme Schritt für Schritt erhöht. Im Beispiel ist bereits die am weitesten fortgeschrittene Stufe zu sehen.

Test des Lernmaterials. Das Lernmaterial wird derzeit mit Schüler*innen zwischen 15 und 19 Jahren am CERN in einer kombinierten Eye-Tracking- und Interview-Studie getestet. Die Schüler*innen kommen entweder im Rahmen eines Schüler*innen-Praktikumsprogramms¹ oder als Teil einer Schulklasse für einen Besuch im Schüler*innen-Labor *S’Cool Lab*² ans CERN. Dabei beantworten die Proband*innen zunächst einen Fragebogen mit einigen Fragen zu ihrem Vorwissen in Teilchenphysik. Da es bislang keinen standardisierten Konzepttest zum Thema Teilchenphysik gibt, besteht dieser Vorwissenstest aus zehn Fragen mit Freitextantworten. Der Fragebogen orientiert sich am Fragebogen von Tuzón & Solbes (2016). Anschließend schauen sie sich das Lernmaterial auf einem Bildschirm an, wobei sie per Maus mit dem Material interagieren können. Die Interaktion besteht im Beantworten von Multiple-Choice-Fragen. Bevor die Auflösung zur Frage gegeben wird, erläutern die Schüler*innen ihre Antwort. Während sie das Material verwenden, werden die Augenbewegungen auf dem Bildschirm registriert. Nachdem das Lernmaterial fertig bearbeitet wurde, beantworten die Schüler*innen einen Fragebogen, in welchem sie zu ihrer kognitiven Belastung befragt werden, sowie dazu, inwiefern die Implementation der einzelnen Designprinzipien ihnen beim Verständnis des Materials geholfen hat. Außerdem werden sie gebeten, konkrete Verbesserungsvorschläge zu nennen.

Mit den Eye-Tracking-Daten der Schüler*innen soll einerseits untersucht werden, welche Elemente lernförderlich bzw. -hinderlich sind, andererseits aber auch Problemlösestrategien gefunden werden. So konnte in einer vorläufigen Analyse der Daten aus dem komplexen Beispiel aus Abb. 2 schon abgeleitet werden, dass einige Schüler*innen ein exploratives, suchendes Vorgehen haben, während andere fokussierter auf das Diagramm schauen. Eine systematische Analyse, die diese visuellen Strategien mit den verbalen Erklärungen und dem Vorwissen der Schüler*innen verknüpft steht zum Einreichungszeitpunkt dieses Beitrags jedoch noch aus.

¹ <https://hssip.web.cern.ch>

² <https://scoollab.web.cern.ch/scoollab-plus>

Danksagung

Diese Arbeit wird gefördert durch das Wolfgang-Gentner-Programm des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF-Forschungsvorhaben 13E18CHA).

Literatur

- Ainsworth, S. (2006). DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning and Instruction*, 16(3), 183–198. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2006.03.001>
- Airey, J., & Linder, C. (2017). Social Semiotics in University Physics Education. In D. F. Treagust, R. Duit, & H. E. Fischer (Eds.), *Multiple Representations in Physics Education* (pp. 95–122). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-58914-5_5
- Aubrecht, G. J. (1986). Report on the conference on the teaching of modern physics. *The Physics Teacher*, 24(9), 540–547. <https://doi.org/10.1119/1.2342122>
- Dahlkemper, M. N., Klein, P., Müller, A., Schmeling, S. M., & Wiener, J. (2022). Opportunities and Challenges of Using Feynman Diagrams with Upper Secondary Students. *Physics*, 4(4), Article 4. <https://doi.org/10.3390/physics4040085>
- Kobel, M., Bilow, U., Lindenau, P., & Schorn, B. (2018). *Teilchenphysik: Ladungen, Wechselwirkungen und Teilchen* (3. Auflage). Joachim Herz Stiftung. <https://doi.org/10.25368/2021.71>
- Kranjc Horvat, A., Wiener, J., Schmeling, S. M., & Borowski, A. (2022). What Does the Curriculum Say? Review of the Particle Physics Content in 27 High-School Physics Curricula. *Physics*, 4(4), Article 4. <https://doi.org/10.3390/physics4040082>
- Meynell, L. (2008). Why Feynman Diagrams Represent. *International Studies in the Philosophy of Science*, 22(1), 39–59. <https://doi.org/10.1080/02698590802280902>
- Moreno, R., & Mayer, R. (2007). Interactive Multimodal Learning Environments: Special Issue on Interactive Learning Environments: Contemporary Issues and Trends. *Educational Psychology Review*, 19(3), 309–326. <https://doi.org/10.1007/s10648-007-9047-2>
- Passon, O. (2019). On the interpretation of Feynman diagrams, or, did the LHC experiments observe $H \rightarrow \gamma\gamma$? *European Journal for Philosophy of Science*, 9(2), 20. <https://doi.org/10.1007/s13194-018-0245-1>
- Passon, O., Zügge, T., & Grebe-Ellis, J. (2018). Pitfalls in the teaching of elementary particle physics. *Physics Education*, 54(1), 015014. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/aadbc7>
- Swinbank, E. (1992). Particle physics: A new course for schools and colleges. *Physics Education*, 27(2), 87–91. <https://doi.org/10.1088/0031-9120/27/2/006>
- Tuzón, P., & Solbes, J. (2016). Particle Physics in High School: A Diagnose Study. *PLOS ONE*, 11(6), e0156526. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0156526>
- Zügge, T., & Passon, O. (2020). Das Wuppertaler Curriculum der Elementarteilchenphysik. In O. Passon, T. Zügge, & J. Grebe-Ellis (Eds.), *Kohärenz im Unterricht der Elementarteilchenphysik* (pp. 121–141). Springer Spektrum. https://doi.org/10.1007/978-3-662-61607-9_8

Julia Hiniborch¹
Gunnar Friege¹

¹Leibniz Universität Hannover

Wie scheitern Schüler*innen am verständnisvollsten?

Der Productive Failure Ansatz und seine zugrundeliegenden Mechanismen

Der Unterrichtsansatz Productive Failure soll zu mehr konzeptuellen Wissen führen (Kapur, 2009). Der Ansatz gehört zu der Klasse der Unterrichtsansätze, bei der die Lernenden zuerst mit einer Problemlösephase (PS) konfrontiert werden bevor sie eine Instruktion (I) in das neue Themengebiet bekommen (Loibl, Roll & Rummel, 2106). Charakteristisch für diesem Ansatz ist, dass die Lernenden daran scheitern die Aufgabe in der Problemlösephase zu lösen. Bei der Bearbeitung der Aufgabe jedoch aktivieren die Lernenden ihr Vorwissen (M1), werden sich ihrer Wissenslücken bewusst (M2) und erkennen die Tiefenstruktur des neuen Themas (M3). Diese drei Mechanismen der PS-I-Unterrichtsansätze erklären, warum die Lernenden dann mit der nachgelagerten Instruktion eine gut vernetzte Wissensstruktur und mehr konzeptuelles Wissen als beim herkömmlichen Unterricht erlangen können (Loibl, Roll & Rummel, 2016). Dieser lernförderliche Effekt wurde schon in mehreren Studien meist im Rahmen vom Mathematikunterricht nachgewiesen (Loibl, Roll & Rummel, 2106). Bei jüngeren Schüler*innen jedoch hat sich der lernförderliche Effekt nicht eingestellt (Mazziotti, 2017; Wille, 2020). Zurückgeführt wurde dies darauf, dass die Lernenden kein Bewusstsein für Ihre Wissenslücken (M2) entwickelt haben (Mazziotti, 2017).

Ziel der Studie

Einerseits soll der Productive Failure Ansatz auf den Physikunterricht übertragen werden, um herauszufinden, ob sich die lernförderlichen Effekte replizieren lassen. Andererseits soll untersucht werden, inwieweit eine Explizierung der Mechanismen (M1-M3) den lernförderlichen Effekt des Ansatzes stärken kann.

Forschungsdesign dieser quasi-experimentellen Feldstudie

Um beiden Zielen der Studie gerecht zu werden, wurden drei Unterrichtsszenarien zum Thema Freier Fall für 10. und 11. Klassen entwickelt:

- Productive Failure (PS-I)
- Productive Failure Stern (PS*-I*)
- Kontrollunterricht (I-PS)

Alle drei Unterrichtsszenarien sind sehr ähnlich. Das I-PS entspricht dem PS-I Unterrichtsszenario, allerdings findet hier die Instruktion vor der Problemlösephase statt. In dem PS*-I* Unterrichtsszenario werden zusätzlich die Mechanismen M1-M3 expliziert.

An der Studie haben 12 10. Klassen an niedersächsischen Gymnasien oder Gesamtschulen teilgenommen. Die Klassen wurden jeweils nach einem Szenario von der Erstautorin unterrichtet. Der Ablauf der Durchführung und der Erhebung ist in Abbildung 1 gezeigt. Mit 7 beteiligten Lehrkräften wurde nach dem Unterrichtsszenario ein leitfadengestütztes Experteninterview geführt. Hierbei wurde besonders auf die Mechanismen eingegangen. Auch wurden sie gefragt, was an dem Unterricht verändert werden sollte, um das Verständnis für die Konzepte (noch) mehr zu fördern.

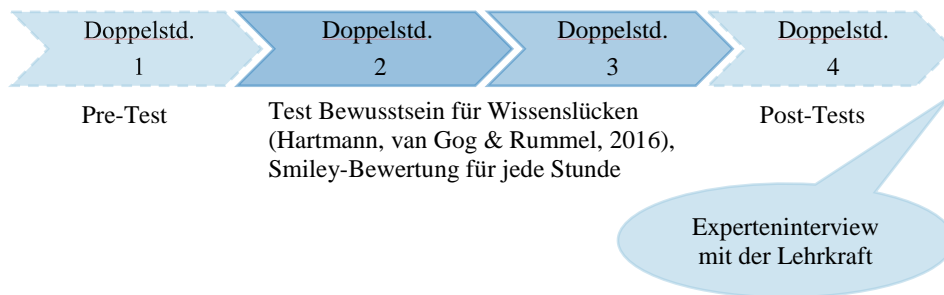


Abb. 1 Ablauf der Erhebungen

Ergebnisse

Die Ergebnisse des Pre-Zuordnungstests (s. Abb. 2) zeigen nur geringe Unterschiede zwischen den Klassen der drei Unterrichtsszenarien ($H(2) = 9.96, p = 0.0078$).

Der Test für das Bewusstsein für Wissenslücken (Hartmann, van Gog & Rummel, 2021) umfasst fünf Items. In allen Items weisen die Kontrollklassen I-PS im Gegensatz zu den anderen beiden Unterrichtsszenarien ein signifikant geringeres Bewusstsein für ihre Wissenslücken auf. Die Unterrichtsszenarien PS-I und PS*-I* unterscheiden sich nicht signifikant. Beispielfhaft hierfür finden sich die Ergebnisse des Items „Um die Aufgabe zu lösen fehlte uns notwendiges Wissen“ in Abbildung 2.

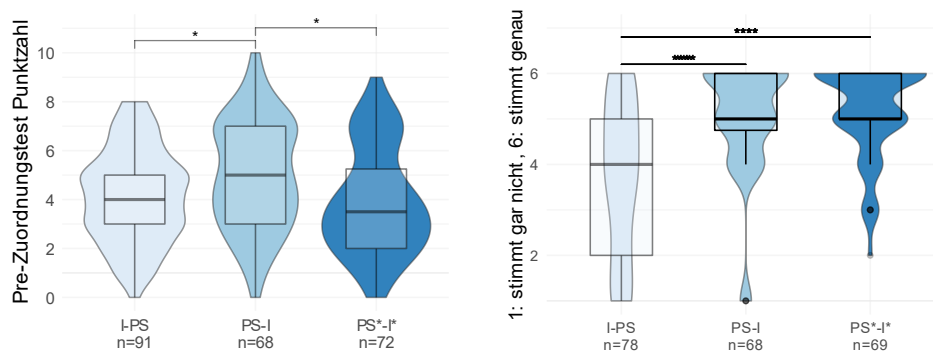


Abb. 2 Ergebnisse des Pre-Zuordnungstests (links) und eines Items des Tests über das Bewusstsein für Wissenslücken (rechts)

Nach dem Unterricht gab es weder im Post-Zuordnungstest ($H(2) = 2.81, p = 0.25$) noch im MC-Test ($H(2) = 0.64, p = 0.73$) Unterschiede zwischen den Lerngruppen der drei Unterrichtsszenarien (s. Abb. 3).

Die Analyse der Interviews bezüglich der Frage, was verändert werden sollte, um das Verständnis für die Konzepte (noch) mehr zu fördern, ergab die folgenden Aspekte:

- Größe der Wissenslücke sollte angemessen sein
- Schüler*innenansätze sollten im Anschluss reflektiert werden
- Methoden-/Sozialformwechsel sollten stattfinden
- Fehlerkultur sollte ausreichend etabliert sein

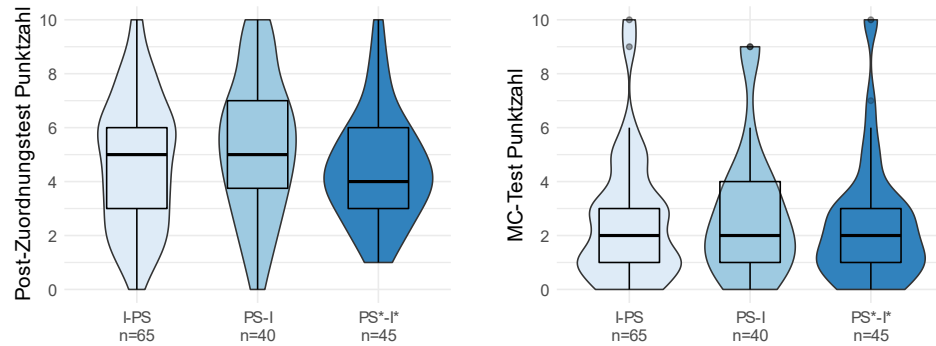


Abb. 3 Ergebnisse des Post-Zuordnungstests (links) und des MC-Tests (rechts)

Diskussion

Alle drei Unterrichtsszenarien scheinen bei dieser Umsetzung gleich lernförderlich zu sein. Die Umfragen zeigen, dass das Bewusstsein für Wissenslücken in den Unterrichtsszenarien PS-I und PS*-I* vorhanden war (M2). Durch die Struktur des Unterrichts war in dem PS*-I* Unterricht auch gesichert, dass die Schüler*innen ihr Vorwissen aktivieren (M1). Die Ergebnisse des MC-Tests und der Interviews legen jedoch nahe, dass die Tiefenstruktur in keinem der drei Unterrichtsszenarien erkannt worden ist (M3), obwohl auch diese in dem PS*-I* Unterricht hervorgehoben wurde. Dieser Aspekt wird auch dadurch untermauert, dass einige Lehrkräfte die Größe der Wissenslücke als zu groß eingeschätzt haben.

Ausblick

Für detaillierte Informationen über den Einfluss der Mechanismen, lohnt sich eine tiefere Analyse der Interviews. Auch die Lösungsansätze, die die Lernenden während der Problemlösephase verschriftlicht haben, sind noch nicht in die Auswertung mit eingeflossen. Schlussendlich wird diese Studie aktuell in 11. Klassen durchgeführt. Hier bleibt zu sehen, ob die Größe der Wissenslücke angemessener war und inwieweit diese Ergebnisse mit denen der Studie aus den 10. Klassen übereinstimmen.

Literatur

- Hartmann, C., van Gog, T. & Rummel, N. (2021). Preparatory effects of problem solving versus studying examples prior to instruction. *Instructional Science*, 49(1), 1–21. doi:10.1007/s11251-020-09528-z
- Kapur, M. (2009). Productive failure in mathematical problem solving. *Instructional Science*, 38(6), 523–550. doi:10.1007/s11251-009-9093-x
- Loibl, K., Roll, I., & Rummel, N. (2016). Towards a Theory of When and How Problem Solving Followed by Instruction Supports Learning. *Educational Psychology Review*, 29(4), 693–715. doi:10.1007/s10648-016-9379-x
- Mazziotti, C. (2017). *When young students fail to productively learn with productive failure* (Doktorarbeit, Ruhr-Universität Bochum).
- Wille, K. (2020). *Der Productive Failure Ansatz als Beitrag zur Weiterentwicklung der Aufgabenkultur*. Logos

Leonie Jasper¹
Insa Melle¹

¹Technische Universität Dortmund

Förderung von Selbstregulationskompetenzen im Chemieunterricht

Das Lösen von Problemen ist nicht nur im naturwissenschaftlichen Unterricht essentieller Bestandteil (KMK, 2020), sondern gilt zugleich als eine fächerübergreifende Schlüsselkompetenz (Fleischer et al., 2010; Stadler-Altman, 2019). Außerdem werden Schüler:innen auch über den Schulunterricht hinaus mit Problemen konfrontiert, wodurch die Fähigkeit, diese adäquat zu lösen, ebenfalls für das alltägliche Leben eine bedeutende Rolle einnimmt (Schnack, 2012).

Um Probleme selbstreguliert lösen zu können, müssen Schüler:innen gezielt auf exekutive Funktionen während ihres Lernprozesses zurückgreifen. Diese sind bei vielen Lernenden jedoch nicht gut ausgebildet (z. B. Vasquez & Marino, 2021). Gleichzeitig ist das erfolgreiche Lösen von Problemen stark abhängig von konzeptuellem Wissen, da Lernende auf dieses flexibel in unterschiedlichen Situationen zurückgreifen und es auf vielfältige Problemstellungen hin anwenden müssen (KMK, 2020; Reiss et al., 2016). Studien im naturwissenschaftlichen Bereich konnten in diesem Zusammenhang zeigen, dass es Lernenden schwerfällt, gelernte Inhalte miteinander zu verknüpfen, übergeordnete Zusammenhänge zu erkennen oder Verbindungen zwischen früheren und neuen Unterrichtsinhalten herzustellen (z. B. Wadouh et al., 2009).

Theoretischer Hintergrund

Exekutive Funktionen

Gut ausgebildete exekutive Funktionen sind bedeutend für den Schul- und Lebenserfolg und bilden zudem die Voraussetzung für einen „erfolgreichen Lerner bzw. Problemlöser“ (CAST, 2018; Fleischer et al., 2010; Seifert & Thienel, 2013; Vasquez & Marino, 2021; Vostal & Mrachka, 2021; von Seeler & Agha, 2021).

Unter exekutiven Funktionen wird eine Reihe kognitiver Fähigkeiten höherer Ordnung verstanden, auf die in neuen, komplexen oder schwierigen Situationen, in denen ein Abweichen von Handlungsrouninen erforderlich ist, zurückgegriffen wird. Diese bedeuten u. a. die Festlegung geeigneter Ziele, die Entwicklung von Schritten zur Zielerreichung sowie die Planung, Kontrolle sowie Bewertung des eigenen Vorgehens (CAST, 2018; Vasquez & Marino, 2021).

Zelazo et al. (2017) unterscheiden zwischen „heißen“ und „kalten“ exekutiven Funktionen, die entweder bei motivational-emotionalen Anforderungen oder bei der Bewältigung kognitiver Aufgabenstellungen genutzt werden. Die übergeordneten exekutiven Funktionen lassen sich auf drei voneinander unabhängige Basisfunktionen zurückführen (Miyake et al., 2000): Das Arbeitsgedächtnis umfasst die Fähigkeit, relevante Informationen präsent zu halten und fortgehend zu aktualisieren, während die kognitive Flexibilität dazu dient, sich an Situationen anzupassen und flexibel zu reagieren, z. B. durch das Vornehmen eines Strategiewechsels, falls erforderlich. Schließlich ist die Inhibition relevant, welche die

Fähigkeit beschreibt, impulsive Reaktionen zu hemmen, die der Zielerreichung entgegenstehen (u. a. Diamond, 2013; García-Campos et al., 2020).

Unterstützung durch eine allgemeine Problemlösestrategie

Zur Unterstützung von Lernenden in ihrem zielgerichteten, selbstregulierten Vorgehen kann eine allgemein-psychologische Problemlösestrategie eingesetzt werden (Brunsting, 2016). Unter Problemlösen, als zielgerichtete Sequenz kognitiver Operationen, wird hier die Überführung eines Ausgangs- in einen Zielzustand verstanden. Hierbei treten Hindernisse auf, für deren Überwindung notwendige Schritte durchlaufen und angemessene Strategien ausgewählt werden müssen (Öllinger, 2017; Pretz et al., 2003). Zu den Phasen des Problemlösens zählen die Problemidentifikation, die Ziel- und Situationsanalyse, die Planerstellung und -ausführung sowie die Ergebnisbewertung (Betsch et al., 2011).

Bedeutung des konzeptuellen Wissens im Rahmen des Problemlösens

Das Lösen von Problemen benötigt neben dem prozeduralen Wissen gleichermaßen Konzeptwissen (Öllinger, 2017; Reiss et al., 2016). Das spiegelt sich auch in den Bildungsstandards für das Fach Chemie wider, wonach es nicht genügt, ausschließlich träges Faktenwissen zu generieren. Lernende sollen sich Sinnzusammenhänge erschließen können, indem sie chemische Sachverhalte und Konzepte miteinander in Beziehung setzen sowie Inhalte sowohl innerfachlich (z. B. über Basiskonzepte als „Lern-Anker“) als auch über das Fach hinaus vernetzen (KMK, 2020; Ministerium für Schule und Weiterbildung NRW, 2014). Das Erkennen und Herstellen inhaltlicher Zusammenhänge meint dabei die Verankerung neuer Lerninhalte im bestehenden Wissensfundament der Lernenden (Harms & Gonzalez-Weil, 2005).

Ziel des Forschungsvorhabens

Auf Grundlage dieser Erkenntnisse zielt das hier beschriebene Projekt auf die Entwicklung und Evaluation eines inhaltsunabhängigen Instruments ab, welches als Additum in den regulären Fachunterricht integriert wird und so die Lernenden in ihrem selbstregulierten Vorgehen unterstützen soll. Im Fokus steht dabei die Förderung der Selbstregulation von Schüler:innen im Problemlöseprozess unter besonderer Berücksichtigung des Erkennens, Herstellens und Reflektierens übergeordneter inhaltlicher Zusammenhänge.

Das Instrument ChemApro

Das inhaltsunabhängige Instrument ChemApro (*Chemistry Approach*) ist konzipiert als webbasiertes Scaffold mit *drop-down*-Bedienung zur Organisation des eigenen Vorgehens im Problemlöseprozess.

Die Struktur des Instruments entspricht dabei einer Dreiteilung. Unter dem „WAS?“ werden die Schritte verstanden, die die Lernenden bei ihrem Vorgehen selbstreguliert durchlaufen (d. h. was wird reguliert?). Diese umfassen die Phasen der allgemeinen Problemlösestrategie (Betsch et al., 2011) sowie einen zusätzlichen Schritt zur Reflexion des Inhalts. In der Kategorie „WIE?“ wird durch Leitfragen und Hinweise dazu angeregt, wie einzelne Schritte aus der Kategorie „WAS?“ umgesetzt werden können (d. h. wie wird reguliert?). Die letzte Kategorie „WOMIT?“ zeigt den Lernenden Werkzeuge bzw. Strategien auf, auf die sie in den entsprechenden Phasen des Problemlöseprozesses zurückgreifen können.

Forschungsziel

Das Interesse der Studie besteht zum einen in der Wirkung des Instruments auf die empfundene Selbstregulation der Lernenden in der Sekundarstufe I bzw. II, die zu einem Pre-, Post-, Follow-Up-Zeitpunkt erhoben und auf mögliche Entwicklungen hin untersucht werden. Zusätzlich wird die Nutzung des Instruments im Problemlöseprozess und beim Herstellen von inhaltlichen Zusammenhängen anhand von Erarbeitungen der Lernenden bzw. anhand einer regelmäßigen Fragebogenerhebung analysiert. Darüber hinaus werden Lernendeneinschätzungen zur Attraktivität und Usability sowie weitere Faktoren (z. B. kognitive Fähigkeiten, Gender, ...) erhoben und bei der Auswertung herangezogen.

Präpilotierung

Um einen Überblick über mögliche Schwierigkeiten bei der Nutzung des entwickelten Instruments ChemApro zu erhalten, wurde dieses im Rahmen zweier Präpilotierungsphasen an der Technischen Universität Dortmund eingesetzt. Dabei wurden Masterstudierende des Lehramts mit dem Fach Chemie ($N = 11$) aufgefordert, Fachinhalte einer vorgegebenen problemorientierten Unterrichtsstunde unter Verwendung von ChemApro selbstreguliert zu erarbeiten. Die qualitative Betrachtung der Studierendenrückmeldungen boten den Ausgangspunkt für eine erste Überarbeitung.

Weitere Schritte

Im nächsten Schritt wird das Instrument auf inhaltlicher und struktureller Ebene überarbeitet sowie durch die Einarbeitung weiterer Ergebnisse aus den Präpilotierungsphasen finalisiert. Ferner wird die Kategorie „WOMIT?“ um kurze Videoclips zu einzelnen Lernstrategien erweitert und die digitale Umsetzung angepasst. Nachfolgend wird die Entwicklung noch fehlender Messinstrumente, wie das Kodiermanual zur Auswertung der Lernendenerarbeitungen sowie der Fragebogen zur Erfassung von Lernendeneinschätzungen zur Attraktivität von ChemApro, fokussiert. Schließlich erfolgen Einsatz und Evaluation im Regelunterricht.

Literatur

- Betsch, T., Funke, J. & Plessner, H. (2011). *Denken – Urteilen, Entscheiden, Problemlösen*. Berlin, Heidelberg: Springer
- Brunsting, M. (2016). Exekutive Funktionen und Lernschwierigkeiten oder: Wo ist denn hier der Regisseur? In S. Kubesch (Hrsg.), *Exekutive Funktionen und Selbstregulation*. 2. Auflage. Bern: Hogrefe, 337-356
- CAST (2018). *UDL & the Learning Brain*. Wakefield, MA: Author. Online verfügbar: <http://www.cast.org/our-work/publications/2018/udl-learning-brain-neuroscience.html>, letzter Zugriff am: 28.10.22
- Diamond, A. (2013). Executive Functions. *Annual Review of Psychology*, 64, 135-168
- Fleischer, J., Wirth, J., Rumann, S. & Leutner, D. (2010). Strukturen fächerübergreifender und fachlicher Problemlösekompetenz. Analyse von Aufgabenprofilen. Projekt Problemlösen. *Zeitschrift für Pädagogik, Beiheft*, 56, 239-248
- García-Campos, M.D., Canabal, C. & Alba-Pastor, C. (2020). Executive functions in universal design for learning: moving towards inclusive education. *International Journal of Inclusive Education*, 24 (6), 660-674
- Harms, U. & Gonzalez-Weil, C. (2005). Unterstützung kumulativer Lernprozesse durch den Einsatz metakognitionsfördernder Unterrichtsstrategien – ein Unterrichtsbeispiel für den Biologieunterricht zum Thema „Zelle“. Ein Beitrag zum BLK-Programm „Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts (SINUS)“, München
- KMK – Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (Hrsg) (2020). *Bildungsstandards im Fach Chemie für die Allgemeine Hochschulreife*. Beschluss vom 18.06.2020. Williams Lea & Tag GmbH
- Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.) (2014). *Kernlehrplan für die Sekundarstufe II Gymnasium/Gesamtschule in Nordrhein-Westfalen*. Online verfügbar unter: <https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/lehrplannavigator-s-ii/gymnasiale-oberstufe/index.html>, letzter Zugriff am: 18.10.2022
- Miyake, A., Friedman, N.P., Emerson, M.J., Witzki, A.H., Howerter, A. & Wager, T.D. (2000). The Unity and Diversity of Executive Functions and Their Contributions to Complex „Frontal Lobe“ Tasks: A Latent Variable Analysis. *Cognitive Psychology*, 41 (1), 49-100
- Öllinger, M. (2017). Problemlösen. In J. Müsseler & M. Rieger (Hrsg.), *Allgemeine Psychologie*. 3. Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer, 587-619
- Pretz, J.E., Naples, A.J. & Sternberg, R.J. (2003). Recognizing, Defining, and Representing Problems. In J.E. Davidson & R.J. Sternberg (Hrsg.), *The Psychology of Problem Solving*. Cambridge: Cambridge University Press, 3-30
- Reiss, K., Sälzer, C., Schiepe-Tiska, A., Klieme, E. & Köller, O. (Hrsg.) (2016). *PISA 2015. Eine Studie zwischen Kontinuität und Innovation*. Münster, New York: Waxmann.
- Schnack, H. (2012). Alles Leben ist Problemlösen: Problemlösendes Lernen in der Schule. *Pädagogik*, 64 (7/8), 6-9
- Seifert, N.Y. & Thienel, R. (2013). Exekutive Funktionen. In F. Schneider & G.R. Fink (Hrsg.), *Funktionelle MRT in Psychiatrie und Neurologie*. Berlin, Heidelberg: Springer, 359-374
- Stadler-Altmann, U. (2019). Problem gelöst! Die allgemein-didaktische Perspektive auf Problem und Problemlösen in Lehr-Lernprozessen. In A. Pahl & U. Stadler-Altmann (Hrsg.), *MINT-Didaktik und Allgemeine Didaktik im Gespräch: Problemlösen und Differenzieren als Planungsprinzipien*. Opladen, Berlin, Toronto: Budrich, 9-15
- Vasquez, E. & Marino, M.T. (2021). Enhancing Executive Function While Addressing Learner Variability in Inclusive Classrooms. *Intervention in School and Clinic*, 56 (3), 179-185
- Von Seeler, I. & Agha, M. (2021). Exekutive Funktionen von Schülerinnen und Schülern mit geistiger Behinderung. *Empirische Sonderpädagogik*, 13 (2), 133-147
- Vostal, B.R. & Mrachka, A.A. (2021). Using the „Universal Design for Learning“ Framework to Plan For All Students in the Classroom: Encouraging Executive Functions. *The Elementary STEM Journal*, 32-36
- Wadouh, J., Sandmann, A. & Neuhaus, B. (2009). Vernetzung im Biologieunterricht – deskriptive Befunde einer Videostudie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 15, 89-107
- Zelazo, P.D., Blair, C.B. & Willoughby, M.T. (2017). *Executive Function: Implications for Education*. Washington, DC: National Center for Education Research (NCER 2017-2000)

Malte Schweizer¹
Sascha Schanze¹

¹Leibniz Universität Hannover

Nutzung digitaler Lernangebote zur Strukturierung des Chemieunterrichts – Einfluss der Lehre auf Studierende

Ausgangslage und theoretischer Hintergrund

Für den Unterricht nehmen Lehr-Lernmittel in analoger oder digitaler Form eine Schlüsselrolle ein. Sie „[...] dienen der Planung, Initiierung, Strukturierung, Unterstützung und Evaluation [...]“ von Unterrichtsprozessen (Matthes, 2011, S.1). Durch die Möglichkeiten des *World Wide Web* bietet sich Lehrkräften eine zusätzliche Fülle leicht zugänglicher, digitaler Unterrichtsmedien, auf die als Inspiration oder Ergänzung zurückgegriffen wird (Neumann, 2015; Fey, 2017). Auch der Chemieunterricht kann durch digitale Lehr- und Lernangebote sinnvoll ergänzt werden. So hat sich für den Chemieunterricht ein stetig wachsendes webbasiertes Angebot an anscheinend gleichwertigen Lehr-Lernmaterialien etabliert. Die Nutzung digitaler Medien für unterrichtliche Zwecke zeigt in den letzten Jahren zwar eine positive Tendenz, allerdings beschränkt sich die Integration meist auf die Substitution analoger Präsentationsmedien (z.B. Tafel, Textbuch, ...) (Drossel, Eickelmann, Schaumburg & Labusch, 2019). Bei der Nutzung webbasierter Inhalte sind angehende und aktive Lehrkräfte weiterhin zurückhaltend. Die Integration von digitalen Medien kann für Lehrkräfte eine Belastung darstellen, insbesondere für jene mit geringem Vorwissen (vgl. Backfish, Lachner, Stürmer & Scheiter 2021). Studien weisen darauf hin, dass Erfahrungen und Einflussgrößen auf den späteren Einsatz von digitalen Medien maßgeblich durch die universitäre Ausbildung geprägt werden (Vogelsang, Finger, Laumann & Thyssen, 2019). Dennoch nehmen Lehrkräfte aus dem Studium eine gewisse Skepsis gegenüber digitalen Medien mit, was in einer zurückhaltenden Nutzung dieser im Unterricht resultiert (Arnold, 2020). Im Rahmen eines Projektes zur *evidenzbasierten Gestaltung einer webbasierten Lernumgebung*, mit dem Ziel effektive Lernpfade entlang des Einsatzes der genierten Inhalte zu identifizieren, stellten sich die Fragen: *Stellt das wachsende Angebot eine positive Tendenz dar? Wird (angehenden) Lehrkräften nun abverlangt eine Entscheidung für oder gegen ein Angebot für die Strukturierung von Unterricht zu treffen, was in eine Überforderung münden kann?*

Fragestellung

Zur Adressierung dieser Frage wurde der Fokus zunächst auf angehende Lehrkräfte gelegt. Basierend auf einem Review chemiespezifischer, webbasierter Lehr-Lernangebote werden in diesem Beitrag folgende Forschungsfragen beleuchtet:

FF1: *Welche Tools und welcher web-basierter Content wird von angehenden Chemielehrkräften genutzt?*

FF2: *Fühlen sich Lehramtsstudierende des Unterrichtsfach Chemie in der Vorbereitung für den Einsatz digitaler Inhalte im Unterricht überfordert?*

Methodisches Vorgehen

Zur Untersuchung der Forschungsfragen wurde eine Querschnittserhebung zur Pilotierung über alle Kurse der Didaktik der Chemie am IDN der Leibniz Universität Hannover durchgeführt. Die Erhebung zur Nutzung von digitalen Tools und digitalem Content erfolgte in Form offener Fragen, integriert in einen adaptierten *Theory of Planned Behavior* (TPB)-Fragenbogen (Vogelsang et al. 2019) zur Erhebung der motivationalen Orientierung zum Einsatz digitaler Medien in Unterrichtsszenarien. Zusätzlich wurden demographische und affektive Daten, die Selbstwirksamkeit zum Einsatz digitaler Medien im Chemieunterricht sowie die Wahrnehmung und Akzeptanz des Lehrangebotes am Institut für Didaktik der Naturwissenschaften in Bezug auf die Förderung des Einsatzes digitaler Medien erhoben. Der Fragenbogen wurde zur Erhebung der Nutzungsfacetten von Webcontent sowie zur Differenzierung der Skalen, hinsichtlich chemiespezifischer digitaler Tools und Content adaptiert. Die Stichprobe umfasste N=67 Studierende, von denen sich 21 im Masterstudium und 46 Bachelorstudium befanden. Die statistische Auswertung der Daten erfolgte über SPSS Statistics und SPSS AMOS (vgl. Döring & Bortz, 2016). Der adaptierte Fragebogen enthält 12 offene Fragen zur Nutzung von Webcontent und digitalen Tools, sowie 4-stufige-Likert-Skalen (96 Items verteilt auf 15 Skalen). Die Skalen-Reliabilitäten wurden über die interne Konsistenz mittels Cronbach's α bestimmt und liegen mit Ausnahme einer Skala im akzeptablen bis guten Bereich ($\alpha = 0,701 - 0,890$). Zusätzlich wurden vor und nach dem chemischen Fachpraktikum strukturierte Selbstberichte von Studierenden erhoben, von denen vorläufig N=5 mithilfe der Qualitativen Inhaltsanalyse (Mayring, 2015) zur Triangulation und Validierung der Ergebnisse ausgewertet wurden.

Vorläufige Ergebnisse

Für das Nutzungsverhalten der befragten Studierenden konnte festgestellt werden, dass sie digitale Tools & Content primär für Unterhaltungszwecke oder zur Kommunikation (88%) nutzen. Gestalterische oder Lehr-Lern-bezogene Anwendungen werden nur selten genutzt, so gaben beispielsweise 78,58% an *nie* oder *sehr selten* digitalen Content für die Gestaltung von Unterricht in Erwägung zu ziehen, was mit bisherigen Forschungsergebnissen übereinstimmt (vgl. Feierabend et al., 2020; Vogelsang et al., 2019). Bei den schulischen Vorerfahrungen mit digitalem Content gaben 70,15% an, *nie* oder nur *sehr selten* mit chemiespezifischem digitalem Content in Kontakt gekommen zu sein. Die schulischen Erfahrungen zeigen sich auch im Nutzungsverhalten der Studierenden; so gaben alle Befragten an diverse digitale Tools zur Vorbereitung von und in Lehrveranstaltungen zu nutzen (z.B. Office, Notability GoodNotes). Webbasierte Lehr-Lernangebote hingegen werden seltener und in der Regel nur zum Lernen genutzt. Von den zuvor in einem Review identifizierten webbasierten Lehr-Lernangeboten werden lediglich 15,49% von den Studierenden für unterrichtsbezogene Aktivitäten genannt oder empfohlen. Dabei werden in erster Linie videobasierte Angebote, wie SimpleClub genutzt (Abbildung 1). Die Webseite LEIFIchemie ist mit 10,45% die meist genannte Lernumgebung.

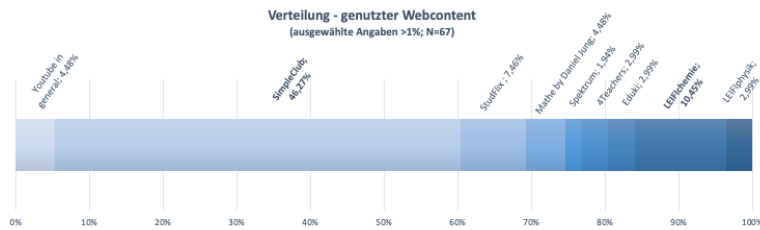


Abbildung 1: Nennungen der Nutzung von Webcontent der befragten Studierenden des IDN

Demnach wird nur auf ein begrenztes Spektrum von Content zurückgegriffen. Die chemiedidaktischen Kurse der LUH bieten Möglichkeiten Erfahrungen mit chemie-spezifischen digitalen Medien in Lernsettings zu sammeln. So wurde für Masterstudierende signifikant mehr Erfahrung mit digitalen Medien in Lernsettings als für Bachelorstudierende gemessen ($t\text{-Test}_{(\text{Tools})}$: $M_{(\text{B.Sc})}=1,86$, $M_{(\text{M.Ed})}=2,28$, $p<0,001$, $d=1,05$; $t\text{-Test}_{(\text{Content})}$: $M_{(\text{B.Sc})}=2,11$, $M_{(\text{M.Ed})}=2,43$, $p<0,001$, $d=0,774$). Trotz des Erfahrungsgewinns wurde kein signifikanter Unterschied für die Selbstwirksamkeit ($M_{(\text{Pre})}=2,11$; $M_{(\text{Post})}=2,25$; $p=0,126$) und die Vorbehalte gegenüber dem Einsatz digitalen Contents ($M_{(\text{B.Sc})}=2,34$; $M_{(\text{M.Ed})}=2,39$; $p=0,602$) gemessen. Dieser Umstand spiegelt sich auch in den Selbstberichten der Studierenden wider. Die Vorbehalte gegenüber digitalen Tools und Content scheinen beständig zu sein. So geben beispielsweise 61,9% der Studierenden an, dass diese grundsätzlich von schlechterer Qualität als Schulbücher sind, „Qualität von Lernvideos + Lerninhalten =, schlecht“ [...] „(P.5). Aber immer mit Zeitverlust verbunden sind „Neben dem technischen Problem ist auch immer der mit dem Einsatz verbundene Zeitverlust verbunden [...] „(P.1). Weiterhin berichten die Studierenden in Bezug auf die Selbstwirksamkeit davon, dass sie noch sehr unerfahren sind „Jedoch sind mir nicht viele Möglichkeiten bekannt und zudem bin ich selber unsicher und unerfahren im Einsatz digitaler Medien „(P.3) und das es ein zu großes Angebot an Webcontent gibt (76,19%). Anhand der Daten wird nachvollziehbar, weshalb sich 85,95% der Befragten eine stärkere Integration von Lernangeboten mit digitalem Content und 72,79% mehr Gelegenheiten zur Förderung digitaler Kompetenzen wünschen. Die gemeinsame Betrachtung der motivationalen Orientierung zum Einsatz digitaler Medien für unterrichtliche Zwecke und der Selbstberichte gibt somit erste Hinweise auf die Überforderung der Studierenden beim Umgang mit digitalem Content.

Implikation & Ausblick

Die Erfahrungen an der Universität beeinflussen maßgeblich die Wahrnehmung der Studierenden zum Einsatz digitaler Medien (vgl. Vogelsang et al. 2019; Arnold 2020). Mangelnde Erfahrung und die damit einhergehende geringe Selbstwirksamkeit im Umgang mit digitalem Content sowie beständige Vorbehalte begünstigen eine geringe motivationale Orientierung der Studierenden hinsichtlich des zukünftigen Einsatzes digitaler Medien. Durch die Angaben der Studierenden gibt es Hinweise darauf, dass sie sich überfordert fühlen, was zu dem Wunsch nach mehr Erfahrungsgelegenheiten und Lehrveranstaltungen führt. Lehrveranstaltungen sollten bei der Förderung des Einsatzes digitaler Medien aktiv Faktoren wie Vorbehalte, Einstellung zum Einsatz von digitalen Medien anhand von Beispielen guter Praxis adressieren. Basierend hierauf können Seminarinhalte erstellt & evaluiert werden, welche den Einsatz von digitalen Tools & Content unter der Berücksichtigung möglicher

Vorbehalte fördern sollen. Hierzu ist es unter anderem notwendig Beispiele guter Praxis zu erheben. Dies kann über die Analyse der Unterrichtsplanung entlang effektiver Lernpfade beim Einsatz digitaler Medien seitens Studierender und erfahrener Lehrkräfte erfolgen. Weitere hierauf aufbauende Studien sollen den adaptierten Fragenbogen zur Erhebung der Wahrnehmung der universitären Lehre in Bezug auf digitalen Content validieren, sodass dieser für weitere Untersuchungen genutzt werden kann.

Förderung: Wir danken der Joachim Herz Stiftung für die materielle und immaterielle Unterstützung dieser und anschließender Untersuchungen.

Literatur

- Arnold, P. (2020). Digitalisierung und Lehrkräftefortbildung. Gelingensbedingungen und Strukturen von Fortbildungen zum Einsatz digitaler und interaktiver Medien in der Schule. Berlin: Logos Verlag.
- Backfisch, I., Lachner, A., Stürmer, K., & Scheiter, K. (2021). Gelingensbedingungen beim Einsatz digitaler Medien im Unterricht – Kognitive und motivationale Voraussetzungen von Lehrpersonen. In N. Beck, T. Bohl, S. Meissner (Eds.): Schriftenreihe der Tübingen School of Education Band 02: Vielfältig herausgefordert. <http://dx.doi.org/10.15496/publikation-52635>
- DiKoLAN: S., Bruckermann, T., Finger, A., Huwer, J., Kremser, E., Meier, M., Thoms, L.J., Thyssen, C., & von Kotzebue, L. (2020). Orientierungsrahmen Digitale Kompetenzen für das Lehramt in den Naturwissenschaften – DiKoLAN. In S. Becker, J. MeßingerKoppelt, & C. Thyssen (Hrsg.), Digitale Basiskompetenzen – Orientierungshilfe und Praxisbeispiele für die universitäre Lehramtsausbildung in den Naturwissenschaften, (S. 14-43). Hamburg: Joachim Herz Stiftung.
- Döring, N. & Bortz, J. (2016). Forschungsmethoden und Evaluation (5.Aufl.). Heidelberg, Berlin: Springer-Verlag
- Drossel, K., Eickelmann, B., Schaumburg, H. und Labusch, A. (2019). Nutzung digitaler Medien und Prädiktoren aus der Perspektive der Lehrerinnen und Lehrer im internationalen Vergleich. In: Eickelmann, B. (Hrsg.), Bos, W. (Hrsg.), Gerick, J. (Hrsg.), Goldhammer, F. (Hrsg.), Schaumburg, H. (Hrsg.), Schwuppert, K. (Hrsg.), Senkbeil, M. (Hrsg.), Vahrenhold, J. (Hrsg.), ICLIS 2018. Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern im zweiten internationalen Vergleich und Kompetenzen im Bereich Computational Thinking, S. 205–240.
- Feierabend, S., Rathgeb, T., Kheredmand, H. und Glöckler, S. (2020). Jim-Studie 2020. Jugend, Information, Medien. Basisuntersuchung zum Medienumgang 12- bis 19-Jähriger. Stuttgart: Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest (mpfs).
- Fey, C.-C. (2017). Das Augsburger Analyse- und Evaluationsraster für analoge und digitale Bildungsmedien. Eine Einführung. In E. Matthes & C.-C. Fey (Hrsg.), Das Augsburger Analyse- und Evaluationsraster für analoge und digitale Bildungsmedien (AAER). Grundlegung und Anwendungsbeispiele in interdisziplinärer Perspektive (S. 15–46). Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.
- Matthes, E. (2011). LEHRMITTEL UND LEHRMITTELFORSCHUNG IN EUROPA. Bildung Und Erziehung, 64(1), 1–6. <https://doi.org/10.7788/bue.2011.64.1.1>
- Mayring, P. (2015). Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken (12., überarb. Aufl.). Weinheim: Beltz.
- Neumann, D. (2015). Bildungsmedien Online. Eine empirische Erhebung von Angebot und Nachfrage von kostenlos angebotenen Lehrmaterialien aus dem Internet. Bad Heilbrunn: Klinkhardt
- Vogelsang, C., Finger, A., Laumann, D., & Thyssen, C. (2019) Vorerfahrungen, Einstellungen und motivationale Orientierungen als mögliche Einflussfaktoren auf den Einsatz digitaler Werkzeuge im naturwissenschaftlichen Unterricht. ZfDN 25,115–129. <https://doi.org/10.1007/s40573-019-00095-6>

Svenja Boegel¹
Mathias Ropohl¹

¹Universität Duisburg Essen

Die Rolle affektiver Schüler*innenmerkmale im Prozess des formativen Assessments

Theoretischer Hintergrund

Die Qualität des Unterrichts ist bedeutend für den Lernerfolg der Schüler*innen. Ein Merkmal der Unterrichtsqualität ist die konstruktive Unterstützung der Schüler*innen durch die Lehrkraft. Durch formatives Feedback kann dieses Merkmal erfüllt werden (Klieme et al., 2001).

Ergebnisse der PISA-Studie 2015 zeigen jedoch, dass das Unterrichtsmerkmal „Feedback“ im naturwissenschaftlichen Unterricht in Deutschland im Vergleich zu anderen OECD-Ländern unterdurchschnittlich ausgeprägt ist und hinsichtlich der Quantität und Qualität dieses Merkmals Optimierungsbedarf besteht (Reiss et al., 2016).

Damit Feedback wirksam wird, müssen grundsätzlich bestimmte Kriterien erfüllt sein. So beantwortet wirksames Feedback die drei Fragen zum Lernziel (Where am I going?), zum Lernstand (How am I going?) und zu den nächsten Lernschritten (Where to next/What needs to be done to get there?; Black & Wiliam, 2009; Hattie & Timperley, 2007; Ropohl & Scheuermann, 2017).

Speziell für den naturwissenschaftlichen Unterricht stellt Feedback im Sinne des formativen Assessments eine essentielle Lernunterstützung dar, da die Schüler*innen allgemeine Lernschwierigkeiten zeigen (Reiss et al., 2016; Schwichow & Nehring, 2018). Für den wichtigen Kompetenzbereich *Erkenntnisgewinnung* wurde u.a. das Planen von Experimenten als herausfordernd gekennzeichnet (Arnold et al. 2017; Schwichow & Nehring, 2018). Zum Beispiel ist das Variieren der unabhängigen Variablen unter kontrollierten Bedingungen für Schüler*innen äußerst anspruchsvoll (Ropohl & Scheuermann, 2017). Empirische Untersuchungen konnten zeigen, dass verschiedene Formen von Feedback das Potential haben das fachmethodische Wissen zu verbessern und die Planung von Experimenten zu optimieren (z.B. Hild et al., 2020; Ropohl & Scheuermann, 2017; Wollenschläger et al., 2011). So konnten Wollenschläger et al. (2011) herausstellen, dass kompetenzielles Feedback, das die Kompetenzen der Schüler*innen adressiert, wirksamer ist, als Feedback ohne den Bezug zu konkreten Kompetenzstufen. Hild et al. (2020) konnten herausfinden, dass Schüler*innen vor allem von Feedback zum aktuellen Leistungsstand profitieren. Aus der Untersuchung von Ropohl und Scheuermann (2018) geht hervor, dass Feedback, welches Informationen zum Lernziel, zum Lernstand und zu den nächsten Schritten enthält, zu einem deutlich besseren Abschneiden der Schüler*innen führt. Es ist anzumerken, dass den Studien unterschiedliche Feedbackformen zugrunde liegen. Die Rolle motivationaler und kognitiver Merkmale wurde in diesem Zusammenhang nur im Ansatz untersucht. Daher wird vermutet, dass die Motivation aber auch der wahrgenommene Cognitive Load die Wirkung des Feedbacks medieren. Da eine nicht optimale Gestaltung des Lernmaterials den Extraneous Cognitive Load ungewollt erhöht und den Wissenserwerb maßgeblich beeinträchtigt, sollte auf diese Facette ein besonderes Augenmerk gelegt werden.

Forschungsanliegen

Die Schüler*innen müssen in einem Lernszenario zu naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen sowohl die Informationen der Lernmaterialien zum Experimentieren, als auch die Informationen des Feedbacks verarbeiten. Daraus entsteht eine höchst komplexe Lernsituation, welche die Schüler*innen überfordern und demotivieren kann (Leutner et al., 2014). Da die Motivation (Ryan & Deci, 2000) und die wahrgenommene kognitive Belastung (Sweller, 1988) entscheidende Faktoren für die Lernbereitschaft und den damit verbundenen Lernerfolg von Schüler*innen darstellen, ist zu klären, welche Rolle affektive Merkmale in diesem Zusammenhang einnehmen.

Forschungsfragen

Zentrales Ziel der Untersuchung ist das Aufdecken der Rolle affektiver Variablen, wie der Motivation, unter Berücksichtigung kognitiver Variablen, wie dem Cognitive Load, beim feedbackgestützten Experimentieren. Dieses erfordert die Anwendung der Variablenkontrollstrategie, welche beim Planen eines Experimentes insbesondere durch Feedback unterstützt werden soll. Folgende Forschungsfragen werden untersucht:

FF1: Welches Feedback schätzen Schüler*innen beim Planen eines Experiments als unterstützend und motivierend ein?

FF2: Inwiefern wird der Effekt von Feedback beim Planen eines Experiments unter Anwendung der Variablenkontrollstrategie auf den Lernzuwachs fachmethodischer Kompetenzen über die Motivation vermittelt?

FF3: Inwiefern wird der Effekt von Feedback beim Planen eines Experiments unter Anwendung der Variablenkontrollstrategie auf den Lernzuwachs fachmethodischer Kompetenzen über den Cognitive Load vermittelt?

Methodisches Vorgehen

Um die Forschungsfragen zu beantworten sind zunächst eine Querschnittserhebung (Herbst 2022; FF1) und darauf aufbauend eine Interventionsstudie (Herbst 2023; FF2 und FF3) geplant. Im Folgenden werden die Studiendesigns vorgestellt.

Die geplante Stichprobe für die Datenerhebung der Teilstudie I (FF1) erfordert die Teilnahme von vier Klassen eines Gymnasiums in NRW der Jahrgangsstufe 8 ($N \sim 90$).

Die Schüler*innen sollen einschätzen, welches Feedback sie als unterstützend und motivierend erachten. Hierzu erhalten Schüler*innen zu einem von ihnen geplanten Experiment individuelles Feedback und dürfen für die weitere Arbeit eine von drei Feedbackvarianten auswählen. Diese Auswahl müssen die Schüler*innen begründen und das entsprechende Feedback bewerten. Das Fachwissen (van Vorst, unveröffentlicht) und die kognitiven Grundfähigkeiten (Heller & Perleth, 2000) werden als Kontrollvariablen erhoben. Aus diesen Daten soll ein aus Schüler*innenperspektive optimal unterstützendes und motivierendes Feedback abgeleitet werden, das in der Interventionsstudie Einsatz findet.

Das Erstellen des individuellen Feedbacks, welches in drei unterschiedlichen Varianten vorliegt, stellt das Kernelement der Querschnittserhebung dar. Es werden die Varianten des *sachlichen*, des *motivierenden* und des *graphischen* Feedbacks unterschieden (s. Tab.1). Die gemeinsame Grundlage aller drei Feedbackvarianten sind die Merkmale einer Experimentplanung unter Anwendung der Variablenkontrollstrategie (= Feedbackinformationen; Scheuermann, 2017).

Tab.1: Merkmale der drei Feedbackvarianten.

| Feedback | Sachlich | Motivierend | Graphisch |
|----------|--|--|--|
| Merkmale | <p>Die Feedbackinformationen adressieren ausschließlich die fachliche Ebene.</p> <p>Das Feedback ist vollständig sachlich formuliert und beinhaltet keine motivierenden und positiv wertenden Wortbausteine.</p> | <p>Feedbackinformationen werden mit motivierenden und positiv wertenden Wortbausteinen versehen.</p> <p>Positiv formulierte Texte, die Bezug zum Lernstand nehmen und die nächsten Schritte kritisch reflektieren, dienen als motivierende Feedbackelemente.</p> | <p>Feedbackinformationen werden in Form eines Tachometers dargestellt, das verdeutlicht auf welcher von drei Kompetenzstufen die Schüler*innen stehen.</p> <p>Welches Kriterium für das Erreichen einer Kompetenzstufe erfüllt sein muss, ist direkt an einem Tachometer ablesbar.</p> |

In der Interventionsstudie stellt das zuvor aus den Daten der Querschnittserhebung abgeleitete Feedback die unabhängige Variable dar. Der Lernzuwachs naturwissenschaftlich-experimenteller Kompetenzen wird als die abhängige Variable erhoben (Scheuermann, 2017). Des Weiteren werden das Fachwissen (van Vorst, unveröffentlicht) und die kognitiven Grundfähigkeiten (Heller & Perleth, 2000) als Kontrollvariablen gemessen. Die Motivation und der Cognitive Load fließen beide als Mediatorvariablen in die Untersuchung ein und werden jeweils anhand einer Kurzskala erfasst (Motivation: Wilde et al., 2009; Overall Cognitive Load: Kalyuga et al., 1999; Paas 1992; Extraneous Cognitive Load: Leppink et al., 2013).

Ertrag und Ausblick

Da das Planen von Experimenten einen für Schüler*innen anspruchsvollen Lernprozess im Chemieunterricht darstellt ist das Geben individuellen Feedbacks eine zielführende Möglichkeit der Unterstützung. Welches Feedback für Schüler*innen besonders unterstützend und motivierend ist, wird im Rahmen der vorgestellten Studie ermittelt. Empirische Befunde deuten darauf hin, dass die Motivation und der Extraneous Cognitive Load der Schüler*innen den Lernzuwachs durch das Feedback beeinflussen. Die Relevanz des Experimentierens im naturwissenschaftlichen Unterricht ist groß. Somit ist das Unterstützen des Lernprozesses während des Ausübens naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen mit Hilfe von Feedback ein wichtiges Forschungsfeld.

Literatur

- Arnold, J., Kremer, K. & Mayer, J. (2017). Scaffolding beim Forschenden Lernen – Eine empirische Untersuchung zur Wirkung von Lernunterstützungen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 23 (1), 21-37.
- Black, P. & Wiliam, D. (2009). Developing the theory of formative assessment. *Educational Assessment, Evaluation and Accountability* 21 (5), 5-31.
- Hattie, J. & Timperley, H. (2007). The Power of Feedback. *Review of Educational Research* 1 (77), 81-112.
- Heller, K.A. & Perleth, C. (2000). Kognitiver Fähigkeitstest für 4. bis 12. Klassen, Revision. Göttingen: Beltz Test GmbH.
- Hild, P., Buff, A., Gut, C., Parchmann, I. (2020). Adaptives kompetenzbezogenes Feedback beim selbstständigen praktisch-naturwissenschaftlichen Arbeiten. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 26 (1), 19-35.
- Kalyuga, S., Chandler, P., & Sweller, J. (1999). Managing split-attention and redundancy in multimedia instruction. *Applied Cognitive Psychology*, 13 (4), 351–371.
- Klieme, E., Schümer, G., Knoll, S. (2001). Mathematikunterricht in der Sekundarstufe I: Aufgabenkultur und Unterrichtsgestaltung. In Bundesministerium für Bildung und Forschung (Hrsg.), *TIMMS – Impulse für Schule und Unterricht* (S.43-57). München: Medienhaus Biering.
- Leppink, J., Paas, F., Van der Vleuten, C.P.M., Van Gog, T., Van Merriënboer, J.J.G. (2013). Development of an instrument for measuring different types of cognitive load. *Behavior Research Methods*, 45(4), 1058–1072.
- Leutner, D., Opfermann, M. & Schmeck, A. (2014). Lernen mit Medien. In T. Seidel & A. Krapp (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie* (S. 297-322). Weinheim: Beltz.
- Paas, F. G. W. C. (1992). Training Strategies for Attaining Transfer of Problem-Solving Skill in Statistics: A Cognitive-Load Approach. *Journal of Educational Psychology*, 84 (4), 429-434.
- Reiss, Kristina [Hrsg.]; Sälzer, Christine [Hrsg.]; Schiepe-Tiska, Anja [Hrsg.]; Klieme, Eckhard [Hrsg.]; Köller, Olaf [Hrsg.]: PISA 2015. Eine Studie zwischen Kontinuität und Innovation. Münster/New York: Waxmann 2016.
- Ropohl, M. & Scheuermann, H. (2018). Welche Rückmeldungen wirken am besten? Ergebnisse einer empirischen Untersuchung von Rückmeldeformen beim Planen von Experimenten. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 24 (1), 151-165.
- Ryan, R. M. & Deci, E. L. (2000). Intrinsic and Extrinsic Motivations: Classic Definitions and New Directions. *Contemporary Educational Psychology* (25), 54-67.
- Scheuermann, H. (2017). Entwicklung und Evaluation von Unterstützungsmaßnahmen zur Förderung der Variablenkontrollstrategie beim Planen von Experimenten. Berlin: Logos.
- Schwichow, M., & Nehring, A. (2018). Variablenkontrolle beim Experimentieren in Biologie, Chemie und Physik: Höhere Kompetenzausprägungen bei der Anwendung der Variablenkontrollstrategie durch höheres Fachwissen? Empirische Belege aus zwei Studien. *Zeitschrift Für Didaktik Der Naturwissenschaften*, 24 (1), 217–233.
- Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science* (12), 257–285.
- Wilde, M., Bätz, K., Kovaleva, A., Urhahne, D. (2009). Überprüfung einer Kurzsкала intrinsischer Motivation (KIM). *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* (15), 31-45.
- Wollenschläger, M., Möller, J., & Harms, U. (2011). Effekte kompetenzieller Rückmeldung beim wissenschaftlichen Denken. *Zeitschrift Für Pädagogische Psychologie*, 25 (3), 197–202.

Einfluss des Kontextes auf Erfolgserwartung, Aufgabenwerte & Leistung

Problemlage & Theorie

Chemie ist eines der unbeliebtesten Schulfächer bei Lernenden (Gebhard, Höttecke & Rehm, 2017) und mit zunehmender Jahrgangsstufe nimmt das Interesse am Fach ab (Anderhag et al., 2016; Potvin & Hasni, 2014). Um dem entgegenzuwirken und das (situationale) Interesse im Chemieunterricht zu fördern, können beispielsweise Kontexte implementiert werden, die chemische Fachinhalte mit nicht-fachlichen Zugängen verknüpfen. Kontexte können anhand von Kontextmerkmalen beschrieben und unter anderem in alltägliche und besondere Kontexte differenziert werden. Während alltägliche Kontexte Situationen umfassen, die die direkte Lebenswelt der Lernenden betreffen und häufig erlebt werden, stellen besondere Kontexte Situationen dar, mit denen die Lernenden selten in Kontakt treten oder keine Primärerfahrungen sammeln (van Vorst et al., 2015).

Dass authentische Kontexte die affektiv-motivationalen Variablen von Lernenden und deren Einstellungen gegenüber den Naturwissenschaften positiv beeinflussen, ist bereits gut belegt (Bennett, Lubben & Hogarth, 2006). Allerdings ist die Datenlage zum Einfluss des Kontextmerkmals auf Lernendenvariablen noch relativ dünn und bedarf weiterer Untersuchungen.

Um diesen Zusammenhang näher zu beleuchten, bietet sich das Erwartung-Wert-Modell (Eccles & Wigfield, 2002) an. Dieses kausalanalytische Modell sagt das Leistungsverhalten von Lernenden anhand derer Erfolgserwartungen und subjektiver Aufgabenwerte voraus. Letztere werden durch dispositionale Persönlichkeitsmerkmale und Ziele eines Individuums beeinflusst (s. Abb. 1) (Eccles & Wigfield, 2002).

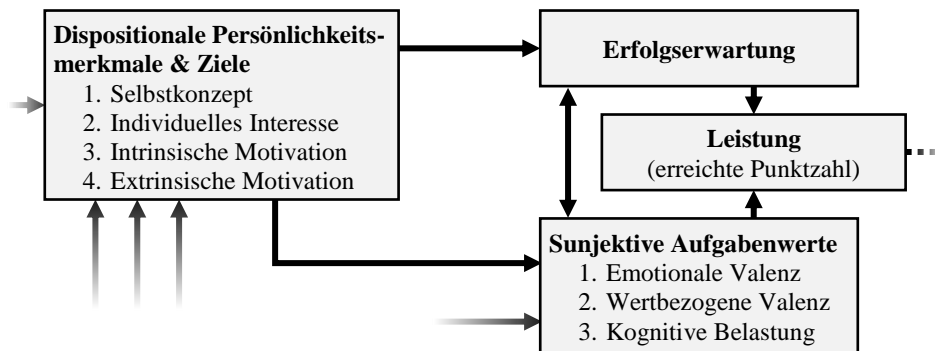


Abb. 1: Adaptierter Ausschnitt des Erwartungs-Wert-Modells (Eccles & Wigfield, 2002).

Forschungsfragen

- Wie beeinflussen die dispositionalen Persönlichkeitsmerkmale und Ziele, die individuelle Erfolgserwartung und die subjektiven Aufgabenwerte von Lernenden die Leistung bei der Bearbeitung von kontextualisierten Chemieaufgaben?

- Inwiefern beeinflusst das Kontextmerkmal die Erfolgserwartung, die subjektiven Aufgabenwerte und die Leistung von Lernenden bei der Bearbeitung von kontextualisierten Chemieaufgaben?

Methodik

Zur Untersuchung der ersten Forschungsfrage wurde eine Pfadanalyse durchgeführt, um die aus der Theorie abgeleiteten Annahmen des Erwartung-Wert-Modells (Eccles & Wigfield, 2002) für die Stichprobe zu prüfen.

Für die Beantwortung der zweiten Forschungsfrage wurden Varianzanalysen zum Vergleich der Erfolgserwartungen, der subjektiven Aufgabenwerte und der Leistung beider Interventionsgruppen durchgeführt.

Datenerhebung

Zur Erhebung der Variablen im Bereich der dispositionalen Persönlichkeitsmerkmale und Ziele, der subjektiven Aufgabenwerte und der Erfolgserwartung wurden bereits validierte Instrumente eingesetzt bzw. für den Gebrauch übersetzt und adaptiert (Engeln, 2004; Kalyuga, Chandler, Tuovinen & Sweller, 2001; Laukenmann et al., 2003; Paas, 1992; Wigfield, 1994; Zhu, Sun, Chen & Ennis, 2012). Zur Erhebung der Leistung wurden vier Lernaufgaben entwickelt: Es wurden jeweils zwei Aufgaben für die Inhaltsbereiche „Verbrennung von Kohlenwasserstoffen“ und „Energiequellen“ erstellt. Innerhalb der beiden Inhaltsbereiche wurde das Kontextmerkmal variiert, sodass eine Aufgabe in einen alltäglichen und eine Aufgabe in einen besonderen Kontext eingebettet wurde.

Die Datenerhebung fand online mit LimeSurvey (Version 2.05+) statt. Die Lernenden haben zwei Aufgaben bearbeitet, wobei sie innerhalb eines Kontextmerkmals verblieben sind. Die Zuordnung zu den Interventionsgruppen (alltäglicher und besonderer Kontext) verlief randomisiert. In der Datenerhebung wurden zunächst die dispositionalen Persönlichkeitsmerkmale und Ziele der Lernenden erhoben. Anschließend haben sie die Einführung in die erste Aufgabe gelesen, ohne sie zu bearbeiten, um die Erfolgserwartungen und subjektiven Aufgabenwerte im Vorfeld zu erheben. Erst danach wurden die Aufgaben bearbeitet und im Anschluss erneut die Erfolgserwartungen und subjektiven Aufgabenwerte erfasst. Dieses Vorgehen war für die zweite Aufgabe gleich.

Insgesamt konnten $N = 56$ Lernende ($n_{\text{♀}} = 34$, $n_{\text{♂}} = 22$) im Alter zwischen 14 und 16 Jahren ($M_{\text{Alter}} = 14.71$, $SD = .49$) an Gymnasien und Gesamtschulen in Nordrhein-Westfalen und Hessen befragt werden. Für die zweite Forschungsfrage wurden die beiden Interventionsgruppen mittels Varianzanalysen auf Unterschiede der dispositionalen Persönlichkeitsmerkmale und Ziele getestet. Es konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden, wodurch die dispositionalen Persönlichkeitsmerkmale und Ziele als Begründung für gefundene Effekte ausgeschlossen werden können.

Ergebnisse

Die Ergebnisse der Pfadanalyse zeigen, dass die dispositionalen Persönlichkeitsmerkmale und Ziele die Leistung nicht direkt, sondern nur indirekt über die Erfolgserwartung und die subjektiven Aufgabenwerte beeinflussen, was sich mit den theoretischen Annahmen deckt. Darüber hinaus bestätigt das gerechnete Modell die restlichen theoretischen Annahmen zum

Großteil, mit der Ausnahme, dass die Erfolgserwartungen nicht als Prädiktorvariable für die Leistung signifikant werden (Abb. 2).

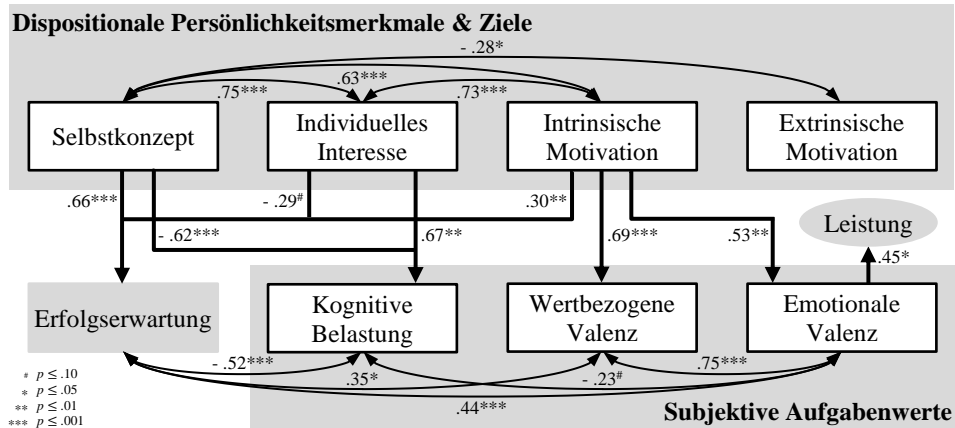


Abb. 2: Geprüftes Pfadmodell (standardisierte Pfade; signifikante Pfade; Gütekriterien des Gesamtmodells: $\chi^2 = 5.41$ ($p > .05$), $RMSEA = .079$, $SRMR = .026$, $CFI = .995$, $TLI = .95$).

Mit Blick auf die zweite Forschungsfrage lassen sich keine signifikanten Effekte des Kontextmerkmals auf die Erfolgserwartung und die subjektiven Aufgabenwerte feststellen ($p > .10$). Bei der Leistung lassen sich aber Unterschiede in Bezug auf das Kontextmerkmal erkennen: Die Lernenden mit besonderem Kontext haben durchschnittlich ca. 10% mehr Punkte erreicht als Lernende mit alltäglichem Kontext. Dieser Unterschied ist für die erste Aufgabe marginal signifikant ($F(1,54) = 2.940$, $p = .092$, $\eta^2 = .052$) und für die zweite Aufgabe hoch signifikant ($F(1,54) = 7.534$, $p = .008$, $\eta^2 = .122$).

Diskussion & Ausblick

Die theoretischen Annahmen des fokussierten Ausschnitts des Erwartungs-Wert-Modells können im Rahmen der Studie zum Großteil bestätigt werden. Der maßgebliche Unterschied ist, dass die Erfolgserwartungen hier die Leistungen nicht vorhersagen. Eine Erklärung könnte die hohe kognitive Belastung sein, die deutlich negativ mit der Erfolgserwartung zusammenhängt.

Das Kontextmerkmal scheint einen Einfluss auf die Leistung der Lernenden zu haben, der mithilfe des Erwartungs-Wert-Modells jedoch nicht erschlossen werden kann (keine signifikanten Effekte). Dies könnte sich unter anderem auf die geringe Stichprobengröße zurückführen lassen. Eine mögliche Erklärung für die unterschiedlichen Leistungen bei den unterschiedlich kontextualisierten Aufgaben könnte in den Inhalten der Aufgaben selbst liegen.

Die Leistung scheint durch das Kontextmerkmal beeinflusst zu werden. Daher sollen die Zusammenhänge in einer Folgestudie mit größerer Stichprobe noch einmal geprüft werden. Dafür werden die Inhalte und die Einordnung der Kontexte in alltäglich bzw. besonders zunächst noch einmal geprüft. Des Weiteren erscheint es ratsam eine Interventionsgruppe zu ergänzen, die beide Kontextmerkmale bearbeitet und die Lernenden die Alltäglichkeit bzw. die Besonderheit der Kontexte selbst einschätzen zu lassen.

Literatur

- Anderhag, P., Wickmann, P.-O., Bergqvist, K., Jakobson, B., Hamza, K. M., & Säljö, R. (2016). Why Do Secondary School Students Lose Their Interest in Science? Or Does it Never Emerge? A Possible and Overlooked Explanation. *Science Education, 100*(5), 791-813.
- Bennett, J., Lubben, F., & Hogarth, S. (2006). Bringing science to life: A synthesis of the research evidence on the effects of context-based and STS approaches to science teaching. *Science Education, 91*(3), 347-370.
- Eccles, J. S., & Wigfield, A. (2002). Motivational Beliefs, Values, and Goals. *Annual Review of Psychology, 53*, 109-132.
- Engeln, K. (2004). *Schülerlabors: authentische, aktivierende Lernumgebungen als Möglichkeit, Interesse an Naturwissenschaften und Technik zu wecken* (Vol. 36). Berlin: Logos Verlag.
- Gebhard, U., Höttecke, D., & Rehm, M. (2017). *Pädagogik der Naturwissenschaften - Ein Studienbuch*. Wiesbaden: Springer.
- Kalyuga, S., Chandler, P., Tuovinen, J., & Sweller, J. (2001). When Problem Solving Is Superior to Studying Worked Examples. *Journal of Educational Psychology, 93*(3), 579-588.
- Laukenmann, M., Bleicher, M., Fuß, S., Gläser-Zikuda, M., Mayring, P., & von Rhöneck, C. (2003). An investigation of the influence of emotional factors on learning in physics instruction. *International Journal of Science Education, 25*(4), 489-507.
- Paas, F. G. (1992). Training Strategies for Attaining Transfer Of Problem-Solving Skill in Statistics: A Cognitive-Load Approach. *Journal of Educational Psychology, 84*(4), 429-434.
- Potvin, P., & Hasni, A. (2014). Analysis of the Decline in Interest Towards School Science and Technology from Grades 5 Through 11. *Journal of Science Education and Technology, 23*(6), 784-802.
- van Vorst, H., Dorsch, A., Fechner, S., Kauertz, A., Krabbe, H., & Sumfleth, E. (2015). Charakterisierung und Strukturierung von Kontexten im naturwissenschaftlichen Unterricht - Vorschlag einer theoretischen Modellierung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 21*, 29-39.
- Wigfield, A. (1994). Expectancy-Value Theory of Achievement Motivation: A Developmental Perspective. *Educational Psycholo Review, 6*(1), 49-78.
- Zhu, X., Sun, H., Chen, A., & Ennis, C. (2012). Measurement invariance of expectancy-value questionnaire in physical education. *Measurement in Physical Education and Exercise Science, 16*(1), 41-54.

Thomas Wilhelm¹
 Lea Ludwig¹
 Valentina Koch¹
 Hartmut Wiesner²

¹Universität Frankfurt
²LMU München

Empirische Überprüfung des SUPRA-Konzeptes zum Auftrieb

Das Schwimmen eines Körpers im Wasser ist ein beliebtes Thema im Sachunterricht der Grundschule, oft „Schwimmen, Schweben, Sinken“ genannt. Physikalisch gesehen geht es dabei um den Auftrieb. Dazu gibt es zwei bekannte Unterrichtskonzeptionen (Hopf, Wilhelm, 2021): 1. die „Klasse(n)kisten“ (bzw. das „Spiralcurriculum“) mit dem Verdrängungsprinzip und dem Dichtekonzept und 2. die SUPRA-Konzeption mit der Auftriebskraft.

Das Konzept der Arbeitsgruppe Möller, das für den Sachunterricht entwickelt wurde (Möller & Jonen, 2005), wurde in das Spiralcurriculum „Schwimmen und Sinken“ eingebettet (Hardy et al., 2017; Möller & Wyssen, 2017; Möller et al., 2021). Dazu wurde die Materialkiste „Klasse(n)kiste I: Schwimmen und Sinken“ (<https://www.westermann.de/>) entwickelt und viele Unterrichtsmaterialien erstellt (Hardy et al., 2017; Möller & Jonen, 2005; Möller & Wyssen, 2017; Möller et al., 2021, Rösch et al. 2017). Zunächst wird als Materialeigenschaft eingeführt, ob ein Vollkörper schwimmt oder sinkt. Dann wird die Verdrängung eines Körpers betrachtet. Es wird festgestellt, dass der Auftrieb umso größer ist, je mehr Wasser ein Körper verdrängt. Schließlich geht es noch um die Dichte, wozu Einheitswürfel untersucht werden. Dieses Unterrichtskonzept wurde in der Grundschule umfangreich evaluiert und es zeigte sich, dass die so unterrichteten Kinder in einem Test seltener Schülervorstellungen verwendeten (Hardy et al., 2006).

Die SUPRA-Konzeption, die in der Arbeitsgruppe Wiesner für den Sachunterricht entwickelt wurde, möchte vermitteln, wie die Auftriebskraft entsteht, indem gezeigt wird, dass Wasser auf einen untergetauchten Körper drückt und der Druck mit der Tiefe zunimmt, so dass das Wasser von unten stärker als von oben auf den Körper drückt. Das Konzept vermeidet dabei bewusst die Verdrängung (Wiesner, 2018) und die Dichte. Erste Akzeptanzbefragungen von Grundschulkindern zu diesen Ideen wurden von Sinnacher durchgeführt (Sinnacher et al., 2007). Schließlich wurde das Konzept von Gartmann ausgearbeitet, dazu viele Unterrichtsmaterialien erstellt und dieses in einer Klasse erprobt (Gartmann, 2019; Wiesner et al., 2020). Dieses Konzept ist mit erläuternden Kommentaren und vielen Arbeitsblätter auf der Webseite SUPRA zugänglich (Wiesner et al., 2019).

Das SUPRA-Konzept besteht aus acht Unterrichtseinheiten, wobei die ersten sechs wichtig sind und die letzten beiden nur optional. In der ersten Einheit geht es um die Erdanziehungskraft, die bei schwereren Körpern größer ist, was mit einem längeren Pfeil visualisiert wird. In einer Stationenarbeit der zweiten Einheit wird verdeutlicht, dass sich jeder Körper im Wasser leichter anfühlt, weil das Wasser noch eine nach oben gerichtete Kraft auf ihn ausübt, die Auftriebskraft. In der dritten Einheit wird gezeigt, dass das Wasser von allen Seiten gegen einen untergetauchten Körper drückt. Die Vermutung, dass das Wasser umso stärker drückt, je tiefer man taucht, wird in der vierten Einheit bestätigt. Aus der Tatsache, dass das Wasser

somit auf der Unterseite eines Körpers stärker drückt als auf der Oberseite, wird in der fünften Einheit mit Pfeilen visualisiert, dass immer eine Auftriebskraft als Differenz der von unten und von oben drückenden Kräfte entsteht (siehe Abbildung). Schließlich werden in der sechsten Einheit das Sinken, Schweben, Steigen und Schwimmen mit der Erdanziehungskraft und der Auftriebskraft erklärt.

Eine Evaluation fand nun auf zweierlei Weise statt: Zum einen wurde das SUPRA-Konzept in drei Einheiten zwölf Schülerinnen und Schüler im Rahmen von Akzeptanzinterviews vorgestellt und diese Akzeptanzinterviews ausgewertet (Ludwig, 2021). Zum anderen wurden die ersten sechs Unterrichtseinheiten des SUPRA-Konzeptes in zwei Klassen in sechs Unterrichtseinheiten (meist Doppelstunden) im Zeitraum von drei Wochen unterrichtet (elf Unterrichtsstunden) und ein erstellter Test eingesetzt und ausgewertet (Koch, 2021).

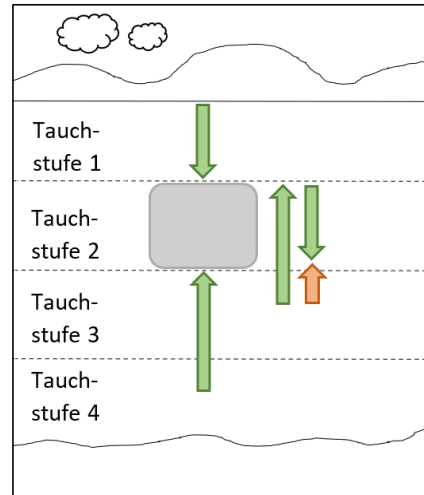


Abb. 1: Darstellung der Entstehung der Auftriebskraft auf ein U-Boot (grau)

Akzeptanzinterviews

Mit Akzeptanzinterviews (Jung, 1992; Blumör, 1993) soll überprüft werden, ob Schülerinnen und Schüler ein neues inhaltliches Angebot verstehen und akzeptieren. Ein Akzeptanzinterview besteht dabei bei jeder Einheit aus den vier Bausteinen 1. Informationsangebot, 2. Frage nach der Akzeptanz, 3. Paraphrasierung und 4. Anwendung. Hier wurden die sechs zentralen SUPRA-Unterrichtseinheiten zum Auftrieb zu drei Einheiten für die Akzeptanzbefragung zusammengefasst: Erdanziehungskraft und Wasserdruck, Entstehung der Auftriebskraft und das Zusammenwirken von Erdanziehungs- und Auftriebskraft (Ludwig, 2021).

Tab. 1: Übersicht über den Grad der Akzeptanz

| SuS | Erdanziehungskraft | Wasserdruck | Auftriebskraft | Zusammenwirken Erdanziehungskraft & Auftriebskraft | Mittelwert μ |
|-------|--------------------|-------------|----------------|--|------------------|
| A *** | 0 | 0 | 0,5 | 0 | 0,1 |
| B *** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| C *** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| D *** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| E ** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| F ** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| G ** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| H ** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| I * | 0 | 0 | 1 | 1 | 0,5 |
| J * | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| K * | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| L * | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| μ | 0 | 0 | 0,1 | 0,1 | |

Aus einer Klasse der vierten Jahrgangsstufe wurden durch Rücksprache mit der Klassenlehrkraft vier leistungsstarke (drei Sterne in Tabelle 1), vier mittelmäßige (zwei Sterne) und vier leistungsschwache Kinder (ein Stern) ausgewählt, die je 20 bis 35 Minuten einzeln interviewt wurden. Die Interviews wurden aufgezeichnet, transkribiert und geglättet.

Vollständige Akzeptanz, eingeschränkte Akzeptanz und keine Akzeptanz der vorgetragenen Erklärungen wurden mit 0 bzw. 0,5 bzw. 1 kodiert. Tabelle 1 zeigt, dass die befragten Schülerinnen und Schüler die gehörten Erklärungen gut akzeptierten.

Anschließend wurden die Kinder aufgefordert, *Tab. 2: Übersicht über die Bewertung der Paraphrasierungen*

die gehörten Erklärungen in eigenen Worten wiederzugeben. Diese Paraphrasierungen wurden danach beurteilt, ob alle Inhalte korrekt paraphrasiert wurden (0), die wesentlichen Inhalte korrekt, aber Teilaspekte falsch oder nicht angegeben wurden (0,5) oder größtenteils nicht korrekt waren (1). Tabelle 2 zeigt, dass die befragten Lernenden größtenteils keine signifikanten Schwierigkeiten hatten, die Inhalte zu paraphrasieren.

Es schlossen sich jeweils Anwendungsaufgaben an, um ein Konzeptverständnis zu überprüfen.

Die Antworten wurden danach beurteilt, ob die Aufgabe ohne Schwierigkeiten und Hilfen gelöst wurden (0), das Kind durch kleine Hilfestellungen unterstützt wurde (0,5) oder die Antwort trotz Hilfestellungen falsch war (1). Eine entsprechende Tabelle enthält zwar vor allem die Null,

jedoch hatten einige Schülerinnen und Schüler größere Schwierigkeiten. Die Aufgabe zur Erdanziehung hat einen Mittelwert von $\mu = 0,4$, die sechs Aufgaben zum Wasserdruck $\mu = 0,2$, die Aufgaben zum Auftrieb $\mu = 0,4$ und die vier Aufgaben zum Zusammenwirken $\mu = 0,3$, was im letzten Fall nur an einer Aufgabe lag, die für fast alle unlösbar war. Fast alle konnten aber die Pfeile wie in Abbildung 1 an ihrem korrekten Platz positionieren.

Insgesamt ist zu sagen, dass die Einheit zum Wasserdruck besonders gut ausfiel, bei dem es dem Großteil leichtfiel, die Erklärungen in eigenen Worten zusammenzufassen und die Aufgaben zu lösen. Schwierigkeiten gab es dagegen bei der Erdanziehungskraft.

| SuS | Er- anzieh. | Was.- druck | Au- trieb | Zu- sammen | μ |
|-------|----------------|----------------|--------------|---------------|-------|
| A | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| B | 1 | 1 | 0,5 | 0 | 1 |
| C | 0 | 0 | 0,5 | 0,5 | 0,3 |
| D | 0 | 0 | 0 | 0,5 | 0,1 |
| E | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| F | 0 | 1 | 0,5 | 0 | 0,4 |
| G | 0 | 0 | 0 | 0,5 | 0,1 |
| H | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0 |
| I | 0,5 | 0,5 | 0 | 0 | 0,3 |
| J | 1 | 0 | 0 | 0 | 0,3 |
| K | 1 | 0 | 0 | 0,5 | 0,4 |
| L | 0 | 0 | 0,5 | 0,5 | 0,3 |
| μ | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | |

Erprobung und Test

Für eine Erprobung im Feld und für eine quantitative Erhebung wurden die ersten sechs Einheiten des SUPRA-Konzeptes zum Auftrieb in zwei halben Klassen der vierten Jahrgangsstufe mit 21 Schülerinnen und Schülern unterrichtet. Die sechs Unterrichtseinheiten wurden bis auf die erste in je einer Doppelstunde im Zeitraum von drei Wochen behandelt (insgesamt elf Unterrichtsstunden). Dabei wurden die vorgeschlagenen Experimente meist in Lernstationen von den Schülerinnen und Schülern durchgeführt.

Das Verhalten der Schülerinnen und Schüler wurde als teilnehmende Beobachtung beschrieben (Koch, 2021). Abgesehen von kleinen Verbesserungsideen, die sich bei der Durchführung ergaben, zeigte sich, dass das Konzept gut unterrichtbar ist und die Zeiteinteilung gut funkti-

onierte. Insbesondere hatten die Schülerinnen und Schüler Spaß an den Einheiten. Vorgeschlagen wurde, manche Versuche statt in einem Stationenlernen in einem Demonstrationsversuch einzusetzen und Merksätze im Heft festzuhalten.

Außerdem wurde ein Test erarbeitet, der die Inhalte dieses Unterrichts auf recht unterschiedliche Weise abprüft (Koch, 2021). Der Test bestand aus 16 Items, die einen kurzen Antwortsatz, das Ausfüllen eines Lückentextes, das Einzeichnen von Kraftpfeilen oder meist das Ankreuzen von Single-Choice-Aufgaben verlangten. Die meisten Schülerinnen und Schülern waren unter 30 Minuten fertig, einzelne nutzten die vorgesehenen 45 Minuten.

Die Testergebnisse zeigten, dass die Ideen bei den Schülerinnen und Schülern ankamen. Testaufgaben, die zeichnerisch zu lösen waren, fielen dabei besser aus als Aufgaben, die im Textformat zu beantworten waren.

Literatur

- Blumör, R. (1993). Schülerverständnisse und Lernprozesse in der elementaren Optik. Ein Beitrag zur Didaktik des naturwissenschaftlichen Sachunterrichts in der Grundschule. Essen: Westarp-Wissenschaften.
- Gartmann, G. (2019). Eine Unterrichtskonzeption zum Thema „Auftrieb“ im Sachunterricht. Unterrichtsmaterialien für die Lernplattform SUPRA. Staatsexamensarbeit, Goethe-Universität Frankfurt.
- Hardy, I., Jonen, A., Möller, K., & Stern, E. (2006). Effects of instructional support within constructivist learning environments for elementary school students' understanding of "floating and sinking". *Journal of Educational Psychology*, 98(2), 307.
- Hardy, I., Steffensky, M., Leuchter, M. & Saalbach, H. (2017) Handbuch Miteinander Lernen zum Spiralcurriculum Schwimmen und Sinken: Naturwissenschaftlich arbeiten und denken lernen. Elementarbereich. Telekom-Stiftung. <https://www.telekom-stiftung.de/projekte/miteinander>
- Hopf, M.; Wilhelm, T. (2021). Unterrichtskonzeptionen zur Mechanik der Gase und Flüssigkeiten. In T. Wilhelm, H. Schecker & M. Hopf (Hrsg.). Unterrichtskonzeptionen für den Physikunterricht, Springer-Spektrum. S. 199 – 229.
- Jung, W. (1992). Probing Acceptance: A technique for investigating learning difficulties. In R. Duit, F. Goldberg & H. Niedderer (Hrsg.). *Research in Physics Learning. Theoretical Issues and Empirical Studies*. Kiel, 278-295.
- Koch, V. (2021). Erprobung eines Konzeptes zum Thema Auftrieb in der Grundschule. Staatsexamensarbeit, Goethe-Universität Frankfurt, unveröffentlicht.
- Ludwig, L. (2021). Akzeptanzinterviews zu einer Konzeption zum Thema Auftrieb in der Grundschule. Staatsexamensarbeit, Goethe-Universität Frankfurt. http://www.thomas-wilhelm.net/arbeiten/akzeptanz_auftrieb.htm
- Möller, K. & Jonen, A. (2005). Schwimmen und Sinken. Der Unterrichtsordner. Braunschweig: Spectra Verlag.
- Möller, K. & Wyssen, H.-P. (2017). Ergänzungs-Handbuch zum Spiralcurriculum Schwimmen und Sinken: Naturwissenschaftlich arbeiten und denken lernen. Telekom-Stiftung. <https://www.telekom-stiftung.de/projekte/miteinander>
- Möller, K., Labudde, P., Rösch, S. & Stübi, C. (2021). MINTeiner lernen. Spiralcurriculum
- Rösch, S., Stübi, C. & Labudde, P. (2017). Unterrichtsordner MINTeiner Lernen zum Spiralcurriculum Schwimmen und Sinken: Naturwissenschaftlich arbeiten und denken lernen. Sekundarbereich. Telekom-Stiftung. <https://www.telekom-stiftung.de/projekte/miteinander>
- Schwimmen und Sinken Sekundarbereich. Braunschweig: Westermann.
- Simmacher, A., Wiesner, H. & Heran-Dörr, E. (2007). Akzeptanzbefragungen von Grundschulkindern zum Thema "Auftrieb in Wasser". In V. Nordmeier, A. Oberländer & H. Grötzebauch, H. (Hrsg.). *Didaktik der Physik - Regensburg 2007*. Berlin: Lehmanns Media – LOB.de.
- Wiesner, H. (2018). Auftrieb gleich Gewichtskraft der verdrängten Wassermenge? In T. Wilhelm (Hrsg.). *Stolpersteine im Physikunterricht*. Seelze: Aulis. S. 63 - 66.
- Wiesner, H., Gartmann G. & Wilhelm, T. (2019). Unterrichtsmaterialien zum Auftrieb. <http://www.supra-lernplattform.de/index.php/lernfeld-natur-und-technik/auftrieb-sinken-schweben-steigen-schwimmen>.
- Wiesner, H., Gartmann, G. & Wilhelm, T. (2020). Ein Unterrichtskonzept zum Auftrieb im Sachunterricht. *PhyDid-B - Didaktik der Physik – DPG-Frühjahrstagung*. S. 55 - 62, <https://ojs.dpg-physik.de/index.php/phydid-b/article/view/1013>

Linda Zwick^{1,2}
 Yvonne Webersen¹
 Rita Wodzinski²

¹Universität Paderborn
²Universität Kassel

Entwicklung von Schülervorstellungen zu NOS & NOSI im Physikunterricht

Im Alltag lassen sich zahlreiche Beispiele finden, die inadäquate Verständnisse von Naturwissenschaft bei Schüler:innen nahe legen (Neumann, 2022). In der Fachdidaktik haben deshalb die Konstrukte *Nature of Science* (NOS) und *Nature of Scientific Inquiry* (NOSI) als Elemente von Scientific Literacy eine zunehmende Bedeutung erlangt (Bybee, 1997; Neumann, 2022). Trotzdem gibt es bisher nur wenig evaluierte Unterrichtskonzeptionen in diesem Bereich, die lehrplankompatibel sind (Höttecke & Schecker, 2021; Henke, 2016). Insbesondere konkrete Ideen zur Förderung des Verständnisses über Naturwissenschaften im Physikunterricht der Sekundarstufe I gibt es kaum.

Im Rahmen einer Masterarbeit wurde eine forschend-entdeckende Unterrichtseinheit (UE) zum Hookeschen Gesetz für die Klassenstufe 8 einer Gesamtschule auf Basis des NOS Vermittlungsansatzes der expliziten Reflexion entwickelt (Höttecke & Schecker, 2021). Es wurde untersucht,

- (1) inwieweit sich Hinweise auf die Weiterentwicklung von Vorstellungen zu NOS und NOSI im forschend-entdeckenden Unterricht mit expliziten Reflexionsphasen in der Jahrgangsstufe 8 aufdecken und beschreiben lassen sowie
- (2) welche Elemente der Unterrichtseinheit zur Entwicklung von Vorstellungen zu NOS und NOSI beigetragen bzw. diese erschwert haben.

Tab. 1: Erläuterung von NOSI-FaA, -FV und -KSD

| NOSI- | Bedeutung |
|------------|---|
| FaA | <i>Frage als Ausgangspunkt:</i> Naturwissenschaftliche Untersuchungen beginnen mit einer Fragestellung, überprüfen aber nicht notwendigerweise eine Hypothese. |
| FV | <i>Fragengeleitete Vorgehensweisen:</i> Vorgehensweisen bei naturwissenschaftlichen Untersuchungen werden durch die Fragestellung bestimmt. |
| KSD | <i>Konsistenz von Schlussfolgerung und Daten:</i> Schlussfolgerungen aus naturwissenschaftlicher Forschung müssen mit den gesammelten Daten vereinbar sein. |

Theoretischer Hintergrund

Nature of Science (NOS) ist ein sehr vielschichtiges und noch nicht vollständig geklärtes Konstrukt. In Anbetracht der schulischen Bearbeitung des Themenkomplexes wurde bei der Entwicklung der Unterrichtseinheit und dessen Beforschung die NOS-Modellierung des Minimalkonsenses der *Lederman Seven* (Erduran & Dagher, 2014; Neumann, 2022) zugrunde gelegt. Weitergehend wurde gemäß der Ausdifferenzierung zwischen NOS und NOSI nach Schwartz et al. (2008) der Aspektlistenvorschlag in Anlehnung an Lederman et al. (2014, S. 68-71) verwendet. Für die hier vorgestellten Studienergebnisse sind dabei die Aspekte *Frage als Ausgangspunkt* (NOSI-FaA), *Fragengeleitete Vorgehensweise* (NOSI-FV) und *Konsistenz von Schlussfolgerung und Daten* (NOSI-KSD) von besonderer Relevanz (s. Tab. 1).

Unterrichtseinheit zum Hookeschen Gesetz

Die geplante Unterrichtseinheit umfasst zwei Doppelstunden mit den Themen »Hookesches Gesetz« und »Erkenntnisse gewinnen – Protokollieren: Warum?«.

- Das vordergründige Lernziel der geplanten Unterrichtseinheit ist, dass die Schüler:innen in ihren eigenen Worten erklären können, wie und unter welchen Bedingungen mit Experimenten neue Erkenntnisse gewonnen werden können, indem sie beispielhaft an Experimenten zum Hookeschen Gesetz einen zielführenden und einen nicht zielführenden Erkenntnisprozess erläutern (L1). Darüber hinaus sind die folgenden beiden Lernziele Gegenstand des Unterrichts:
- L2 Die Schüler:innen stellen im Experiment zum Hookeschen Gesetz einen Zusammenhang (qualitativ oder quantitativ) zwischen der Ausdehnung und der einwirkenden Kraft her.
 - L3 Die Schüler:innen nennen wesentliche Aspekte von Experimentierprotokollen, die der Nachvollziehbarkeit von Experimenten dienen, sowie deren Bedeutung für naturwissenschaftliche Forschung aufzeigen.

Warum das Hookesche Gesetz?

Das Hookesche Gesetz bietet durch vielfältige experimentelle Veranschaulichungen die Möglichkeit, dass die Schüler:innen eigenständig und selbstbestimmt experimentieren können. Dabei gibt es eine Reihe an möglichen Freiheitsgraden, sodass das Experiment flexibel auf die Lernvoraussetzungen der Klasse anpassbar ist – ein Grundgedanke des forschend-entdeckenden Unterrichts. Die Konzeption intendiert einerseits das Erlernen fachlicher Inhalte und andererseits den Aufbau prozessbezogener Fähigkeiten. Die Idee des Experiments, das Hookesche Gesetz als ein dem Federkraftmesser zugrundeliegendes Prinzip zur Kraftmessung einzuführen, deckt sich weiterhin mit den Bildungsstandards und den Kernlehrplänen in Nordrhein-Westfalen im Kompetenzbereich *Erkenntnisgewinnung*: Die „Schülerinnen und Schüler [sollen] naturwissenschaftlich bearbeitete Fragestellungen entwickeln, Versuchspläne entwerfen und umsetzen, Beobachtungs- bzw. Messdaten sammeln und interpretieren, kommunizieren, reflektieren und ihre Ergebnisse verteidigen, Hypothesen aufstellen, empirische Regelmäßigkeiten herausarbeiten sowie Modelle oder Hypothesen aufstellen und überprüfen“ (Höttecke & Schecker, 2021, S. 425).

Die eigenen naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen der Schüler:innen in der Unterrichtseinheit bieten Reflexionsanlässe zur Thematisierung von diversen NOSI-Aspekten. Vordergründig gilt es bei der Auswertung des Experiments zum Hookeschen Gesetz darum, die empirisch aufgenommenen Daten methodisch begründet sinnvoll auszuwerten und logische Schlussfolgerungen zu ziehen. Die Konsistenz von Schlussfolgerung und Daten wird als ein elementarer Schritt im Forschungsvorhaben experimenteller Erkenntnisgewinnung beim Hookeschen Gesetz besprochen. Weitere berücksichtigte Planungsaspekte zu der Unterrichtseinheit sind der Abb. 1 zu entnehmen.

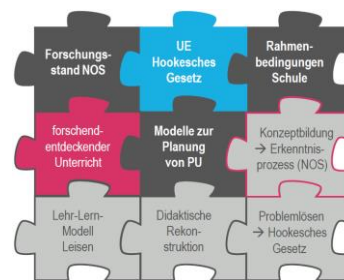


Abb. 1: Planungsaspekte der UE zum Hookeschen Gesetz

Forschungsdesign

Hinweise auf Entwicklungen der Lernendenvorstellungen zu NOSI wurden in einem forschungsfragengeleiteten Mixed-Methods-Design über einen Fragebogen (Pretest N = 22, Posttest N = 12, Pre-Posttest N = 8), ein leitfadengestütztes Interview (N = 4, s. Abb. 2) und fallbezogene Bearbeitungen aus dem Unterricht erfasst. Für die Auswahl der Interviewten wurden die folgenden zwei Kriterien angewendet: Einerseits soll die Auswahl das Spektrum an Physikleistungen gemessen an den letzten Schulnoten im Physikunterricht (sehr gut – ausreichend) bestmöglich abdecken. Andererseits sollen die Interviews die Klärung von offenen Fragen aus der Fragebogenauswertung ermöglichen.

Ergebnisse

zu (1): Entwicklungen von Lernendenvorstellungen lassen sich sowohl zu den Lernzielen als auch zu den mit der Intervention angesprochenen NOSI-Aspekten bei zwei der vier Einzelfälle (Christin und Alicia) feststellen (s. Abb. 2). Insgesamt wurde das Lernangebot von den Schüler:innen nur in sehr geringem Maße angenommen und umgesetzt.

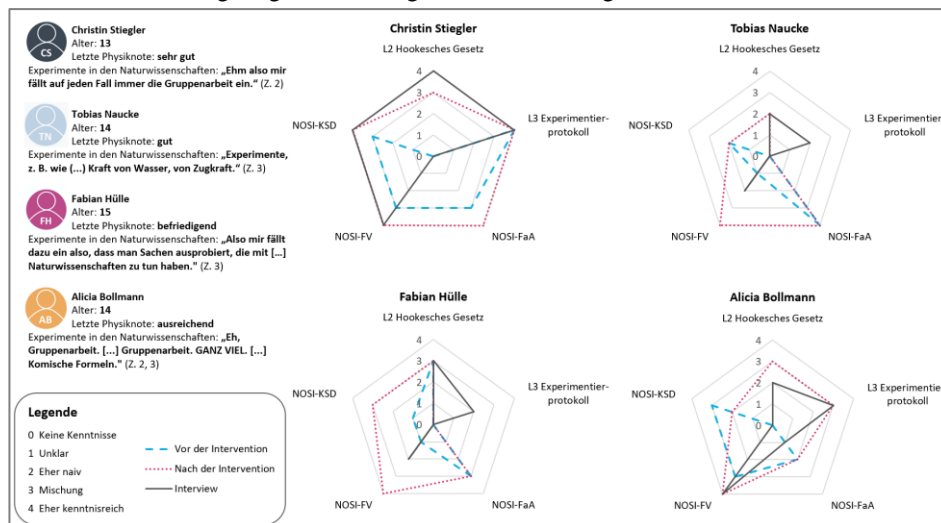


Abb. 2: Studienergebnisse der Einzelfallbetrachtungen in Netzdiagrammen

Für die Identifizierung der Entwicklung von Vorstellungen zu NOS und NOSI bewährt sich das verwendete Untersuchungsdesign: Der Pre-Posttestvergleich und die Interviews für sich betrachtet hätten zu verzerrten bzw. keinem Nachweis der Entwicklungen der Lernendenvorstellungen geführt. Es ist in Bezug auf die Erhebung von Vorstellungen zu NOSI und NOS erkennbar, dass eine Verknüpfung der Daten zum Kompetenzstand naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung mit Erläuterungen und Begründungen aus Lernerndenperspektive erforderlich sind, um ein möglichst umfassendes Bild der NOS-Vorstellungen der Schüler:innen skizzieren zu können.

zu (2): Für den Lernerfolg ausschlaggebende Elemente der UE sind: Motivation und Kontext der Einheit, sowie die Anpassung an die Lernvoraussetzungen der Schüler:innen. Für den Lernerfolg hemmende Elemente stellen zu geringe und kurze selbstständige Arbeitsphasen, fehlgeschlagene kognitive Aktivierung und Überforderungen bei nicht an die Lernvoraussetzungen angepassten Freiheitsgraden dar.

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass Vorstellungen zu NOS und NOSI mit entsprechendem Kontext und über explizite Reflexion (weiter-)entwickelt und evaluiert werden können. Zukünftig sollen im Rahmen des Kasseler Transferprojekts zum SFB 1319 ELCH weitere Unterrichtskonzeptionen in Kooperation mit Lehrkräften entwickelt werden.

Literatur

- Bybee, R. W. (1997). Towards an understanding of scientific literacy. In W. Gräber & C. Bolte (Hrsg.), *Scientific Literacy: An International Symposium* (S. 37-68). IPN.
- Erduran, S. & Dagher, Z. R. (2014). Reconceptualizing the nature of science for science education: Scientific knowledge, practices and other family categories. *Contemporary Trends and Issues in Science Education: Bd. 43*. Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-94-017-9057-4>
- Henke, A. (2016). Lernen über die Natur der Naturwissenschaften – Forschender und historisch orientierter Physikunterricht im Vergleich. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 22(1), 123-145.
- Höttecke, D. & Schecker, H. (2021). Unterrichtskonzeptionen für Nature of Science (NOS). In T. Wilhelm, H. Schecker, M. Hopf & D. Höttecke (Hrsg.), *Lehrbuch. Unterrichtskonzeptionen für den Physikunterricht: Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis* (S. 401–433). Springer Spektrum
- Lederman, N.G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R.L., & Schwartz, R.S. (2002). Views of Nature of Science Questionnaire: Toward Valid and Meaningful Assessment of Learners' Conceptions of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39 (6), 497-521
- Lederman, N. G. & Lederman, J. S. (2014). Research on Teaching and Learning of Nature of Science. In N. G. Lederman (Hrsg.), *Handbook of Research on Science Education, Volume II* (S. 600–620). Taylor and Francis.
- Neumann, I. (2022). Nature of Science - Alter Hut oder relevanter denn je? In Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (Vorsitz), *Unsicherheit als Element von naturwissenschaftsbezogenen Bildungsprozessen*. Symposium im Rahmen der Tagung von GDCP, Online. <https://gdcp-ev.de/wp-content/uploads/2022/05/Tagungsband-2022-Stand-13522.pdf>
- Schwartz, R., Lederman, N. G. & Lederman, J. S. (2008). An instrument to assess views of scientific inquiry: The VOSI questionnaire: Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching.

Entwicklung und Evaluation einer Unterrichtsreihe zur Unterstützung von Lernpfaden bezüglich NOS

Ausgangslage und Motivation

Schülerinnen und Schüler werden in ihrem Alltag verstärkt mit Wissenschaftsleugnung konfrontiert (z.B. im Rahmen der Querdenker-Bewegung, QAnon oder der Klimaleugnerszene). Die Techniken der Wissenschaftsleugnung (PLURV¹) sind vielfältig und komplex (vgl. Skeptical Science-Team, 2021) und für Laien nur schwierig von naturwissenschaftlichen Erkenntnismethoden zu unterscheiden.

Gesellschaftliche Teilhabe ist jedoch ein zentrales Ziel schulischer Bildung. Im Sinne einer naturwissenschaftlichen Grundbildung (scientific literacy), welche in den Bildungsstandards fokussiert wird, sind Aspekte der Natur der Naturwissenschaften oder Nature of Science (NOS) wichtiger Bestandteil schulischen Lernens. Kenntnisse über NOS sollen die Schülerinnen und Schüler befähigen, sich mithilfe ihres naturwissenschaftlichen Wissens eine begründete Meinung zu bilden und auf globaler, sozialer und persönlicher Ebene eigenverantwortlich zu handeln (z.B. Priemer & Lederman, 2021) und die oben genannten Techniken der Wissenschaftsleugnung als solche zu identifizieren. Dafür benötigen Sie jedoch nicht nur das naturwissenschaftliche Fachwissen, sondern ebenfalls Kenntnisse über die Entstehung und den ontologischen Charakter naturwissenschaftlichen Wissens (vgl. z.B. Priemer & Lederman, 2021). NOS umfasst diese Aspekte und ist folglich ein elementarer Bestandteil multidimensionaler scientific literacy (vgl. Neumann, 2022).

Trotzdem mangelt es auf der einen Seite an evaluierten, lehrplankompatiblen Unterrichtskonzeptionen (Höttecke & Schecker, 2021; Henke, 2016; Michel, 2018). Auf der anderen Seite gibt es keine Erkenntnisse über Lernpfade bezüglich NOS. Solche Erkenntnisse im Sinne von *learning progressions* liegen bislang nur für fachliche Wissensentwicklung vor (z.B. für das Materie-Konzept Hadenfeldt et al., 2016; oder für das Energie-Konzept Neumann et al., 2013).

Ziele des Projekts

Ausgehend von dem beschriebenen Entwicklungs- und Forschungsdesiderat wird im ersten Schritt eine lehrplankompatible, NOS-fokussierte Unterrichtsreihe zum Inhaltsbereich Optik für die Mittelstufe entwickelt und evaluiert. Daran knüpft das Forschungsvorhaben an: Es soll empirisch abgesicherte Erkenntnisse über Lernpfade von Schülerinnen und Schülern hinsichtlich deren kontextualisiertem (d.h. an den fachlichen Kontext geknüpftem) und übertragbarem NOS-Wissen liefern.

Konzeption der Unterrichtseinheit

Zur Konzeption der Unterrichtseinheit werden drei grundsätzliche Bausteine herangezogen:

- Theoretische Ansätze und Forschungsarbeiten zu NOS (z.B. bei Neumann & Kremer, 2013; Kremer & Mayer, 2013; Lederman, 2006; Lederman et. al., 2021; Hofheinz, 2008; Urhahne

¹ Pseudo-Experten, Logik-Fehler, Unerfüllbare Erwartungen, Rosinenpickerei und Verschwörungsmythen

- et al., 2008; Billion-Kramer et al., 2020) und seinen verschiedenen Schwerpunktsetzungen wie NOWSK, NOSK, FOS oder NOSIS (Priemer & Lederman, 2021; Allchin, 2011; Matthew, 2012; Höttecke & Allchin, 2020)
- Erkenntnisse aus den Schülervorstellungsuntersuchungen zum Fachinhalt und bezogen auf NOS (z.B. Höttecke & Hopf, 2018; Henke, 2016; Priemer & Lederman, 2021; Urhahne et al., 2008; Haagen-Schützenhöfer & Hopf, 2018)
 - Bildungsstandards Physik und Kernlehrplan Physik NRW

Aus allen drei Bereichen soll schließlich mit Blick auf die Praktikabilität des Regelunterrichts in der gymnasialen Mittelstufe die Festlegung der fachlichen und NOS-Lernziele erfolgen. Weitere Grundlagen bieten die Leitlinien für den NOS-Unterricht nach Henke (2018), der Kernlehrplan NRW für G9 und natürlich das Alter und Interesse der Schülerinnen und Schüler. Ausgehend von den Lernzielen wird schließlich die Unterrichtsreihe konzipiert. Methodisch liegt der Schwerpunkt auf dem forschend-entwickelnden Unterricht mit expliziten Reflexionen über den Erkenntnisprozess und punktueller Integration historischer Beispiele (vgl. Höttecke & Schecker, 2021). Die fachdidaktische Strukturierung der Reihe orientiert sich an der Sender-Strahlung-Empfänger-Konzeption (Haagen-Schützenhöfer, 2016). Die einzelnen Elemente der Unterrichtsreihe adressieren folglich jeweils sowohl einen Fachaspekt (z.B. das Reflexionsgesetz) als auch einen NOS-Aspekt (z.B. die unterschiedlichen Funktionen von Theorie und Gesetz). Die Techniken der Wissenschaftsleugnung (s. oben) als inverse Beispiele von Wissenschaftlichkeit können dabei implizit oder explizit herangezogen werden (z.B. Logische Trugschlüsse bei der Interpretation des Bedford Level Experiments zum Nachweis der flachen Erde nach Rowbotham, 1881).

Methodisches Vorgehen im Design-Based-Research-Ansatz

Im Sinne eines Design-Based-Research-Ansatzes (DBR) besteht das Projekt aus einem Entwicklungs- und einem Forschungsvorhaben. Nach der Konzeption der Unterrichtsreihe wird diese mehrfach durchgeführt und zyklisch weiterentwickelt (s. Tabelle 1). Die Unterrichtsreihe wird zunächst auf ihre Praktikabilität hin erprobt und die grundsätzliche Lernwirksamkeit bezüglich des NOS-Wissens erfasst. Bestehende und etablierte Testinstrumente können dafür adaptiert und erweitert werden (z.B. Urhahne et al., 2008; Lederman et al., 2021; Michel & Neumann, 2016). Des Weiteren lässt sich damit ermitteln, inwieweit das kontextualisierte Wissen über NOS auf andere Inhalte transferierbar ist.

Ausgehend von einer lernwirksamen Unterrichtsreihe können vertiefende Analysen bezüglich der Lernpfade von Schülerinnen und Schülern vorgenommen werden. Eigene Vorarbeiten (vgl. Zwick et al., in diesem Tagungsband) zeigen, dass es auf Individualebene mithilfe eines Mixed-Methods-Designs durchaus möglich ist, Wissensprofile von Schülerinnen und Schülern im Bereich NOS und NOSI zu erfassen und deren Veränderungen nachzuführen. Die Beschränkung auf eine Methode bleibt nur unzureichend aussagekräftig, weswegen in diesem Zyklus sowohl der schon beschriebene Test als auch Interviews und Arbeitsergebnisse herangezogen werden sollen. Die Datenerhebung erfolgt zu verschiedenen Messzeitpunkten. Auf Einzelfallebene lassen sich damit womöglich (ein Ausschnitt) typischer Lernpfade im Sinne von *learning progressions* im Bereich NOS aufdecken. Es ergeben sich folgende Forschungsfragen: Inwiefern ist kontextualisiertes Wissen über NOS transferierbar? (F1) Wie entwickelt sich das Wissen über (einzelne Aspekte der) NOS bei SuS (F2)? Welche

unterrichtlichen Gestaltungsmaßnahmen begünstigen den Erwerb (einzelner Aspekte der) NOS? (F3)

Tabelle 1: Übersicht zu den drei Zyklen des DBR-Ansatzes

| Zyklus | Zielsetzungen | Methodik | geplante Stichprobe |
|--|--|--|---------------------|
| 1 | <ul style="list-style-type: none"> - Prüfung grundsätzlicher Umsetzbarkeit der Unterrichtskonzeption - Identifikation erster Hinweise zur Lernwirksamkeit | <ul style="list-style-type: none"> - Durchführung und Analyse der praktischen Umsetzbarkeit durch Projektbeteiligte - Einholen von Schülerfeedback | 1 Klasse |
| Überarbeitung der Unterrichtskonzeption | | | |
| 2 | <ul style="list-style-type: none"> - Prüfung der Praxistauglichkeit und Lernwirksamkeit - Untersuchung des Zusammenhangs zwischen kontextualisierten und übertragbaren NOS (Forschungsfrage 1) | <ul style="list-style-type: none"> - Durchführung der Unterrichtsreihe durch erfahrene LuL - Befragung von Lehrkräften zur Praxistauglichkeit - Prä-Post-Test zur Erfassung der Lernwirksamkeit hinsichtlich des kontextualisierten und übertragbaren NOS | 8-10 Klassen |
| Überarbeitung der Unterrichtskonzeption | | | |
| 3 | <ul style="list-style-type: none"> - Aufdecken von Lernpfaden (Forschungsfrage 2) - Identifikation lernwirksamer Unterrichtsaspekte (Forschungsfrage 3) | <ul style="list-style-type: none"> - Prä-Post-Test zur Erfassung der Lernwirksamkeit hinsichtlich des kontextualisierten und übertragbaren NOS zu mehreren Messzeitpunkten - Einzelfallanalyse anhand von Interviews und Arbeitsergebnissen mit einer Teilstichprobe | 3-4 Klassen |

Perspektiven

Denkbar ist perspektivisch zunächst die Entwicklung austauschbarer Bausteine zur Umsetzung an andere Schulformen. Ebenfalls könnten die (angehenden) Lehrerinnen und Lehrer in den Blick genommen werden: Lehrkräfte haben häufig selbst eine eher naive Vorstellung von NOS. Lehrkräfte mit angemessenen Vorstellungen hingegen können diese nicht in Ihre Unterrichtspraxis integrieren (vgl. Billion-Kramer et al., 2020). Damit die erhofften Erkenntnisse folglich auch in die Praxis gelangen können, ist die Entwicklung, Durchführung und Evaluation einer Lehrerfortbildung denkbar. Ebenfalls ließe sich das Thema auch verstärkt in universitäre Lehrerbildung (nicht nur) an der Universität Paderborn integrieren. Schließlich wären auch Untersuchungen zwischen einem (un)angemessenem Verständnis von NOS und der Ausprägung von Wissenschaftsskepsis in der Bevölkerung eine spannende Anschlussfrage.

Literatur

- Allchin, D. (2011). Evaluating knowledge of the nature of (whole) science. *Science Education*, 95(3), 518–542.
- Billion-Kramer, T., Lohse-Bossenz, H., Dörfler, T., & Rehm, M. (2020). Professionswissen angehender Lehrkräfte zum Konstrukt Nature of Science (NOS): Entwicklung und Validierung eines Vignettestests (EKoL-NOS). *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 26 (1), 53–72.
- Haagen-Schützenhöfer, C. (2016). *Lehr- und Lernprozesse im Anfangsoptikunterricht der Sekundarstufe I*. Universität Wien: Habilitationsschrift, Austria.
- Henke, A. (2016). Lernen über die Natur der Naturwissenschaften – Forschender und historisch orientierter Physikunterricht im Vergleich. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 22 (1), 123–145.
- Hadenfeldt, J., Neumann, K., Bernholt, S., Liu, X., & Parchmann, I. (2016). Students' progression in understanding the matter concept. *Journal of Research in Science Teaching*, 53.
- Hofheinz, V. (2008). Erwerb von Wissen über „Nature of Science“: Eine Fallstudie zum Potenzial impliziter Aneignungsprozesse in geöffneten Lehr-Lern-Arrangements am Beispiel von Chemieunterricht. <https://dspace.ub.uni-siegen.de/handle/ubsi/357>
- Höttecke, D., & Allchin, D. (2020). Reconceptualizing nature-of-science education in the age of social media. *Science Education*, 104 (4), 641–666.
- Höttecke, D., & Hopf, M. (2018). Schülervorstellungen zur Natur der Naturwissenschaften. In H. Schecker, T. Wilhelm, M. Hopf, & R. Duit (Hrsg.), *Schülervorstellungen und Physikunterricht: Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis (271–287)*. Springer.
- Höttecke, D., & Schecker, H. (2021). Unterrichtskonzeptionen für Nature of Science (NOS). In T. Wilhelm, H. Schecker, & M. Hopf (Hrsg.), *Unterrichtskonzeptionen für den Physikunterricht: Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis (401–433)*. Springer.
- Kremer, K., & Mayer, J. (2013). Entwicklung und Stabilität von Vorstellungen über die Natur der Naturwissenschaften. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 19, 77–101.
- Lederman, N. G. (2006). Syntax Of Nature Of Science Within Inquiry And Science Instruction. In L. B. Flick & N. G. Lederman (Hrsg.), *Scientific Inquiry and Nature of Science: Implications for Teaching, Learning, and Teacher Education (301–317)*. Springer Netherlands.
- Lederman, J. S., Lederman, N. G., Bartels, S., Jimenez, J., Acosta, K., Akubo, M., Aly, S., Andrade, M. A. B. S. de, Atanasova, M., Blanquet, E., ... Wishart, J. (2021). International collaborative follow-up investigation of graduating high school students' understandings of the nature of scientific inquiry: Is progress being made? *International Journal of Science Education*, 43(7), 991–1016.
- Matthews, M. R. (2012). Changing the Focus: From Nature of Science to Features of Science. *Advances in Nature of Science Research*, 3–26.
- Michel, H., & Neumann, I. (2016). Nature of Science and Science Content Learning. *Science & Education*, 25 (9), 951–975.
- Michel, H. (2018). Nature of Science im Fachkontext Physik. https://macau.uni-kiel.de/receive/diss_mods_00024379
- Neumann, K., Viering, T., Boone, W. J., & Fischer, H. E. (2013). Towards a learning progression of energy. *Journal of Research in Science Teaching*, 50 (2), 162–188.
- Neumann, Irene. (2022). Nature of Science—Alter Hut oder relevanter denn je? In S. Habig & H. Van Horst (Hrsg.), *Unsicherheit als Element von naturwissenschaftsbezogenen Bildungsprozessen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Virtuelle Jahrestagung 2021. GDPC*.
- Neumann, I., & Kremer, K. (2013). Nature of Science und epistemologische Überzeugungen—Ähnlichkeiten und Unterschiede. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 19, 209–232.
- Priemer, B., & Lederman, N. G. (2021). Nature of Scientific Knowledge and Nature of Scientific Inquiry in Physics Lessons. In H. E. Fischer & R. Girwidz (Hrsg.), *Physics Education (113–150)*. Springer International Publishing.
- Rowbotham, S. B. (2007). *Zetetic Astronomy: Earth Not a Globe*. Forgotten Books.
- Skeptical Science-Team (2022) Techniken der Wissenschaftsleugnung. <https://skepticalscience.com/PLURV-Taxonomie-und-Definitionen.shtml>
- Urhahne, D., Kremer, K., & Mayer, J. (2008). Welches Verständnis haben Jugendliche von der Natur der Naturwissenschaften? Entwicklung und erste Schritte zur Validieren eines Fragebogens. *Unterrichtswissenschaft*, 36, 71–93.

Sarah Rau-Patschke¹
 Marisa Alena Holzapfel²

¹Universität Duisburg-Essen
²Universität Greifswald

Mischen – Rätseln – Trennen: Kreativität durch Bewegung?

Kreatives Problemlösen gilt als eine der wichtigsten Persönlichkeitseigenschaften (Runco, 2004). Problemorientierung ist im naturwissenschaftlichen Sachunterricht der Grundschule schon seit Jahren etabliert (Beinbrech, 2002). Es stellt sich also berechtigt die Frage ob und wenn ja wie kreative Lösungsansätze im problemlösenden naturwissenschaftlichen (Sach-) Unterricht gefordert und gefördert werden können.

Die hier vorgestellte Studie zieht als Möglichkeit die Integration von Bewegung in den Unterricht heran.

Theoretischer Hintergrund

Zunächst ist es wichtig zu definieren, was genau unter Kreativität zu verstehen ist und worauf sich diese bezieht, beziehungsweise worin sich diese äußert. Kreativität gliedert sich in die vier Teilbereiche kreative **Person**, kreativer **Prozess**, kreatives **Produkt** und kreatives **Umfeld**. Alle vier sind für den Sachunterricht potentiell relevant.

Unter den zahlreichen Definitionen von Kreativität erscheint daher die Folgende nach Bliersbach & Reiners (2017, S.324) für den Sachunterricht geeignet:

„Kreativität beschreibt das in jedem Menschen innewohnende Potential, mit Hilfe von verschiedenen metakognitiven Strategien, die vor allem auf dem Ausbrechen aus bekannten Strukturen und der Rekombination von Wissen beruhen, etwas für dessen jeweiliges Umfeld gleichsam Neues und Relevantes zu schaffen.“

Diese Definition umfasst alle vier Teilbereiche, die auch im Sachunterricht aufgegriffen werden können. In der hier vorgestellten Studie wird insbesondere auf die kreative Person, hier: die kreativen Schüler:innen, und den kreativen Prozess, hier: kreatives Problemlösen, fokussiert. Dabei ist besonders hervorzuheben, dass das kreative Produkt nicht nur innovativ und neu, sondern auch relevant sein muss. Dieses Detail unterscheidet auch kreatives von divergentem Denken. Das divergente Denken ist nur als „anders denken“ definiert (Runco et al., 2016). Kreatives Denken geht darüber hinaus und muss, wie in der Definition nach Bliersbach & Reiners (2017) aufgegriffen, zielführend sein.

Mit Blick auf kreatives Problemlösen im Sachunterricht muss zunächst weiterhin die Frage geklärt werden, ob und wenn ja wie Kreativität in den Sachunterricht integriert werden kann, zeigen doch einige Studien, dass Kreativität und Naturwissenschaften nicht zwingend zusammen gedacht werden sollten (z.B. Hadzigeorgiou et al., 2012; Schmidt, 2011). Sachunterrichtsstudierende verankern Kreativität jedoch insbesondere in der naturwissenschaftlichen und der technischen Perspektive, was die Ergebnisse einer aktuellen Studie belegen (Holzapfel et al., 2022). Ihrer Ansicht nach kann die Kreativität insbesondere

in diesen beiden Perspektiven gefördert werden, wird aber ebenso zum Lernen von Inhalten dieser Perspektiven benötigt.

Kreatives Problemlösen im Sachunterricht kann nach Wallas (1926) in die folgenden Schritte unterteilt werden: 1. Vorbereitung, 2. Inkubation, 3. Einsicht („Erleuchtung“) und 4. Verifikation. Damit knüpft das Problemlösen an die, dem Projekt zugrundeliegende Definition an, in dem nicht nur die Innovation (Schritt 2 und 3), sondern auch die Zielführung bzw. Verwertbarkeit (Schritt 4) als fester Bestandteil etabliert ist. Obgleich Naturwissenschaften und Kreativität nicht zwingend zusammen gedacht werden (s.o.), so ergeben sich insbesondere beim Experimentieren im naturwissenschaftlichen Sachunterricht verschiedene Möglichkeiten, kreative Prozesse anzuregen. So ist aufgrund der vier Experimentalformen nach Hartinger et al. (2013) mehr oder weniger Raum für Schüler:innen zur kreativen Entfaltung möglich: Beim eng vorgegebenen Laborieren arbeiten die Schüler:innen streng nach Vorschrift und können sich wenig einbringen, wohingegen sie beim Explorieren viel Raum zur (kreativen) Auseinandersetzung mit der Problemstellung haben.

Diese kreative Auseinandersetzung zu fördern, obliegt der Lehrkraft, indem sie eine „gelebte kreative pädagogische und didaktische Praxis (...), zu der wir unter den Voraussetzungen lebensweltlicher Bezugspunkte im Unterricht eine Anknüpfung an Selbstregulationsprozesse durch körperbasiertes Lernen zählen können“ (Gröschner & Sandbothe, 2010, S.21). Körperbasiertes Lernen wird bereits seit den 1990er Jahren eine hohe Bedeutung zugewiesen und mit einer Vielzahl an Konzepten unter dem Begriff *Bewegte Schule* umgesetzt (Städler, 2015). Dabei folgt die bewegte Schule dem umfassenden und ganzheitlich angelegten Begriff der *Salutogenese* mit dem Ziel die Heranwachsenden kompetent, selbstständig und reflektiert für ihre eigene Gesundheit tätig zu werden zu lassen (ebd.).

Elemente bewegter Schule haben sich nicht nur als förderlich für die Lernmotivation und Konzentrationsfähigkeit erwiesen, sondern auch mit Blick auf ein positives Sozialverhalten (Krüger, 2010; Müller & Petzold, 2002; Schulz, 2006).

Die lernförderlichen Elemente lassen sich nach Anrich (2002) in die vier Typen unterteilen (in Klammern (sach-)unterrichtliche Anwendungsbeispiele):

- Bewegungsanlässe (z.B. Experimentiermaterial holen, Erkundungen im Realraum, Testen von Körperfunktionen und Beweglichkeit),
- Bewegungspausen (z.B. Flitzepausen, Bewegungslieder),
- Entspannungs- & Stilleübungen (z.B. Traumreisen, Kinder-Yoga),
- themenbezogene Bewegung (z.B. thematisch passende Spiele/Simulationen, Rollenspiele).

Erkenntnisinteresse

Neuere Studien zeigen, dass Kreativität (im Sinne von divergentem Denken) davon profitiert, wenn Personen in Bewegung sind. Hierbei gibt es erste Hinweise darauf, dass eine erhöhte Kreativität vorliegt, je freier sich die Personen bewegen dürfen (Murali & Händel, 2022).

Inwiefern sich die Variation der Bewegungsreglementierung auf die kreativen Problemlöseprozesse im (naturwissenschaftlichen Sach-)Unterricht auswirkt, ist jedoch offen.

Ziel der hier vorgestellten Studienskizze soll daher die Förderung der Kreativität und der Problemlösekompetenz sein sowie die Erfassung empirischer Zusammenhänge zwischen diesen Konstrukten und bewegtem Lernen.

Anberaumtes Studiendesign

Um dieses Ziel zu erreichen, werden zunächst zwei Teilstudien durchgeführt:

Teilstudie 1: Mit einem Paper-Pencil-Fragebogen in Anlehnung an Holzapfel et al. (2022) zur Kreativität im Sachunterricht, soll ein valides Instrument entwickelt werden, welches sich den Einstellungen, Überzeugungen und Werthaltungen von $N \sim 100$ Sachunterrichtslehrkräften zu Kreativität und Bewegung im naturwissenschaftlichen Sachunterricht widmet. Neben skalierten Konstrukten zu Kreativität in Bildung und Unterricht, einer Definition von Kreativität und kreativen Methoden, werden auch vignettengestützte Fragen zur Einschätzung, Bewertung und Positionierung zu den Teilkonstrukten erfasst.

Studie 2: Im Pre-Post-Interventions-Design wird unter Variation der Bewegungsreglementierung und der Öffnung von Experimentalformen eine Förderung der Kreativität und der Problemlösefähigkeit durch Bewegung am Beispielinhalt *Trennverfahren* mit vier Klassen ($N \sim 100$) entwickelt und erprobt:

| | unbewegt / reglementiert | bewegt (Abb. 2) |
|-------------------------|-----------------------------|--------------------|
| laborieren | A | B |
| explorieren (Abb. 1) | C | D |

Abbildung 1: 4-Felder-Matrix der Variation von Experimentalform nach Hartinger et al. (2013) und Bewegungsreglementierung

Schließlich führt Teilstudie 3 die vorangegangenen Teilstudien zusammen und setzt mit einer neuen Stichprobe aus $n=50$ Lehrkräften und $n=300$ Lernenden die Wechselwirkung zwischen Lehrkraftmerkmalen und Lernzuwachs in Beziehung.

Ausblick

Aktuell befindet sich das Testinstrument für Teilstudie 1 nach Holzapfel et al. (2022) in Überarbeitung. Nach Fertigstellung werden Einstellungen, Überzeugungen und Werthaltungen von Sachunterrichtslehrkräften zu Kreativität und Bewegung im naturwissenschaftlichen Sachunterricht erhoben.

Literatur

- Anrich, C. (2002). *Bewegte Schule, bewegtes Lernen. 2. Bewegung, ein Unterrichtsprinzip. Bewegungspädagogik für weiterführende Schulen, Bewegungspausen im Unterricht, Entspannung und Stille im Klassenzimmer. 1. Aufl. Klett-Schulbuchverl.*
- Beinbrech, C. (2002). Zur Förderung des Problemlöseverhaltens im Sachunterricht. In H. Petillon (Hrsg.), *Individuelles und soziales Lernen in der Grundschule* (S. 71–78). VS Verlag für Sozialwissenschaften. https://doi.org/10.1007/978-3-322-99278-9_6
- Bliersbach, M., & Reiners, C. S. (2017). Kreativität und Chemie? *Chemie in unserer Zeit*, 51(5), 324–331. <https://doi.org/10.1002/ciuz.201700755>
- Gröschner, A., & Sandbothe, M. (2010). Kreativität fördern durch körperbasiertes Lernen. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung, Occasional Papers*, 1–27. <https://doi.org/10.21240/mpaed/00/2010.09.03.X>
- Hadzigeorgiou, Y., Fokialis, P., & Kabouropoulou, M. (2012). Thinking about Creativity in Science Education. *Creative Education*, 03(05), 603–611. <https://doi.org/10.4236/ce.2012.35089>
- Hartinger, A., Grygier, P., Tretter, T., & Ziegler, F. (2013). *Lernumgebungen zum naturwissenschaftlichen Experimentieren (Modul für SINUS an Grundschulen)*. IPN.
- Holzappel, M. A., Jaggy, A.-K., & Brückmann, M. (2022). Creativity in German Science Education in Elementary Schools: Preservice Teachers' Perspective on Whether It Is Essential, Possible or Completely Unnecessary. *Creative Education*, 13(04), 1421–1438. <https://doi.org/10.4236/ce.2022.134087>
- Krüger, M. (2010). Bewegtes Lernen im Biologieunterricht—Ein Unterrichtskonzept zur Förderung des Lernerfolgs. In *Sportunterricht* (Bd. 59, Nummer 11, S. 328–333).
- Müller, C., & Petzold, R. (2002). *Längsschnittstudie bewegte Grundschule. Ergebnisse einer vierjährigen Erprobung eines pädagogischen Konzeptes zur bewegten Grundschule. 1. Aufl. Academia-Verl.*
- Murali, S., & Händel, B. (2022). Motor restrictions impair divergent thinking during walking and during sitting. *Psychological Research*. <https://doi.org/10.1007/s00426-021-01636-w>
- Runco, M. A. (2004). Creativity. *Annual Review of Psychology*, 55(1), 657–687. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.55.090902.141502>
- Runco, M. A., Abdulla, A. M., Paek, S. H., Al-Jasim, F. A., & Alsuwaidi, H. N. (2016). Which Test of Divergent Thinking Is Best? *Creativity. Theories – Research - Applications*, 3(1), 4–18. <https://doi.org/10.1515/ctra-2016-0001>
- Schmidt, A. L. (2011). Creativity in Science: Tensions between Perception and Practice. *Creative Education*, 02(05), 435–445. <https://doi.org/10.4236/ce.2011.25063>
- Schulz, I. (2006). *Bewegung im Unterricht. Eine Möglichkeit der Gesundheitsförderung in der Schule?*
- Städtler, H. (2015). *Bewegung macht Schule. Warum brauchen wir die bewegte Schule? In Bewegung & Sport* (Bd. 69, Nummer 1, S. 6–9).
- Wallas, G. (1926). *The art of thought*. <http://archive.org/details/theartofthought>

Fortentwicklung eines Testinstruments zur Variablenkontrollstrategie

Motivation

Unter verschiedenen experimentellen Kompetenzen nimmt die Variablenkontrollstrategie (VKS) einen besonderen Stellenwert ein. In der Analyse von Studiendaten¹ mit einem Testinstrument der VKS sind Potentiale zur Weiterentwicklung des CVSI (Control-of-Variables Strategy Inventory) von Schwichow et al. (2016) festgestellt worden. Schwerpunkt der Auswertung war vor allem die Untersuchung der Distraktoren, um ein tieferes Verständnis der VKS zu erhalten (vgl. Winkens et al., eingereicht). In diesem Beitrag soll ein Ansatz zur Genese eines veränderten Item-Designs dargelegt und begründet werden, dessen Ziel die Erweiterung und Verbesserung der Diagnosemöglichkeiten hinsichtlich der VKS ist.

Theoretischer Hintergrund

Basis für ein grundlegendes Verständnis der VKS und damit auch essentiell für die Weiterentwicklung des Testinstruments sind die vier Teilfähigkeiten, in die die VKS in der Literatur unterteilt wird. Neben den Fähigkeiten zur gezielten Identifikation kontrollierter Experimente aus einer Auswahl an kontrollierten und konfundierten Experimenten (ID) und zur Interpretation der Befunde konfundierter Experimente (IN) zählen dazu auch die Fähigkeiten zur Planung kontrollierter Experimente (PL) sowie zum Verständnis der fehlenden Aussagekraft konfundierter Experimente (UN) (vgl. Schwichow & Nehring, 2018, S. 219; vgl. Schwichow et al., 2016, S. 217). Die entwickelten Test-Items des CVSI zielen dabei auf jeweils eine der vier genannten Teilfähigkeiten ab.

Für eine konzeptionelle Analyse der Kompetenzen zur VKS sollte bei der Auswertung der Test-Items zusätzlich auch die Gestaltung der Distraktoren und ihre Attraktivität untersucht werden, um Verständnisschwierigkeiten und den Kompetenzaufbau zur VKS nachvollziehen zu können. Hierzu kann ein Kompetenzstufenmodell nach Hammann (vgl. Abb. 1) auf Basis des SDDS-Modells (vgl. Klahr und Dunbar, 1988) herangezogen werden. Die Kompetenz der VKS kann in diesem Modell insbesondere bei der Suche im Experimentier-Suchraum verankert werden (vgl. Hammann, 2004, S. 200–201).

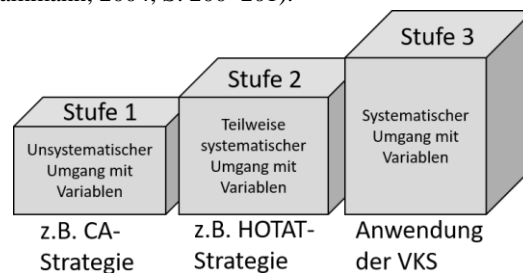


Abb. 1: Vereinfachte Darstellung des Kompetenzstufenmodells zur Suche im Experimentier-Suchraum. Eigene Darstellung nach Hammann, 2004, S. 201–202, Abb. sind im Text erklärt.

¹ Die Daten der Analyse entstammen einer Studie von Goertz (2022).

Hamman beschreibt u.a. in seinem Modell, dass unterschiedliche Strategien in Abhängigkeit vom zugrunde liegenden Kompetenzniveau einer Person genutzt werden und dabei unterschiedliche Grade der Systematik aufweisen (vgl. ebd., S. 197–202 und Abb. 1). Über die dritte Stufe hinaus formuliert Hamman noch eine vierte Stufe, die sich auf den Aspekt des systematischen Umgangs mit Variablen in unbekanntem Domänen bezieht (vgl. Hamman, 2004, S. 201–202). Einen Forschungsansatz bietet hier die Überprüfung von Erkenntnissen, dass unterschiedliche Kontexte keinen Einfluss auf die Schwierigkeit von VKS-Test-Items haben sollten (vgl. Schwichow et al., 2016, S. 14).

Design der Test-Items

In der Studie von Goertz (2022) wurden zu allen vier VKS-Teilfähigkeiten Items aus verschiedenen Inhaltsfeldern eingesetzt, davon je drei des Typs ID, IN und UN sowie zwei des Typs PL. Die Diskussion über das Aufgabendesign soll beispielhaft für den Item-Typ ID (zur Teilfähigkeit Identifizieren kontrollierter Experimente) dargestellt werden. In Tab. 1 ist in der Spalte Antwortmöglichkeiten das bisherige Item-Schema dargestellt. In jedem Item werden vier Experimente (A-D) vorgelegt, die jeweils aus zwei Experimentalansätzen bestehen. Jede von drei Variablen kann dabei zwei unterschiedliche Ausprägungen (in der Spalte Antwortmöglichkeiten der Tab. 1 blau bzw. orange gekennzeichnet) annehmen. Bei allen Items des Typs ID stellt Antwort B als variablenkontrolliertes Experiment die richtige Lösung dar.

Tab. 1: Design der drei Items vom Typ ID. Die blaue bzw. orange Färbung in der Spalte Antwortmöglichkeiten steht für jeweils eine von zwei möglichen Variablenausprägungen. Unter VKS-Design ist die jeweilige Veränderung zwischen zwei im Test-Item dargestellten Aufbauten abstrahiert. Die Variablen können entweder konstant bleiben (C) oder variiert werden (V), wobei der Index „T“ angibt, dass diese Variable die Testvariable ist. In der Spalte VKS-Design sind gleiche Item-Designs in gleicher Weise farblich hinterlegt (s. Text).

| Item | VKS-Design | | Antwortmöglichkeiten | | Legende |
|--------|----------------------|----------------------|----------------------|----|------------------|
| Item 1 | A) CV _T V | B) CV _T C | A) | B) | : Eiswürfelmenge |
| | C) VC _T V | D) VV _T V | C) | D) | : Wassermenge |
| Item 2 | A) VV _T V | B) CV _T C | A) | B) | : Batteriegröße |
| | C) CC _T C | D) VC _T V | C) | D) | : Leitermaterial |
| Item 3 | A) VV _T V | B) CV _T C | A) | B) | : Batteriegröße |
| | C) CC _T V | D) CV _T V | C) | D) | : Raumtemperatur |

In der Spalte VKS-Design sind die den Distraktoren zugrunde liegenden Strategien herausgearbeitet. Die farbliche Codierung zeigt für die unterschiedlichen Items, dass sich jeweils unterschiedliche Strategie-Kombinationen in den Items identifizieren lassen. Während die richtige Anwendung der VKS grün codiert ist, sind noch fünf weitere, falsche Strategien möglich:

- Rot: Change all-Strategie (CA); alle Variablen werden verändert (vgl. Tschirgi, 1980, S. 3).
- Blau: hold one thing at time-Strategie (HOTAT); alle Variablen außer die Testvariable werden verändert (vgl. Tschirgi, 1980, S. 2).

- Gelb: Testvariable + eine weitere Variable werden verändert.
- Grau: Testvariable + eine weitere Variable bleiben konstant; die andere wird verändert.
- Weiß: Alle Variablen werden konstant gehalten.

Durch die Farbcodierung der verschiedenen VKS-Strategien in den Antwortoptionen in Tab. 1 wird sofort deutlich, dass in allen drei Test-Items verschiedene Kombinationen von Fehlvorstellungen bei der Konstruktion der Testaufgaben zum Tragen kommen – zusätzlich zu den drei variierenden Kontexten. Dass diese Fehlvorstellungen auch noch verschiedenen Kompetenzstufen zugeordnet werden können und dabei - je nach Item – in verschiedenen Kombinationen angeboten werden, erschwert eine verlässliche Diagnostik der erreichten Kompetenzniveaus und ihrer möglichen Entwicklung zusätzlich. Zudem kann neben der Wahl der Kombinationen in den Lösungsoptionen auch die Häufigkeit, mit der sich einzelne VKS-Strategien in den Antwortoptionen wiederfinden, die Auswahl durch Probanden beeinflussen. Die genannten Aspekte erschweren die verlässliche Diagnose des Lernstands der SuS bezüglich der VKS, die für eine (individuelle) Förderung der VKS jedoch wesentlich ist.

Eine Änderung des Item-Designs, wie in Abb. 2 dargestellt, auf sechs anstatt nur vier Antwortoptionen ermöglicht alle potenziellen Strategien in diesem Setting (drei Variablen in zweifach möglicher Ausprägung) gleichberechtigt zu erfassen.

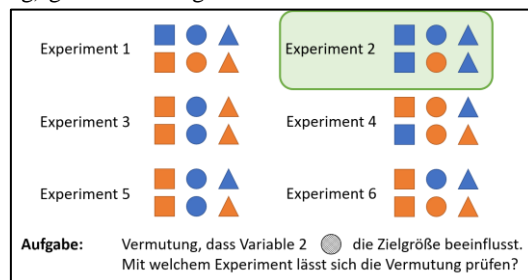


Abb. 2: Schema des neuen Items-Designs zur Diagnose der VKS- Teilfähigkeit Identifizieren kontrollierter Experimente (Typ ID). Die richtige Antwort ist grün markiert.

Dies bietet im Hinblick auf das Verständnis und die Förderung der VKS drei Perspektiven. Erstens können bei Probanden typische fehlerhafte Verhaltensmuster identifiziert werden, was perspektivisch ein gezieltes Feedback und damit eine effektivere Förderung ermöglicht. Zweitens bietet der neue Ansatz eine Grundlage, um Probanden auf Basis eines Kompetenzmodells je nach (Teil-)Systematik ihrer Antworten in einen Niveaubereich einzuordnen. Dadurch können auch fundiertere Aussagen in Prä-Post-Studien getroffen werden. Drittens ermöglicht das neue Item-Design Untersuchungen, inwiefern unterschiedliche (bekannte und unbekannte) Kontexte mit der Beherrschung der VKS zusammenhängen.

Zusammenfassung und Ausblick

Zur Erweiterung und Verbesserung der Diagnosemöglichkeiten eines VKS-Testinstruments wurde das zugrundeliegende Item-Design exemplarisch für einen Item-Typ (ID: Identifikation kontrollierter Experimente) analysiert. Bei der Diskussion wurde insbesondere berücksichtigt, dass sich die Distraktoren der Test-Items hinsichtlich der Systematik und damit auch der Schwierigkeit differenzieren lassen. Es wird die Berücksichtigung aller potentiell zugrunde liegender Strategien in den Antwortmöglichkeiten vorgeschlagen, die das diagnostische Potential des Testinstruments deutlich erweitert.

Literatur

- Goertz, S. (2022). Module und Lernzirkel der Plattform FLeXKom zur Förderung experimenteller Kompetenzen in der Schulpraxis - Verlauf und Ergebnisse einer Design-Based Research Studie. Berlin: Logos Verlag Berlin GmbH.
- Hammann, M. (2004). „Kompetenzentwicklungsmodelle: Merkmale und ihre Bedeutung- dargestellt anhand von Kompetenzen beim Experimentieren“. In: Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht 57(4), S. 196–203.
- Klahr, D. & Dunbar, K. (1988). „Dual Space Search During Scientific Reasoning“. In: Cognitive Science 12, S. 1–48.
- Schwichow, M., Christoph, S., Boone, W.J. und Härtig, H. (2016). „The impact of sub-skills and item content on students' skills with regard to the control-of-variables strategy“. In: International Journal of Science Education 38(2), S. 216–237.
- Schwichow, M. & Nehring, A. (2018). „Variablenkontrolle beim Experimentieren in Biologie, Chemie und Physik: Höhere Kompetenzausprägungen bei der Anwendung der Variablenkontrollstrategie durch höheres Fachwissen? Empirische Belege aus zwei Studien“. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 24, S. 217–233.
- Tschirgi, J. E. (1980). „Sensible reasoning: A hypothesis about hypotheses“. In: Child Development 51(1), S. 1–10.
- Winkens, T., Goertz, S., & Heinke, H. (2022, eingereicht). Analyse des Kompetenzaufbaus zur Variablenkontrollstrategie mithilfe von Sankey-Diagrammen. PhyDid B – Didaktik der Physik – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung in Heidelberg.

Christian Georg Strippel¹
 Lena Finger¹
 Joachim Wirth¹
 Katrin Sommer¹

¹Ruhr-Universität Bochum

Wahrgenommene Authentizität von chemischen Schülerlaborprojekten

Authentizität bei der Vermittlung im Schülerlabor Ein zentrales Anliegen von Schülerlaboren als Orte der Wissenschaftsvermittlung ist ein authentischer Einblick in wissenschaftliches Denken und Handeln für die Schüler:innen (Sommer et al., 2018) Authentizität der Wissenschaftsvermittlung wird dabei als mehrdimensionales Konstrukt verstanden, das die Dimensionen Ort, Person, Vorgehen sowie Innovation unterscheidet. Sie muss von den Schüler:innen in dem konkreten Lehr-Lern-Arrangement wahrgenommen werden, um Auswirkungen auf unterschiedliche, für die Wissenschaftsvermittlung relevante Variablen zu haben (z.B. Motivation, Interesse, Wissen) (Betz et al., 2016; Nachtigall et al., 2018).

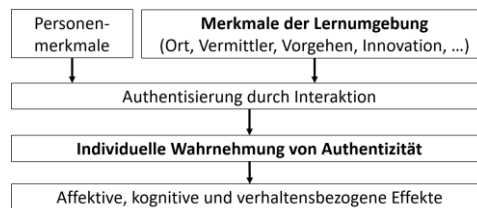


Abb. 1: Modell der Authentizität (verändert nach Betz et al., 2016)

Chemie-Projekte im Alfred Krupp-Schülerlabor der Wissenschaften (AKS) Im Alfred Krupp-Schülerlabor der Wissenschaften (AKS) wird eine Vielzahl von Chemieprojekten angeboten. Im Hinblick auf die wahrzunehmende Authentizität lassen sich bei den Projekten sowohl Gemeinsamkeiten als auch Unterschiede annehmen. Grundsätzlich ist den Projekten die Dimension „Ort“ gemeinsam. Alle Projekte finden im biologisch-chemischen Labor des AKS – ein Labor mit vier Steharbeitsbänken und Arbeitsplätzen für 32 Personen – statt. Auch die Dimension „Vermittler“ ist in allen Projekten gleich. Die Projekte werden von studentischen bzw. wissenschaftlichen Hilfskräften mit dem Studienfach Chemie angeleitet. Ein potentiell unterschiedliches Ausmaß an wahrzunehmender Authentizität wird in Bezug auf die Dimension „Innovation“ (z.B. Mitarbeit an einer wissenschaftlichen Fragestellung) und die Dimension „Vorgehen“ (z.B. Einsatz wissenschaftlicher Methoden) realisiert. Zwei Projekte, bei denen diese beiden Dimensionen unterschiedlich ausgeprägt sind, aber fachlich ein ähnlicher Gegenstand betrachtet wird, sind „Ein blaues Wunder erleben“ und „Aspirin – Medizin deines Lebens“ (s. Tab. 1).

Tab. 1: Vergleich der zu untersuchenden Schülerlaborprojekte

| | „Blaues Wunder“ | „Aspirin“ |
|-------------------------------|---|--|
| Thema | Herstellung von Lavendelöl | Herstellung von Aspirin |
| Fachlicher Hintergrund | Synthese von Linalylacetat durch Veresterung | Synthese von Acetylsalicylsäure durch Veresterung |
| Dimension „Innovation“ | Explorative Untersuchung einer naturwissenschaftlichen Fragestellung | Nacharbeiten einer rezeptartigen Versuchsvorschrift ohne Fragestellung |
| Dimension „Vorgehen“ | Variablenkontrollierte Synthese mit systematischer Variation der Temperatur, Ausbeuteberechnung, Dünnschichtchromatographie | Variablenkontrollierte Synthese ohne Variation, Ausbeuteberechnung, Dünnschichtchromatographie, Schmelzpunktbestimmung |

Fragestellung und Hypothesen Vor dem Hintergrund des Modells der Authentizität und der inhaltlichen Betrachtung der Projekte des AKS wurde folgende Forschungsfrage gestellt: *Inwiefern unterscheidet sich die von SuS wahrgenommene Authentizität im Projekt „Blaues Wunder“ von der wahrgenommenen Authentizität im Projekt „Aspirin“?*

Aufbauend auf dem Vergleich der beiden Projekte wurden folgende Hypothesen aufgestellt: *H1a: Es zeigen sich keine Unterschiede hinsichtlich der wahrgenommenen Authentizität für „Ort“ und „Vermittler“.*

H1b: Die wahrgenommene Authentizität für „Innovation“ und „Vorgehen“ ist in „Blaues Wunder“ höher als in „Aspirin“.

Design und Methode Die Untersuchung erfolgt in einem quasi-experimentellen Design. Die bisherige Stichprobe umfasst $N = 155$ Schüler:innen aus neun Kursen, die sich auf beide Projektstage verteilen ($n_{\text{Blaues Wunder}} = 109$, Alter $M = 16.31$, $SD = .95$; $n_{\text{Aspirin}} = 46$, Alter $M = 17.04$, $SD = .87$). Zur Beantwortung der Fragestellung wurde die Authentizitätswahrnehmung unmittelbar nach dem Projekttag mit dem FEAWA (Finger et al., 2022) erhoben. Die Reliabilität war mit $.643 \leq \alpha \leq .794$ (für $233 \leq N \leq 237$)¹ akzeptabel bis zufriedenstellend (Gäde et al., 2020). Zur inferenzstatistischen Betrachtung der Daten wurden einseitige t-Tests angewendet.

¹ Zur Absicherung des Instruments wurden zusätzliche Daten in weiteren Projekten erhoben.

Ergebnisse Die wahrgenommene Authentizität in den Dimensionen „Ort“ (M=4.40, SD=.64) und „Vorgehen“ (M=4.51, SD=.44) ist über beide Projekte hinweg hoch. Die Wahrnehmung der Authentizität in der Dimension „Vermittler“ ist etwas geringer (M=3.66, SD=.94), liegt jedoch höher als die wahrgenommene Authentizität der „Innovation“ (M=2.60, SD=1.16). In den Dimensionen „Ort“, „Vermittler“ und „Vorgehen“ unterscheidet sich die Wahrnehmung der Authentizität nicht

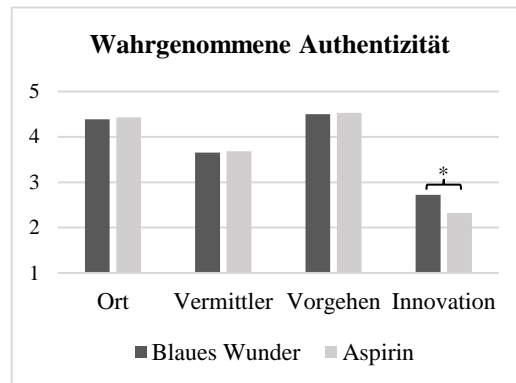


Abb. 2: Wahrgenommene Authentizität in den beiden untersuchten Schülerlaborprojekten

zwischen den beiden Projekten. In Bezug auf die Dimension „Innovation“ ist die wahrgenommene Authentizität im Projekt „Blaues Wunder“ signifikant höher als im Projekt „Aspirin“, $t(72,467)=1.875$, $p=.032$, $d = .44$.

Diskussion Im Hinblick auf die wahrgenommene Authentizität der beiden untersuchten Schülerlaborprojekte werden die Hypothesen bisher wie folgt bewertet:

H1a wird bestätigt: Es zeigen sich keine signifikanten Unterschiede im Hinblick auf die wahrgenommene Authentizität von „Ort“ und „Vermittler“.

H1b wird bisher nur teilweise bestätigt: Die wahrgenommene Authentizität der „Innovation“ ist in „Blaues Wunder“ signifikant höher. Es zeigen sich keine Unterschiede für die wahrgenommene Authentizität für „Vorgehen“.

Für die Dimension „Vorgehen“ zeigt sich, dass der authentische Einsatz chemischer Fachmethoden bereits als sehr authentisch wahrgenommen wird. Die zusätzliche Variation der Temperatur im Projekt „Blaues Wunder“ erhöht möglicherweise die wahrgenommene Authentizität nicht deutlich oder wird in Form eines Deckeneffekts nicht durch die Skala abgebildet. In der Dimension „Innovation“ zeigt sich deskriptiv in beiden Projekten nur eine mittlere wahrgenommene Authentizität. Hier zeigt sich möglicherweise, dass Schüler:innen bewusst ist, dass sie in einem klassischen Schülerlaborprojekt in einem Vermittlungskontext arbeiten. Gleichzeitig weist die signifikant höhere wahrgenommene Authentizität im Projekt „Blaues Wunder“ möglicherweise darauf hin, dass die Bearbeitung einer authentischen Forschungsfrage die wahrgenommene Authentizität der „Innovation“ zumindest erhöhen kann.

Ausblick Die Studie wird fortgeführt, um die Stichprobe zu erweitern und die Berücksichtigung der Mehrebenenstruktur in den Daten zu ermöglichen. Darauf aufbauend ist eine Intervention zur gezielten Beeinflussung der wahrgenommenen Authentizität geplant. Darüber hinaus soll die Betrachtung von Zusammenhängen mit dem aktuellen Interesse ermöglicht werden.

Literatur

- Betz, A., Flake, S., Mierwald, M., & Vanderbeke, M. (2016). Modelling authenticity in teaching and learning contexts. A contribution to theory development and empirical investigation of the construct. In *Transforming Learning, Empowering Learners: The International Conference of the Learning Sciences (ICLS)* (S. 815–818). Singapore: International Society of the Learning Sciences.
- Finger, L., van den Bogaert, V., Fleischer, J., Raimann, J., Sommer, K., & Wirth, J. (2022). Das Schülerlabor als Ort authentischer Wissenschaftsvermittlung? Entwicklung und Validierung eines Fragebogens zur Erfassung der Authentizitätswahrnehmung der Wissenschaftsvermittlung im Schülerlabor. *Zeitschrift Für Didaktik der Naturwissenschaften*, 28(1). <https://doi.org/10.1007/s40573-022-00139-4>
- Gäde, J. C., Schermelleh-Engel, K., & Werner, C. S. (2020). Klassische Methoden der Reliabilitätsschätzung. In H. Moosbrugger & A. Kelava (Hrsg.), *Lehrbuch. Testtheorie und Fragebogenkonstruktion* (3. Aufl., S. 305–334). Berlin: Springer.
- Nachtigall, V., Keuschnig, A., Behrendt, L., & Brune, L. Authentic Learning and Teaching in an Out-of-School Lab: First Steps towards Empirical Investigation of a Theoretical Model. In *Rethinking Learning in the Digital Age: Making the Learning Sciences Count, 13th International Conference of the Learning Sciences (ICLS) 2018* (Vol. 2, S. 1061–1064).
- Sommer, K., Wirth, J., & Rummel, N. (2018). Authentizität der Wissenschaftsvermittlung im Schülerlabor – Einführung in den Thementeil. *Unterrichtswissenschaft*, 46(3), 253–260. <https://doi.org/10.1007/s42010-018-0022-z>

Xenia Schäfer¹
Sebastian Habig¹

¹FAU Erlangen-Nürnberg

Aktivitätsgebundene Erfassung motivationaler Faktoren im Schüler:innenlabor

Ausgangslage

Die Zahl der MINT-Berufseinstiege, insbesondere bei Ausbildungsberufen, ist in den letzten Jahren gesunken (Köller et al., 2021; PISA, 2016). Da Berufswahlentscheidungen vom Interesse abhängen (Su et al., 2019), welches im MINT-Bereich im Laufe der Sekundarstufe I wiederum einen rückläufigen Trend verzeichnet (Köller et al., 2020), ist es ein günstiger Ansatzpunkt diesen Trends durch Förderung von Interesse an MINT-Themen zu begegnen.

Theoretischer Hintergrund

Der Interessensfokus von Schüler:innen in MINT-Fächern liegt eher auf der **Aktivitätsform** als auf Inhalt oder Thema (Swarat et al., 2012). Die Aktivitätsform bleibt bei der Untersuchung von MINT-Interessensstrukturen jedoch häufig unberücksichtigt (Blankenburg & Scheerso, 2018) und wird daher durch das **RIASEC+N-Modell** der Interessensdimensionen während naturwissenschaftlicher Tätigkeiten (vgl. Abbildung 1) aufgegriffen (Dierks et al., 2016).

| | | |
|--|---|-----------------------------------|
| (R) Realistic: Durchführung eines Versuchs nach Anleitung | (S) Social: Unterstützung von Gruppenmitgliedern | (N) Networking: Diskussion |
| (I) Investigative: Interpretation von Versuchsergebnissen | (E) Enterprising: Vorstellen von Versuchsergebnissen | |
| (A) Artistic: Anfertigen einer Versuchsskizze | (C) Conventional: Notieren von Messergebnissen | |

Abb.1: Aktivitätsphasen nach RIASEC+N (nach Dierks et al., 2016) und exemplarische Tätigkeiten, die im Laborprogramm umgesetzt wurden.

Interesse als Beziehung zwischen einer Person und einem Interessensgegenstand (**Person-Gegenstands-Theorie** nach Krapp, 1992) ist ein multidimensionales Konstrukt, das aus einer emotionalen, wertbezogenen und epistemischen Komponente zusammengesetzt sein kann. Der Interessensgegenstand kann z.B. ein Objekt, eine Idee oder eine Tätigkeit sein. Krapp unterscheidet hierbei zwischen dem **situativen und individuellen Interesse**. Erstere Variante beschreibt einen aktuell vorherrschenden psychologischen Zustand (**State**), der durch äußere Faktoren (z. B. Tätigkeit) getriggert wird. Das individuelle Interesse hingegen gilt als ein eher stabiles Persönlichkeitsmerkmal (**Trait**), das primär (aber nicht ausschließlich) internal angetrieben wird (Alberts et al., 2022). Die Varianten schließen sich nicht gegenseitig aus, sondern wechselwirken im Sinne einer **Trait-State-Interessens-Dynamik** miteinander (Su et al., 2019).

Diese Dynamik findet man auch im **Erwartung-mal-Wert-Modell** wieder (Eccles & Wigfield, 2020). Mit Hilfe des Modells lässt sich präzisieren, ob eine motivationsgeleitete Handlung im akademischen Kontext ausgeführt wird. Wesentliche Einflussgrößen sind hierbei **Erfolgsenerwartungen** und **subjektiv wahrgenommene Aufgabenwerte**.

Gerade das Konstrukt der subjektiven Werte bedarf einer näheren Aufschlüsselung in vier Typen (Rosenzweig et al., 2019), da hier Potenzial für motivationsbezogene Analysen auf Feinstruktur-Ebene besteht. Gegenüber *Intrinsic Value* (Interesse/Freude), *Attainment Value* (persönliche Bedeutung) und *Utility Value* (Nützlichkeit) steht der Typ *Relative Cost*, der die negativen Begleiterscheinungen oder Konsequenzen einer Tätigkeit umfasst.

Forschungsfragen

Allgemeines Ziel ist es, Momentaufnahmen von motivationalen Faktoren bei typischen naturwissenschaftlichen Tätigkeiten zu generieren. Für jede Tätigkeit soll die Ausprägung und die Trait-State-Interessensdynamik (Latent-State-Trait-Analyse) unter Zuzug der individuellen Lernvoraussetzungen (Traits) untersucht werden. Für die Erhebung der States (situative Maße) wurden subjektive Werte ausgewählt, die zu einem Ziel hin motivieren (Intrinsic Value) sowie motivational von einem Ziel wegführen (Emotional Cost). Diese Überlegungen generieren folgende Forschungsfragen:

FF1: Inwiefern verändern sich **situatives Interesse (emotionale Valenz)** und **emotionale Kosten** in Abhängigkeit von der Aktivitätsphase im außerschulischen Lernort Schüler:innenlabor?

FF2: Welchen Einfluss haben individuelle Lernvoraussetzungen auf die Ausprägungen des **situativen Interesses (emotionale Valenz)** und **der emotionalen Kosten** in Abhängigkeit von der Aktivitätsphase im außerschulischen Lernort Schüler:innenlabor?

Forschungsdesign

Bei den meisten RIASEC+N-basierten Studien wird die Trait-Komponente des Interesses an den Tätigkeiten via Fragebogen erhoben (Höft & Bernholt, 2019). Dazu werden die Aktivitäten nicht ausgeführt. Dies ist für die Erfassung der State-Komponente allerdings von Nöten und erfordert ein Studiendesign, bei dem die motivationalen Faktoren abhängig von der jeweiligen Aktivität in Echtzeit per Fragebogen erfasst werden.

Die Erhebung ist in ein Schüler:innenlaborprogramm (Leitthema Ozeanversauerung) eingebettet, welches speziell für diesen Zweck entwickelt wurde und alle RIASEC+N-Aktivitäten (exemplarisch) beinhaltet.

Im Anschluss an eine theoretische Einführung findet die Erhebung der individuellen Lernvoraussetzungen (Individuelles Interesse, Selbstkonzept, Selbstwirksamkeitserwartung, Lernmotivation) bezüglich Chemie, sowie Geschlecht, Alter und letzter Chemie-Note statt.

Im Labor erfolgt die Bearbeitung von Versuchs-Stationen in Kleingruppen, angeleitet durch ein digitales Laborjournal via Tablet.

Die situativen Messungen sind auf den gesamten Labortag (Dauer ca. sechs Stunden) verteilt. Für die Pilotierung wurde der Fragebogen zur aktuellen Motivation (FAM) von Rheinberg et al. (2001) eingesetzt. Aufgrund des Item-Designs bestand die Notwendigkeit eines Mess-Musters, welches die Erhebung vor der Durchführung der Tätigkeit verlangt und wie folgt umgesetzt wurde:

1. Die aktuell im Fokus stehende RIASEC+N-Aktivität wird angekündigt (Beispiel für die Artistic-Phase: „Du wirst gleich eine Zeichnung vom aufgebauten Versuch anfertigen.“).
2. Der FAM wird bezogen auf diese Aktivität ausgefüllt.
3. Die angekündigte Aktivität wird durchgeführt.

Pilotierungs-Ergebnisse und Limitationen

Die Stichprobe ($N = 136$) setzt sich aus Schüler:innen der Sekundarstufe I ($M = 15.4$, $SD = .748$) an Mittel- und Realschulen zusammen. In Abbildung 2 sind die Mittelwerte der Scores (siebenstufige Likert-Skala) für jede RIASEC+N-Aktivität aufgetragen. Dem Diagramm ist zu entnehmen, dass die Unterschiede zwischen den einzelnen Subskalen in allen Aktivitätsphasen sichtbar sind, deutliche Unterschiede zwischen den Aktivitätsphasen jedoch ausbleiben. Eine Ausnahme bildet die Enterprising-Aktivität (E), bei der die Schüler:innen aufgefordert wurden ihre Versuchsergebnisse vor der Klasse vorzustellen.

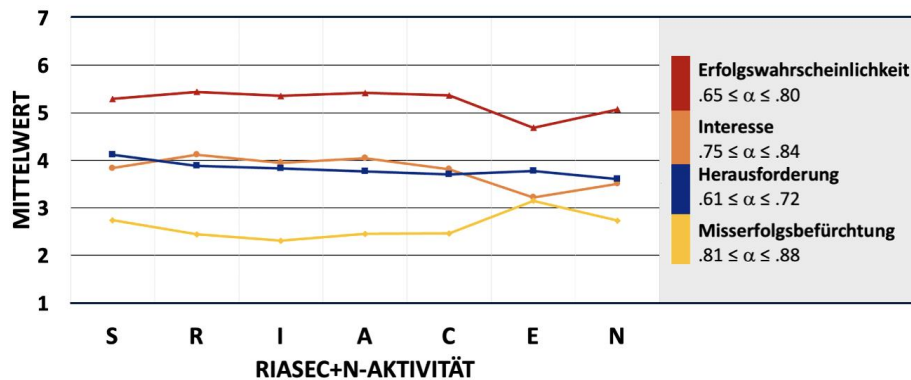


Abb. 2: Ausprägung der situativen Maße in Abhängigkeit von der Aktivität. Die Reihenfolge der Auftragung im Diagramm entspricht in etwa der Erhebungsreihenfolge im Laborprogramm.

Das Generieren der Vorstellung über eine Tätigkeit durch Ankündigung schien nicht zielführend zu sein, da situationsbezogene Interessensunterschiede möglicherweise nicht gemessen werden konnten. Die Schüler:innen schienen zu jedem Messzeitpunkt ein Ranking von einer tätigkeitsunabhängigen Laborerfahrung vorzunehmen.

Ausblick: Implikationen und darauf basierende Planung der Hauptstudie

Der Messzeitpunkt ist entscheidend und sollte nach der Durchführung einer Aktivität angesetzt sein. Für Erhebungen mit Messwiederholungen wird zum Einsatz von Kurzskalen geraten (Alberts et al., 2022).

Für die Hauptstudie wird deshalb der Einsatz der Kurzskala zur intrinsischen Motivation (KIM nach Wilde et al., 2009) angestrebt, die in einer vorgeschalteten Erhebungsphase zum Einsatz kommen soll. Die RIASEC+N-Aktivitäten wären folglich nicht mehr auf den gesamten Labortag verteilt, sondern würden an einem einzelnen Laborversuch von allen Proband:innen gemeinsam und moderiert durch die Versuchsleitung durchlaufen werden. Das Ranking soll minimalinvasiv nach Durchführung der Tätigkeit und auf ein Signal der Versuchsleistung hin auf Tablets erfolgen. Zur Validierung per **Methoden-Triangulation** sind halbstrukturierte Gruppen-Interviews angedacht (Döring & Bortz, 2016), die sich auf die durchlaufenen RIASEC+N-Phasen beziehen und während der Arbeit an den Stationen geführt werden sollen. Die quantitativ erfassten Levels sollen mit qualitativen Daten abgeglichen werden und erweitern das Studiendesign zu einem **Mixed-Methods-Ansatz**.

Literatur

- Alberts, K. M., Beymer, P. N., Phun, V., & Schmidt, J. A. (2022). Examining a utility value intervention among early adolescents: Trajectories of situational interest and boredom. *Learning and Individual Differences*, 96
- Blankenburg, J., & Scheersoi, A. (2018). Interesse und Interessenentwicklung. In: Krüger, D., Parchmann, I., Schecker, H. (eds) *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung*. Berlin, Heidelberg: Springer
- Dierks, P., Höffler, T., Blankenburg, J., Peters, H. & Parchmann, I. (2016). Interest in science: a RIASEC-based analysis of students' interests. *International Journal of Science Education*, 38:2, 238-258
- Döring, N., & Bortz, J. (2016). *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften* (5. Aufl.). Berlin, Heidelberg: Springer
- Eccles, J., & Wigfield, A. (2020). From expectancy-value theory to situated expectancy-value theory: A developmental, social cognitive, and sociocultural perspective on motivation. *Contemporary Educational Psychology*
- Höft, L., & Bernholt, S. (2019). Longitudinal couplings between interest and conceptual understanding in secondary school chemistry: an activity-based perspective. *International Journal of Science Education*, 41:5, 607-627
- Köller, O., Steffensky, M., Ebner, R., Fecht, D., André, J., Hammer, V., & Stork, C. (2021). *MINT Nachwuchsbarometer 2021*. München, Hamburg: acatech, Körber-Stiftung
- Köller, O., Steffensky, M., Ebner, R., Gokus, S., Lange, T., André, J., Stork, C. (2020). *MINT Nachwuchsbarometer 2020*. München, Hamburg: acatech, Körber-Stiftung
- Krapp, A. (1992). Das Interessenskonstrukt. Bestimmungsmerkmale der Interessenshandlung und des individuellen Interesses aus der Sicht einer Person-Gegenstands-Konzeption. In Krapp, A., & Prenzel, M. (ed.), *Interesse, Lernen, Leistung. Neuere Ansätze einer pädagogisch-psychologischen Interessensforschung*, 26, 297-330. Münster: Aschendorff
- PISA: Reiss, K., Sälzer, C., Schiepe-Tiska, A., Klieme, E., & Köller, O. (2016). *PISA 2015. Eine Studie zwischen Kontinuität und Innovation*. Münster, New York: Waxmann
- Rheinberg, F., Vollmeyer, R., & Burns, Bd. (2001). QCM: A questionnaire to assess current motivation in learning situations. *Diagnostica*, 47
- Rosenzweig, E. Q., Wigfield, A., & Eccles, J. S. (2019). Expectancy-value theory and its relevance for student motivation and learning. In Renninger, K. A., & Hidi, S. E. (Eds.), *The Cambridge handbook of motivation and learning*. 617–644. Cambridge University Press
- Swarat, S., Ortony, A., & Revelle, W. (2012). Activity matters: Understanding student interest in school science. *Journal of Research in Science Teaching*, 49, 515-537
- Su R., Stoll G., & Rounds J. (2019). The nature of interests: Toward a unifying theory of trait–state interest dynamics. In Nye C. D., & Rounds J. (Eds.), *Vocational interests: Rethinking their role in understanding workplace behavior and practice*. SIOP organizational frontiers series. New York: Routledge
- Wilde, M., Bätz, K., Kovaleva, A., & Urhahne, D. (2009). Überprüfung einer Kurzsкала intrinsischer Motivation (KIM). *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 15, 31-45

Darius Mertlik¹
Paul Böning¹

¹Technische Universität Dresden

Bewerten und Argumentieren am außerschulischen Lernort - Entwicklung eines Analyseinstruments

Problementfaltung

Außerschulische Lernorte bieten neben unmittelbaren Lebensweltbezügen u.a. die Potentiale, den Schulunterricht zu öffnen und in Kontakt mit Expert:innen zu treten (Kuske-Janßen, Niethammer, Pospiech, Wieser, Wils & Wilsdorf, 2020, S. 24 ff.). Authentische Kontexte am Lernort ermöglichen den Zugang für die Auseinandersetzung mit fächerübergreifenden Themen und darüber die Förderung von fachlichen und überfachlichen Kompetenzen. Besonders vielversprechend ist hier die Förderung von Gestaltungskompetenz, die im Rahmen der Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) an Bedeutung gewinnt. Zentrales Moment ist hierbei der Ansatz des ganzheitlichen Lernens (Jakob, 2020, S. 22), dessen Anspruch auf Lernerorientierung naturwissenschaftsdidaktisch z.B. im Rahmen von Kontextforschung diskutiert wird (z.B. van Vorst et. al., 2015).

Die Befähigung zur aktiven Mitgestaltung der eigenen Umwelt erfordert Bewertungsprozesse (z.B. Rieß, Mischo & Waltner, 2018), wobei das Argumentieren als Teilaspekt von Bewertungsprozessen besonders relevant ist (von Aufschnaiter & Prechtel, 2018). Der Einfluss von Unterrichtskonzepten am außerschulischen Lernort auf die Bewertungskompetenz, insbesondere auf die Entwicklung von Argumentationsmustern ist in diesem Kontext noch wenig untersucht. Dabei stellt sich zunächst die Frage, wie sich Argumentationen von Schüler:innen gezielt strukturieren und systematisieren lassen, um sie für diese Beforschung zugänglich zu machen.

Der Beitrag stellt im Folgenden die Entwicklung eines solchen Analyseinstruments ausgehend von Überlegungen zur Kompetenzforschung und der Planung von Unterricht am außerschulischen Lernort dar.

Bewerten und Argumentieren als Aspekte von Gestaltungskompetenz

Das Konzept BNE knüpft an das vorherrschende Paradigma schulischer Bildung an, Lernprozesse kompetenzorientiert zu gestalten (Rieß, Mischo und Waltner, 2018). Leitend ist hierbei das Konzept der Gestaltungskompetenz (De Haan, 2008). Diese bezeichnet u.a. die Fähigkeit, aus Analysen jetziger und zukünftiger Entwicklungen, Konsequenzen für Aspekte der ökologischen, ökonomischen und sozialen Dimension von Nachhaltigkeit zu ziehen und darauf aufbauend Entscheidungen zu treffen (De Haan, 2008, S.31). Außerschulische Lernorte bieten das Potential, diese Aspekte genuin aufzugreifen. Diese Öffnung für handlungsorientiertes Lernen setzt damit auch den Rahmen für die Ermöglichung kompetenzorientierten Unterrichts (Reusser, 2014).

Schreiber und Siege (2016) differenzieren Gestaltungskompetenz in die drei Kompetenzbereiche Erkennen, Bewerten und Handeln. Zur Bewertungskompetenz im Kontext von BNE wurden bereits Strukturmodelle entwickelt, die anschlussfähig an naturwissenschaftsdidaktische Fragestellungen sind. Bögeholz et al. (2014) unterscheiden weiterhin vier Teilaspekte

von Bewertungskompetenz, von denen die zwei Aspekte: quantitatives und qualitatives Bewerten und Reflektieren von Lösungen (Bögeholz, Böhm, Eggert & Barkman, 2014) die Entwicklung konkreter Argumente¹ notwendig machen.

Unter der Annahme, dass in einer Argumentation als Produkt von Bewertungsprozessen die Facetten verschiedener Kompetenzbereiche kulminieren, kann die Analyse dieser ein Ausgangspunkt für die intendierten Untersuchungen zur Bewertungskompetenz am außerschulischen Lernort sein. Mit dem strukturbezogenen Ansatz nach Toulmin (1996) und dem inhaltsbezogenen Ansatz nach Kienpointner (1992) liegen zwei Möglichkeiten für die Analyse von Argumentationen vor (von Aufschnaiter und Pechtl, 2018). Ersterer identifiziert verschiedene Elemente des Argumentes (z.B. Fakt, Erläuterung) und ihre Verknüpfung untereinander, letzterer systematisiert verschiedene Arten von Erläuterungen in Form logischer Schlussregeln durch Zuordnung zu charakteristischen Mustern (z.B. Vergleichsmuster) (ebd., 2018, S. 92ff.).

Planung von Unterricht am außerschulischen Lernort

Die Planung von Unterricht am außerschulischen Lernort sollte die benannten Potentiale optimal aufgreifen. Dafür bieten sich in Anlehnung an Klafkis kritisch-konstruktive Didaktik (regionale) Schlüsselprobleme (Klafki, 2007) als Überthemen für Konzeptualisierungen an, da diese implizit fächerübergreifend und lebensweltbezogen sind. An das Finden und Auswählen eines Lernortes, der das Problem thematisch aufgreift, schließt sich die Analyse konkreter Fachinhalte und ihre sachlogische Strukturierung unter Berücksichtigung der Dimensionen nachhaltiger Entwicklung an. Die Auseinandersetzung mit diesen Themen und Inhalten lässt sich in Form problemorientierten Projektunterrichts konzeptualisieren, da dieser die intendierten eigenständigen und handlungsorientierten Lernprozesse ermöglicht, die für die Ausbildung von Gestaltungskompetenz unverzichtbar sind. Argumentationen lassen sich in diesem Rahmen als Produkt des Lernprozesses z.B. durch das Verfassen von Stellungnahmen motivieren.

Analyseinstrument zur Erfassung von Argumentationsmustern

Die obigen Überlegungen bilden die Grundlage für ein Analyseinstrument, welches eine Grundidee von von Aufschnaiter und Pechtl (2018) erweitert. Unter der Zielstellung, Argumentationsmuster zu erfassen, werden nach der Transkription der Argumentationen zunächst alle Argumente kodiert und in Behauptungs- und Begründungsteil differenziert. Diese sind anschließend die Grundlage für weitere Analysen. Mit Hilfe des Vorgehens nach Toulmin (1996) lassen sich in den Argumenten verschiedene Elemente differenzieren, die später einen Rückbezug zum Einsatz oder eben den Nichteinsatz von Fachwissen oder Erkenntnismethoden der Naturwissenschaften transparent machen. Zentral sind dabei die eingesetzten Erläuterungen, die für die Analyse nach Kienpointner (1992) im nächsten Schritt in den Blick genommen werden. Dabei werden die Argumente verschiedenen logischen Schlussregeln zugeordnet, was u.a. Rückschlüsse auf die Sachlogik relevanter Fachthemen, aber auch den Bezug zu vorhandenen Potentialen deutlich macht. So können z.B. Begründungen in Form von Autoritätsmustern den Einfluss von Expert:innen am Lernort zeigen. Zuletzt lassen sich die Argumente inhaltlichen Dimensionen der Nachhaltigkeit, aber auch Kompetenzbereichen der

¹ Unter Argumenten verstehen wir in Anlehnung an Bayer (2007) systematische Verknüpfungen von Aussagen, bestehend aus Behauptung (Konklusion) und Begründung.

Naturwissenschaften zuordnen, was u.a. Rückschlüsse auf die Tiefe der Auseinandersetzung der vorhandenen Inhalte zulässt, aber auch Ansatz für Plausibilitätsanalysen darstellt.

Das Instrument ist grundsätzlich für alle Bewertungskontexte nutzbar und soll in Kombination mit anderen Instrumenten (z.B. Einstellung, Vorwissen, Potentiale außerschulischer Lernorte) in Abhängigkeit der Potentiale außerschulischer Lernorte die Erforschung der Lernwirksamkeit von Unterrichtsettings auf die Bewertungskompetenz der Schüler:innen ermöglichen.

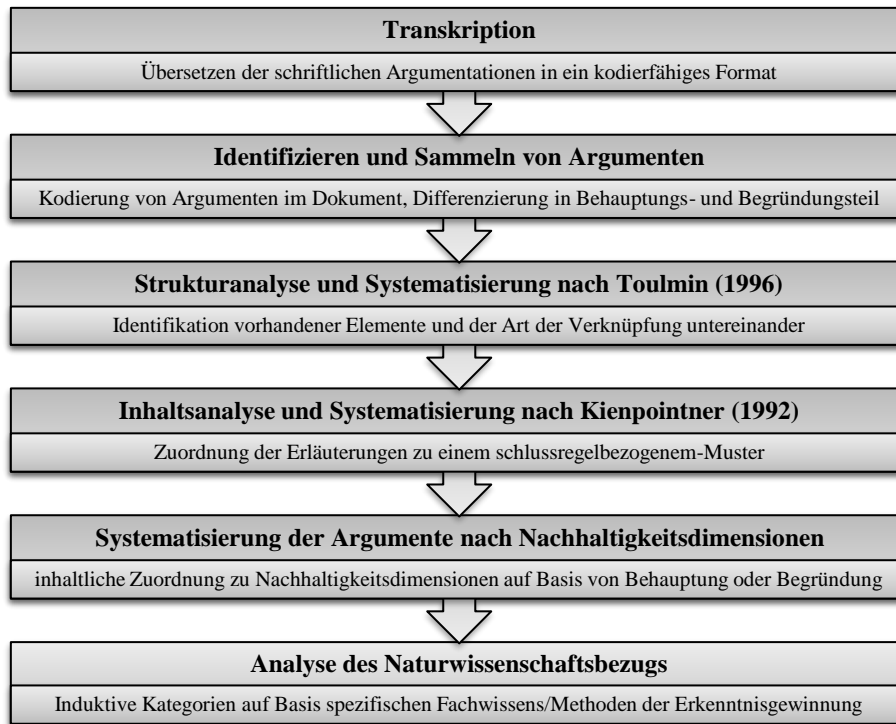


Abb. 1 Analyseinstrument von Argumentationen

Ausblick

Produkt der Analyse sind Argumentationsdiagramme, die individuelle Argumentationen kompakt darstellen und Grundlage für weitere Forschungen sind. Dabei werden die einzelnen Argumente nach den benannten Kategorien in Form von Verzweigungen dargestellt. Diese ermöglichen u.a.:

- Analyse von Qualität und Plausibilität sowie Hierarchisierungen von Argumenten in Rückbezug auf Bewertungskompetenz
- kompakte Darstellung der Struktur von Argumentationen und ihrer individuellen Gewichtung
- interindividueller Vergleich von Argumentationsdiagrammen und Ableiten von Fördermaßnahmen
- Optimierung des Unterrichtskonzeptes über formatives Feedback aus Analyse der Tiefenstruktur des Diagramms

Literatur

- Bayer, K. (2007). *Argument und Argumentation. Logische Grundlagen der Argumentationsanalyse*. Göttingen: Vandenhöck und Ruprecht
- Bögeholz, S., Böhm, M., Eggert, S. & Barkmann, J. (2014). Education for sustainable Development in German Science Education: Past – Present – Future. *Eurasia. Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 10 (4), 231-248
- De Haan, G (2008). Gestaltungskompetenz als Kompetenzkonzept für Bildung für nachhaltige Entwicklung. In: I. Bormann & G. De Haan (Eds.), *Kompetenzen der Bildung für nachhaltige Entwicklung: Operationalisierung, Messung, Rahmenbedingungen, Befunde*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, 23-42
- Jakob, Jennifer (2020). *Bildung für nachhaltige Entwicklung. Grundlagen und Perspektiven*. ÖRF 28 (2), 11-27
- Klafki, W. (2007). *Neue Studien zur Bildungstheorie und Didaktik. Zeitgemäße Allgemeinbildung und kritisch-konstruktive Didaktik*. Weinheim u.a.: Beltz
- Kuske-Janßen, W., Niethammer, M., Pospiech, G., Wieser, D., Wils, J.-T. & Wilsdorf, R. (2020). Außerschulische Lernorte – theoretische Grundlagen und Forschungsstand. In G. Pospiech, M. Niethammer, D. Wieser & F.-M. Kuhlemann (Eds.), *Begegnungen mit der Wirklichkeit. Chancen für fächerübergreifendes Lernen an außerschulischen Lernorten*. Bern: hep-Verlag, 21-49
- Reusser, K. (2014). Kompetenzorientierung als Leitbegriff in der Didaktik. *Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung*, 32 (3), 325-339
- Rieß, W., Mischo, C. & Waltner, E.-M. (2018). Ziele einer Bildung für nachhaltige Entwicklung in Schule und Hochschule. Auf dem Weg zu empirisch überprüfbaren Kompetenzen. *GAIA – Ecological Perspectives for Science and Society*, 27 (3) 298-305
- Schreiber, J.-R. & Siege, H. (2016). *Orientierungsrahmen für den Lernbereich Globale Entwicklung im Rahmen einer Bildung für nachhaltige Entwicklung*. Berlin: Cornelsen Verlag
- van Vorst, H., Dorschu, A., Fechner, S., Kauertz, A., Krabbe, H. & Sumfleth, E. (2015). Charakterisierung und Strukturierung von Kontexten im naturwissenschaftlichen Unterricht – Vorschlag einer theoretischen Modellierung. *ZfDN*, 21, 29-39
- von Aufschnaiter, C. & Prechtel, H. (2018). Argumentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker, H. (Eds.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung*. Berlin: Springer, 87-104

Lars Ehlert¹
Oliver Tepner¹

¹Universität Regensburg

Erfassung der Selbstwirksamkeitserwartung beim selbstgesteuerten Experimentieren

Theoretischer Hintergrund

Ein zeitgemäßer Chemieunterricht impliziert laut den deutschen Bildungsstandards im Fach Chemie u. a. den Einsatz von selbstgesteuerten Experimenten (KMK, 2005, 2020). Offene Experimentierformen stehen zwar in der Kritik, eine möglichen Überforderung der Lernenden zu bewirken (Kirschner et al., 2006), dennoch weisen empirische Studien vermehrt darauf hin, dass diese Experimentierform einen positiven Effekt beispielsweise auf das prozedurale und Fachwissen der Lernenden bietet (Lazonder & Harmsen, 2016; Minner et al., 2010). Das Experimentieren nimmt im deutschen naturwissenschaftlichen Unterricht eine zentrale Rolle ein, jedoch werden zumeist imitatorische Schüler- oder Lehrerdemonstrationsexperimente eingesetzt (Stiller et al., 2020). Insbesondere die Unterrichtsanalysen der PISA-Studie 2015 zeigen, dass der deutsche naturwissenschaftliche Unterricht wenig Möglichkeiten zur selbstständigen Entwicklung von Experimenten bietet (Schiepe-Tiska et al., 2016). Um den Anteil selbstgesteuerter Experimente im Unterricht zu erhöhen, werden Lehrkräftefortbildungen in der dritten Phase der Lehrkräftebildung angeboten (Ehlert, 2021). Des Weiteren sind Angebote zur Schulung angehender Lehrkräfte hinsichtlich der Planungskompetenz von selbstgesteuerten Experimenten in der universitären Ausbildung mittlerweile fester Bestandteil (Seiler, 2021). Im Zuge dieses Studierendenseminars werden neben der Förderung der Planungskompetenz bezüglich selbstgesteuerter Experimente mittels einer Planungshilfe auch die Durchführung von schultypischen Experimenten vermittelt. Die Erfassung der Selbstwirksamkeitserwartung der Studierenden beim selbstgesteuerten Experimentieren stellt in Deutschland ein Forschungsdesiderat dar. Die Selbstwirksamkeitserwartung wird als „die subjektive Gewissheit, neue oder schwierige Anforderungssituationen auf Grund eigener Kompetenz bewältigen zu können“ (Schwarzer & Jerusalem, 2002, S. 35) definiert. Insbesondere bei der Durchführung von selbstgesteuerten Experimenten nimmt die Selbstwirksamkeitserwartung eine zentrale Rolle ein, da Ausstiege der Lernenden bei dem Bearbeitungsprozess aufgrund der erhöhten kognitiven Belastung beim offenen Experimentieren auftreten können (Arnold et al., 2017). Mittlerweile konnte durch Studien gezeigt werden, dass ein Zusammenhang zwischen der Selbstwirksamkeitserwartung der Lehrkräfte und der Umsetzung von selbstgesteuerten Experimenten im eigenen Unterricht vorhanden ist (Kaya et al., 2021). Insbesondere durch Schulungen von Lehrkräften zu offenen Experimentierformen können die Selbstwirksamkeitserwartungen der Lehrkräfte hinsichtlich selbstgesteuerter Experimente gefördert werden (Lotter et al., 2018).

Ziele, Forschungsfragen und Methoden

Im Rahmen dieses Forschungsprojekts wurde ein Messinstrument zur Erfassung der Selbstwirksamkeitserwartung beim selbstgesteuerten Experimentieren schrittweise entwickelt und die Güte des Messinstruments evaluiert. (Bühler et al., 2021). Dabei wird mittels einer

vierstufigen Likert-Skala die Selbstwirksamkeitserwartung zu wesentlichen Aspekten und Handlungen bei Experimentierprozessen ermittelt. Die Selbstwirksamkeitserwartung wird im Verlauf eines Studierendenseminars (Abb. 1), das die Planungskompetenz der Teilnehmenden hinsichtlich selbstgesteuerter Experimente fördert, erfasst (Seiler, 2021). Begleitend wird in einem Prä-Post-Design mittels eines etablierten Tests die Planungskompetenz hinsichtlich selbstgesteuerter Experimente empirisch überprüft (Ehlert, 2021). Zudem wird die Selbstwirksamkeitserwartung in Bezug zum fachdidaktischen Wissen hinsichtlich der Planung von selbstgesteuerten Experimenten gesetzt.

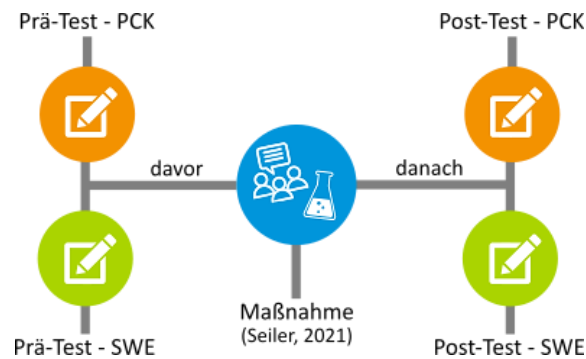


Abb. 1: Forschungsdesign

Im Rahmen des Forschungsprojekts wurden folgende Forschungsfragen (F) aufgestellt:

- F 1: Kann die Selbstwirksamkeitserwartung der Studierenden im Rahmen eines Seminars zu selbstgesteuerten Experimenten gefördert werden?
- F 2: Kann das fachdidaktische Planungs-Wissen der Studierenden im Rahmen eines Seminars zu selbstgesteuerten Experimenten gefördert werden?
- F 3: Korreliert das fachdidaktische Planungs-Wissen der Studierenden mit ihrer Selbstwirksamkeitserwartung im Rahmen eines Seminars zu selbstgesteuerten Experimenten

Ergebnisse

Der etablierte Test zur experimentellen Planungskompetenz wies mit Cronbachs Alpha-Wert von .92 eine gute Reliabilität auf. Die 29 Studierenden erreichten im Zuge eines Prä-Post-Vergleichs hinsichtlich der Planungskompetenz von selbstgesteuerten Experimenten (Abb. 2) einen signifikanten Lernzuwachs mit einer mittleren Effektstärke ($t(28) = -2.43$, $p = .02$, $d_z = .45$).

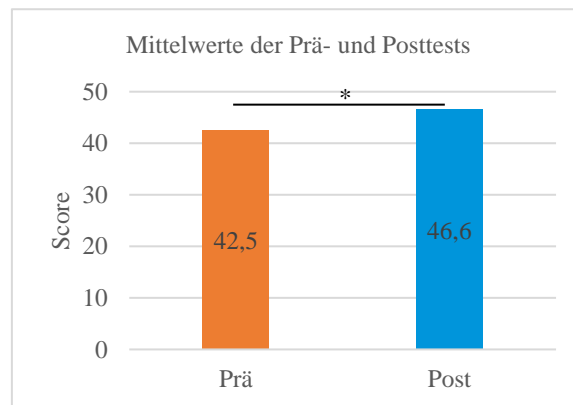


Abb. 2: Mittelwerte der Prä- und Posttests zur experimentellen Planungskompetenz

Des Weiteren weisen die ersten Auswertungen darauf hin, dass der neuentwickelte Test zur Selbstwirksamkeitserwartung beim selbstgesteuerten Experimentieren mit einem Cronbachs Alpha von .84 reliabel zu sein scheint. Dabei ergab der Prä-Post-Vergleich bezüglich der Selbstwirksamkeitserwartung beim selbstgesteuerten Experimentieren (Abb. 3) einen höchst signifikanten Zuwachs mit einer hohen Effektstärke ($t(28) = -10.56, p < .001, d_z = 1.96$). Ein hoher Wert bedeutet eine hohe Ausprägung der Selbstwirksamkeitserwartung.

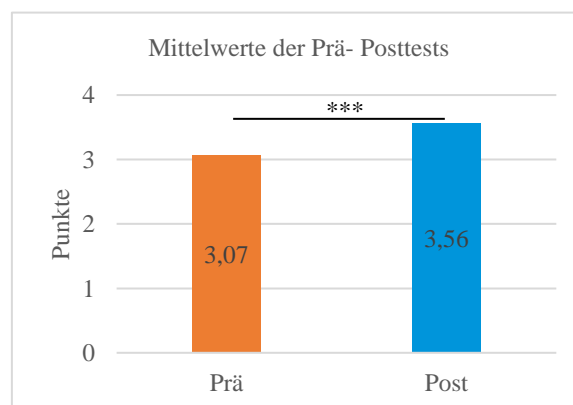


Abb. 3: Mittelwerte der Prä- und Posttests zur Selbstwirksamkeitserwartung

Die Korrelation der Daten des Tests zur experimentellen Planungskompetenz und der Selbstwirksamkeitserwartung beim selbstgesteuerten Experimentieren ergab keinen signifikanten Zusammenhang. Weitere Erhebungen folgen in den nächsten zwei Semestern, um auf einer größeren Datenbasis eine abschließende Bewertung der Befunde vorzunehmen.

Literatur

- Arnold, J., Kremer, K. & Mayer, J. (2017). Scaffolding beim Forschenden Lernen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 23(1), 21–37. <https://doi.org/10.1007/s40573-016-0053-0>
- Bühler, C., Wimmer, C. & Ehlert, L. (2021). *Messinstrument zur Erfassung der Selbstwirksamkeitserwartung beim selbstgesteuerten Experimentieren*. Regensburg.
- Ehlert, L. (2021). *Entwicklung und Evaluation einer Lehrkräftefortbildung zur Planung von selbstgesteuerten Experimenten* [Dissertation, Universität Regensburg; Logos Verlag Berlin]. GBV Gemeinsamer Bibliotheksverbund.
- Kaya, F., Borgerding, L. A. & Ferdous, T. (2021). Secondary Science Teachers' Self-Efficacy Beliefs and Implementation of Inquiry. *Journal of Science Teacher Education*, 32(1), 107–121. <https://doi.org/10.1080/1046560X.2020.1807095>
- Kirschner, P. A., Sweller, J. & Clark, R. E. (2006). Why Minimal Guidance During Instruction Does Not Work: An Analysis of the Failure of Constructivist, Discovery, Problem-Based, Experiential, and Inquiry-Based Teaching. *Educational Psychologist*, 41(2), 75–86.
- KMK. (2005). *Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10): Beschluss vom 16.12.2004. Beschlüsse der Kultusministerkonferenz*. Wolters Kluwer.
- KMK. (2020). *Bildungsstandards im Fach Chemie für die Allgemeine Hochschulreife: Beschluss vom 18.06.2020*.
- Lazonder, A. W. & Harmsen, R. (2016). Meta-Analysis of Inquiry-Based Learning. *Review of Educational Research*, 86(3), 681–718. <https://doi.org/10.3102/0034654315627366>
- Lotter, C. R., Thompson, S., Dickenson, T. S., Smiley, W. F., Blue, G. & Rea, M. (2018). The Impact of a Practice-Teaching Professional Development Model on Teachers' Inquiry Instruction and Inquiry Efficacy Beliefs. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 16(2), 255–273. <https://doi.org/10.1007/s10763-016-9779-x>
- Minner, D., Levy, A. & Century, J. (2010). Inquiry-based science instruction-What is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(4), 474–496.
- Schiepe-Tiska, A., Schmidtner, S., Müller, K., Heine, J.-H., Knut, N. & Lüdtke, O. (2016). Naturwissenschaftlicher Unterricht in Deutschland in PISA 2015 im internationalen Vergleich. In K. Reiss, C. Sälzer, A. Schiepe-Tiska, E. Klieme & O. Köller (Hrsg.), *PISA 2015: Eine Studie zwischen Kontinuität und Innovation* (S. 133–176). Waxmann.
- Schwarzer, R. & Jerusalem, M. (2002). Das Konzept der Selbstwirksamkeit, 28–53.
- Seiler, F. (2021). *Entwicklung und Evaluation eines Seminarkonzepts zur Förderung der experimentellen Planungskompetenz von Lehramtsstudierenden im Fach Chemie: Volume 320. Studien zum Physik- und Chemielernen: Bd. 320*. Logos Berlin. <https://openresearchlibrary.org/content/cb2b2393-895c-42d2-ad8d-20966a00061a> <https://doi.org/10.30819/5397>
- Stiller, C., Hahn, S., Stockey, A. & Wilde, M. (2020). Experimentierend zu mehr Selbstbestimmung: Der Basiskurs Naturwissenschaften. Vorab-Onlinepublikation. <https://doi.org/10.4119/PFLB-3300> (5-16 Seiten / PraxisForschungLehrer*innenBildung. Zeitschrift für Schul- und Professionsentwicklung., Bd. 2 Nr. 2 (2020): Der Basiskurs Naturwissenschaften am Oberstufen-Kolleg Bielefeld).

Moritz Kriegel¹
Verena Spatz¹

¹Technische Universität Darmstadt

Schülerexperimente zu Themen der Kern- und Astrophysik im SFB 1245

Einleitung

Viele physikalische Themen scheinen für Schüler:innen nach wie vor mehrheitlich uninteressant zu sein. Die Lernenden zeigen allerdings häufig ein großes Interesse an astrophysikalischen Themen sowie solchen der aktuellen Forschung. Da diese Themen nur wenig Platz im Physikunterricht einnehmen, stellen außerschulische Lernorte eine sinnvolle Ergänzung dar. Im Folgenden werden zwei Experimente aus dem „DLR_School_Lab TU Darmstadt“ vorgestellt.

Theoretischer und organisatorischer Rahmen

Das Interesse, als die Beziehung einer Person zu einem Gegenstand (Krapp, Hidi & Renninger, 2014) gilt als einer der wesentlichen motivationalen Einflussfaktoren bei Lernprozessen. Es wird dabei „individuelles oder persönliches Interesse“, eine relativ stabile Personeneigenschaft, von „situationalem oder aktuellem Interesse“, einer eher spontanen Reaktion auf einen interessanten Inhalt, unterschieden (Krapp, 1992). Neben weiteren Einflussfaktoren wird das Interesse auch vom Thema und dem zugrundeliegenden Kontext beeinflusst (Renninger & Hidi, 2011). Die didaktische Forschung unterteilt daher das persönliche Interesse nochmals in Sach- und Fachinteresse (Hoffmann et al., 1998). Das situationale Interesse wird in eine epistemische, emotionale und wertbezogene Komponente unterschieden (Krapp, 2002).

Die IPN Studie hat gezeigt, dass physikalische Themen Schüler:innen wenig ansprechen (Hoffmann et al., 1998). Das Interesse der Lernenden an Physik verbleibt seitdem weitgehend gleichbleibend auf einem niedrigen Niveau (z.B. Prenzel et al., 2007). Es gibt allerdings Themen, die dennoch die Mehrheit der Schüler:innen interessiert. So scheinen astrophysikalische Themen sowie solche der aktuellen Forschung für Mädchen und Jungen gleichermaßen interessant zu sein (Holstermann & Bögeholz, 2007). In verschiedenen Studien konnte außerdem gezeigt werden, dass außerschulische Lernorte imstande sind, das situationale Interesse an naturwissenschaftlichen Inhalten zu fördern (z.B. Simon, 2019).

Die Experimente

Um das interessenfördernde Potential von Themen der aktuellen Forschung in einem außerschulischen Lernsetting zu nutzen, wurden im Zusammenhang mit dem Sonderforschungsbereich 1245 (SFB 1245) der Technischen Universität Darmstadt im Themengebiet der Kern- und Astrophysik zwei Experimente für Schüler:innen entwickelt, welche im „DLR_School_Lab TU Darmstadt“ eingesetzt werden. Hierbei wird erst ein kurzer Einführungsvortrag durch die Betreuenden gehalten, bevor die Lernenden eigenständig experimentieren dürfen. Im Folgenden werden zunächst kurz die Experimente vorgestellt.

Nebelkammer: In der Kernphysik wird eine Vielzahl an Detektoren verwendet, um Teilchen sichtbar zu machen, die dem bloßen Auge verborgen bleiben. Sie stellen daher ein wesentliches Werkzeug in der aktuellen kernphysikalischen Forschung dar. Um den

Schüler:innen den Zugang zu diesem Werkzeug in eindrucksvoller Weise zu ermöglichen, wird eine selbstgebaute Nebelkammer (Abb. 1, links) als Detektor für sonst unsichtbare Partikel verwendet. Der experimentelle Aufbau ist dabei stark an die Anleitung des Netzwerks Teilchenwelt (2020) angelehnt. Der Einführungsvortrag zum Versuch beschäftigt sich mit Themen des SFB 1245 sowie großen Teilchendetektoren (z.B. ATLAS am LHC). Die Aufgabe der Schüler:innen besteht im Aufbau der Nebelkammer sowie der Dokumentation und anschließenden Identifikation von Teilchen anhand ihrer Teilchenspuren.

Spektroskopie: Das Experiment zur Spektroskopie (Abb. 1, rechts) ist ein Modellversuch für die Forschung der kollinearen Laserspektroskopie im SFB 1245. Hierbei werden mittels hochpräziser Vermessung atomarer Spektren Rückschlüsse auf die Zusammensetzung des Atomkerns gezogen. In dem Einführungsvortrag werden die Grundlagen von Emissionsspektren besprochen sowie mögliche Anwendungsfelder der Spektroskopie in der aktuellen Forschung aufgezeigt. Die Aufgabe der Schüler:innen ist die Ermittlung von Spektren verschiedener Gasentladungslampen über einfache Handspektrographen. Anschließend sollen die zugrundeliegenden Elemente mittels Literaturvergleich identifiziert werden.

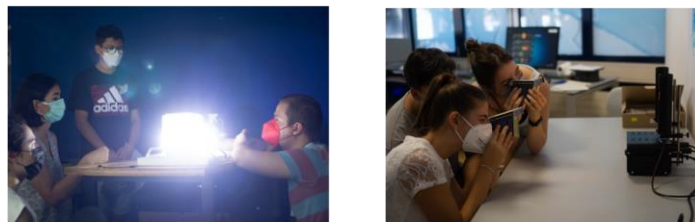


Abb. 1, links: Nebelkammer, rechts: Spektroskopie

Evaluation

Um die Wirksamkeit der Experimente auf das Interesse der Schüler:innen zu messen, wurden bereits evaluierte Skalen aus Studien zu außerschulischen Lernorten verwendet. So wurde neben soziodemografischen Daten (Alter, Geschlecht, Jahrgangsstufe, Note in Physik, Schulform) auch das Fach- und Sachinteresse (Weßnig, 2013, geändert nach Simon, 2019), die wahrgenommene Verständlichkeit (Engeln, 2004) des Experiments (bezüglich der Materialien, Anleitungen und Zielsetzung) sowie das aktuelle Interesse in der epistemischen, emotionalen und wertbezogenen Komponente (Streller, 2015) jeweils auf einer fünf-stufigen Likert Skala erhoben. Außerdem wurden die Schüler:innen gebeten die Experimente anhand einer Schulnote zu bewerten und das Neugelernnte in kurzen Freitextantworten wiederzugeben. Die Durchführung der Experimente mit anschließender Evaluation fand im Juli 2022 im „DLR_School_Lab TU Darmstadt“ statt. Die Experimente dauerten jeweils 45 Minuten und wurden an jedem Versuchstag von Kleingruppen innerhalb eines Klassenverbandes der 7. Jahrgangsstufe einer Gesamtschule durchgeführt. So ergab sich bei vier Schulklassen eine Stichprobe von $N=90$ (w:52, m:33) Schüler:innen. Zu Beginn des Besuchs wurden die soziodemografischen Daten und Skalen zum individuellen Interesse mittels pseudonymisiertem Paper Pencil Test erfasst. Nach der Durchführung beider Experimente wurden anschließend die wahrgenommene Verständlichkeit, die Skalen zum aktuellen Interesse sowie die Freitextantworten abgefragt.

Das Experiment „Nebelkammer“ wird sowohl von den Mädchen als auch von den Jungen im guten bis sehr guten Bereich bewertet. Die wahrgenommene Verständlichkeit liegt über alle Leistungsklassen (nach Physiknoten) der Lernenden ebenfalls im guten bis sehr guten Bereich (Abb. 2, rechts). Das Experiment „Spektroskopie“ wird von Jungen und Mädchen im guten bis befriedigenden Bereich bewertet. Die wahrgenommene Verständlichkeit liegt ebenfalls über alle Leistungsklassen (nach Physiknoten) der Lernenden im guten bis befriedigenden Bereich (Abb. 2, links).

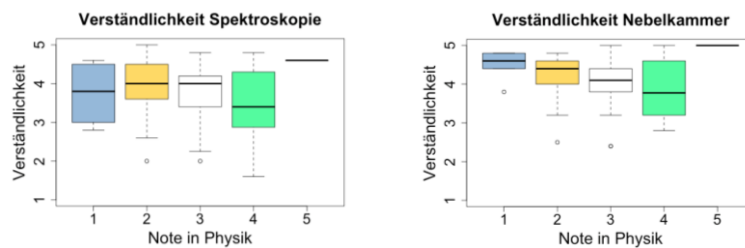


Abb. 2, links: wahrgenommene Verständlichkeit Nebelkammer, rechts: wahrgenommene Verständlichkeit Spektroskopie

Ergebnisse und Diskussion

Insgesamt zeigt sich, dass die Experimente imstande sind, ein aktuelles Interesse bei den Schüler:innen zu wecken. Besonders erwähnenswert ist, dass bei allen Leistungsgruppen und dabei vor allem bei schwächeren Lernenden das aktuelle Interesse gefördert wird (Abb. 3 links). Ebenso zeigt sich, dass Mädchen und Jungen gleichermaßen von den Experimenten angesprochen werden (Abb. 3 rechts). Die gewählten Themengebiete und die Materialien der Experimente sind demnach für alle untersuchten Gruppen ansprechend. Die Freitextantworten der Schüler:innen variierten stark in ihrer Qualität und bezogen sich meist lediglich auf die Ausgestaltung und Materialien der Experimente, weniger auf die physikalischen Inhalte.

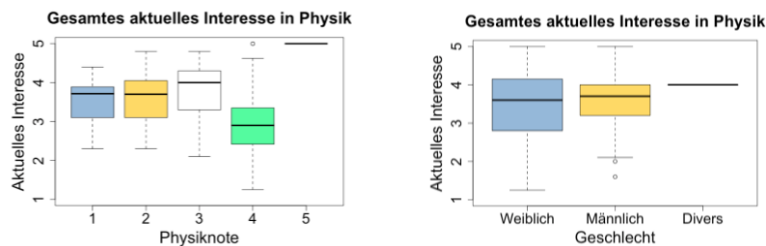


Abb. 3, links: ges. aktuelles Interesse/Physiknote, rechts: ges. aktuelles Interesse/Geschlecht

Fazit

In der vorliegenden Studie konnte exemplarisch gezeigt werden, dass Experimente aus dem Themengebiet der Kern- und Astrophysik in einem außerschulischen Lernort in der Lage sind, ein gesteigertes aktuelles Interesse bei Schüler:innen hervorzurufen. Die Experimente sprechen dabei Mädchen und Jungen aus allen Leistungsklassen ähnlich gut an.

Literatur

- Engeln, K. (2004). *Schülerlabors: authentische, aktivierende Lernumgebungen als Möglichkeit, Interesse an Naturwissenschaften und Technik zu wecken*. [Dissertation] Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Kiel.
- DLR_School_Lab TU Darmstadt. (o.D.). Abgerufen am 21.10.2022, von <https://www.dlr.de/schoollab/desktopdefault.aspx/tabid-14000>
- Hoffmann, L., Häussler, P., Lehrke, M. (1998). *IPN-Interessenstudie Physik*. IPN.
- Holstermann, N. & Bögeholz, S. (2007). Interesse von Jungen und Mädchen an naturwissenschaftlichen Themen am Ende der Sekundarstufe I. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 13, 71–86.
- Krapp, A. (1992). Interesse, Lernen und Leistung. Neue Forschungsansätze in der Pädagogischen Psychologie. *Zeitschrift für Pädagogik*, 38(5), 747–770.
- Krapp, A. (2002). Structural and dynamic aspects of interest development: theoretical considerations from an ontogenetic perspective. *Learning and Instruction*, 12(4), 383–409. [https://doi.org/10.1016/S0959-4752\(01\)00011-1](https://doi.org/10.1016/S0959-4752(01)00011-1)
- Krapp, A., Hidi, S. & Renninger, A. (2014). Interest, Learning and Development. In K. A. Renninger, S. Hidi, A. Krapp & A. Renninger (Hrsg.), *The Role of interest in Learning and Development* (S. 17–40). Psychology Press. <https://doi.org/10.4324/9781315807430-10>
- Netzwerk Teilchenwelt (2020). *Teilchenspuren sichtbar machen – Handreichungen zum Selbstbau einer Nebelkammer*. TU Dresden. Creative Commons 2.0-by-nc-nd.
- Prenzel, M. et al. (2007). *PISA 2006 in Deutschland – Die Kompetenzen der Jugendlichen im dritten Ländervergleich – Zusammenfassung*. PISA Konsortium Deutschland.
- Renninger, K. A. & Hidi, S. (2011). Revisiting the Conceptualization, Measurement, and Generation of Interest. *Educational Psychologist*, 46(3), 168–184. <https://doi.org/10.1080/00461520.2011.587723>
- Simon, F. (2019). *Der Einfluss von Betreuung und Betreuenden auf die Wirksamkeit von Schülerlaborbesuchen: Eine Zusammenhangsanalyse von Betreuungsqualität, Betreuermerkmalen und Schülerlaborzielen sowie Replikationsstudie zur Wirksamkeit von Schülerlaborbesuchen* [Dissertation], Technische Universität Dresden, Dresden. CrossRef.
- Sonderforschungsbereich 1245. (o.D.). SFB 1245. Abgerufen am 21.10.2022, von <https://www.sfb1245.tu-darmstadt.de>
- Streller, M. (2015). *The educational effects of pre and post-work in out-of-school laboratories* [Dissertation]. Technische Universität Dresden, Dresden.
- Weßnigk, S. (2013). *Kooperatives Arbeiten an industrienahen außerschulischen Lernorten* [Dissertation]. Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Kiel.

Ayleen Sprysch¹
Simone Kröger¹

¹Universität Münster

Faszination Fluoreszenzmikroskopie Experimente für ein Schülerlabor

Relevanz der Fluoreszenzmikroskopie

Die Fluoreszenzmikroskopie ermöglicht Forschenden in den Lebenswissenschaften seit Jahrzehnten Einblicke in Zellen verschiedenster Organismen und liefert dabei Grundlagen für wesentliche wissenschaftliche Erkenntnisse. Der spezielle Aufbau eines Fluoreszenzmikroskops führt dazu, dass in den mikroskopischen Aufnahmen nur die zellulären Strukturen in fluoreszierenden Farben zu erkennen sind, die zuvor mit Fluoreszenzfarbstoffen markiert wurden, während andere Strukturen nicht dargestellt werden und buchstäblich in den Hintergrund treten. Dies ermöglicht es Forschenden, gezielt Strukturen und Stoffwechselprozesse in der Zelle zu untersuchen und wissenschaftlichen Fragestellungen nachzugehen. Daher gehört die Fluoreszenzmikroskopie mittlerweile zum Standard in den Laboren der Lebenswissenschaften (Kubitschek, 2017, Lichtman & Conchello, 2005). So wird die Fluoreszenzmikroskopie unter anderem in der Grundlagenforschung eingesetzt, um den Aufbau und die Funktionsweise von Zellen, Geweben und ganzen Organismen besser verstehen zu können. Die vielfältigen Einsatzbereiche der Fluoreszenzmikroskopie spiegeln sich beispielsweise im *Cells in Motion Interfaculty Centre* der Universität Münster wider. In diesem Netzwerk entwickeln Forschende in interdisziplinärer Zusammenarbeit den Forschungsschwerpunkt „Zelldynamik und Bildgebung“ weiter (*Cells in Motion Interfaculty Centre*, 2022). Die interdisziplinäre Ausrichtung der Fluoreszenzmikroskopie sowie ihre hohe Relevanz im Forschungsalltag in den Lebenswissenschaften machen sie zu einem interessanten Thema für die Curriculare Innovationsforschung.

Experimentelle Erschließung der Fluoreszenzmikroskopie im Rahmen der Curricularen Innovation

In der Curricularen Innovationsforschung, die auf Michael Tausch und seine Arbeitsgruppe zurückgeht, werden aktuelle, innovative Themen aus der wissenschaftlichen Forschung für die Lehre erschlossen, die Anknüpfungspunkte an obligatorische Inhalte aus dem Chemieunterricht bieten (Tausch, 2004, Parchmann et al., 2017). Der fachlich-konzeptionellen Erschließung des curricular innovativen Themas folgt die Elementarisierung der Fülle an Informationen, also eine didaktische Reduktion der Inhalte auf solche, die für Schüler:innen relevant sein können. Die didaktische Reduktion unterliegt der Prämisse, dass die Inhalte wissenschaftlich konsistent dargestellt werden. Im Zentrum der Curricularen Innovationsforschung steht die Entwicklung von Experimenten und die Konzeption von Lehr-Lern-Materialien, sowie die Erprobung und Optimierung dieser (Kröger geb. Krees, 2013, Gust, 2022).

Die Fluoreszenzmikroskopie bietet multiperspektivisch Potential zur Anknüpfung an Inhalte aus dem Chemieunterricht. In diesem Projekt wird der Fokus auf die Fluoreszenzfarbstoffe gelegt, die der Markierung zellulärer Strukturen dienen. Forschende können aus einer großen Vielzahl an verschiedenen Fluoreszenzfarbstoffen wählen, um gezielt zelluläre Strukturen und

Stoffwechselprozesse zu markieren. Dabei werden unter anderem Kriterien wie der Aufbau der zu untersuchenden zellulären Struktur, die Einbringung des Fluoreszenzfarbstoffes in diese, sein Emissionsspektrum oder seine Eignung, lebende oder fixierte Zellen anzufärben, berücksichtigt (vgl. z.B. Kubitschek, 2017, Schmitt, 2016, Thermo Fisher Scientific, 2010, Xu et al., 2016). Die Fülle an Möglichkeiten zur Markierung mit Fluoreszenzfarbstoffen in der Forschung wurde didaktisch reduziert und es wurden wesentliche Prinzipien zur Anfärbung herausgestellt, die sowohl wissenschaftlich konsistent sind als auch Anknüpfungspunkte an den Chemieunterricht bieten.

Modellexperimente zur Anfärbung zellulärer Strukturen mit Fluoreszenzfarbstoffen

Die Prinzipien zur Anfärbung mit Fluoreszenzfarbstoffen werden in Modellexperimenten veranschaulicht. Bei der Entwicklung der Experimente liegen folgende Kriterien zugrunde:

Jedes Modellexperiment soll ein gängiges Prinzip zur fluoreszenzmikroskopischen Anfärbung zellulärer Strukturen repräsentieren und mit diesem wissenschaftlich konsistent sein. Die erzielten Beobachtungen in den Modellexperimenten sollen didaktisch prägnant sowie anhand der Basiskonzepte durch die Schüler:innen erklärbar sein.

Die in den Modellexperimenten herausgestellten Prinzipien zur Anfärbung basieren auf bestimmten Eigenschaften oder einem spezifischen Aufbau der jeweiligen zellulären Strukturen. Dabei werden vor allem chemische Unterschiede im Aufbau der Zellstrukturen in den Fokus gerückt. In Tabelle 1 sind die vier Modellexperimente für die Fluoreszenzanfärbung der Zellmembran, der Mitochondrien (in Anlehnung an Weiß & Brandl, 2013), des Zellkerns (in Anlehnung an Wagner & MacDonald, 1998) und der Lysosomen aufgeführt. Es werden Eigenschaften bzw. der Aufbau der zellulären Struktur genannt, auf denen eine Anfärbung in der Fluoreszenzmikroskopie basieren kann, sowie das zugrundeliegende Prinzip benannt. Anschließend wird die Umsetzung im Modellexperiment beschrieben und mögliche Anknüpfungspunkte an Inhalte aus dem Chemieunterricht genannt, die sich zusätzlich zum Anknüpfungspunkt „Farbstoffe“ ergeben (Kultusministerkonferenz, 2020).

Einbettung der Modellexperimente in eine Schülerlaboreinheit

Die Modellexperimente werden im Rahmen einer Schülerlaboreinheit eingesetzt. Adressat:innen sind Lernende eines Chemiekurses der Sekundarstufe II. Die Lernenden erarbeiten in Kleingruppen selbstständig fachliche Hintergründe anhand von Modellexperimenten und Begleitmaterial, gefolgt von einer gemeinsamen Sicherung durch Einsatz eines 3D-gedruckten Zellmodells. Fachliche Ziele der Schülerlaboreinheit sind das Erschließen von Prinzipien zur Fluoreszenzmarkierung wesentlicher zellulärer Strukturen sowie den Lernenden Einblicke in die Fluoreszenzmikroskopie als aktuelles und interdisziplinäres Thema zu ermöglichen.

Ausblick

Im weiteren Forschungsprozess soll unter anderem folgenden Fragen nachgegangen werden: Kann die Immunfluoreszenzfärbung im Modellexperiment veranschaulicht werden? Kann die Anregung der Fluoreszenzfarbstoffe mit Licht unterschiedlicher Wellenlängen erfolgen? Kann ein 3D-gedrucktes Zellmodell dynamisch gestaltet werden? Können Aufbau und Funktionsweise eines Fluoreszenzmikroskops im Modell veranschaulicht werden?

Tabelle 1: Modellexperimente zur Anfärbung zellulärer Strukturen mit Fluoreszenzfarbstoffen. Aufgeführt sind Eigenschaften bzw. der Aufbau der modellhaft angefärbten zellulären Struktur, das zugrundeliegende Prinzip der Anfärbung in der Fluoreszenzmikroskopie (FM) sowie eine kurze Versuchsbeschreibung des Modellexperiments und Anknüpfungspunkte an Inhalte des Chemieunterrichts. Die Modellexperimente werden unter UV-Licht ausgewertet ($\lambda = 366 \text{ nm}$).

| Die Zellmembran | Die Mitochondrien |
|---|--|
| Eigenschaft / Aufbau <ul style="list-style-type: none"> - Aufbau aus einer Phospholipid-Doppelschicht - amphiphile Eigenschaften der Phospholipide | Eigenschaft / Aufbau <ul style="list-style-type: none"> - Ort der Atmungskette - oxidierende Proteinkomplexe in der inneren Mitochondrienmembran |
| Prinzip der Anfärbung in der FM <ul style="list-style-type: none"> - Verteilung des Farbstoffes aufgrund von Hydrophilie / Lipophilie - Einlagerung lipophiler Farbstoffe in der lipophilen inneren Schicht der Membran | Prinzip der Anfärbung in der FM <ul style="list-style-type: none"> - keine Fluoreszenz der reduzierten Form des Farbstoffes - Auftreten von Fluoreszenz nach Oxidation des Farbstoffes in den Mitochondrien |
| Modellexperiment <ul style="list-style-type: none"> - Hinzugabe verschiedener Fluoreszenzfarbstoffe zu einem Zwei-Phasen-Gemisch aus Wasser und Octanol - Repräsentation des Cytosols und der extrazellulären Flüssigkeit durch die wässrige Phase - Repräsentation der Zellmembran durch die organische Phase | Modellexperiment <ul style="list-style-type: none"> - Fluoreszenz von wässriger Riboflavin-Lösung unter UV-Licht - Erlöschen der Fluoreszenz bei Hinzugabe von Natriumdithionit-Lösung durch Reduktion des Farbstoffes - erneutes Auftreten der Fluoreszenz bei Reoxidation durch den Luftsauerstoff - mehrfache Durchführung möglich |
| Anknüpfungspunkte <ul style="list-style-type: none"> - Verbindungen mit funktionellen Gruppen - intermolekulare Wechselwirkungen | Anknüpfungspunkte <ul style="list-style-type: none"> - Elektronenübergänge (Redoxreaktionen als Elektronenübergang) |
| Der Zellkern | Die Lysosomen |
| Eigenschaft / Aufbau <ul style="list-style-type: none"> - Vorliegen der DNA | Eigenschaft / Aufbau <ul style="list-style-type: none"> - pH-Wert innerhalb der Lysosomen von 4 bis 5 - niedrigerer pH-Wert als im neutralen Cytosol |
| Prinzip der Anfärbung in der FM <ul style="list-style-type: none"> - deutliche Fluoreszenzverstärkung des Farbstoffes bei Bildung einer Einschlussverbindung mit der DNA | Prinzip der Anfärbung in der FM <ul style="list-style-type: none"> - pH-Wert-abhängige Fluoreszenz des Farbstoffes |
| Modellexperiment <ul style="list-style-type: none"> - geringe Fluoreszenz von 8-Anilino-naphthalin-1-sulfonsäure-Ammoniumsalz (1,8-ANS) in wässriger Lösung - Fluoreszenzverstärkung bei Hinzugabe von Hydroxypropyl-β-Cyclodextrin (HP-β-CD) durch Bildung einer Einschlussverbindung | Modellexperiment <ul style="list-style-type: none"> - zwei pH-Reihen mit verschiedenen Fluoreszenzfarbstoffen - pH-Wert-abhängige Fluoreszenzintensität bzw. Fluoreszenzfarbe von Uranin bzw. Pyranin - Repräsentation des sauren Milieus der Lysosomen bei einem pH-Wert von 4 bis 5 |
| Anknüpfungspunkte <ul style="list-style-type: none"> - koordinative Bindungen | Anknüpfungspunkte <ul style="list-style-type: none"> - Protonenübergänge (Säure-Base-Konzept nach Brønsted) |

Literatur

- Cells in Motion Interfaculty Centre (2022). Homepage der Einrichtung der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster. Online verfügbar unter der URL <https://www.uni-muenster.de/Cells-in-Motion/de/> [Stand 31.10.2022].
- Gust, F. (2022). Das Self-assembLAB – Entwicklung, Erprobung und Optimierung eines curricular innovativen Schülerlabors zum Thema Self-assembly. Berlin: Logos Verlag.
- Kröger geb. Krees, S. (2013). Curriculare Innovation als Herausforderung für die Chemiedidaktik. Antrittsvorlesung an der WWU Münster.
- Kubitscheck, U. (Hrsg.) (2017). Fluorescence microscopy. From Principles to Biological Applications (2. Aufl.). Weinheim: Wiley-VCH.
- Kultusministerkonferenz (2020). Bildungsstandards im Fach Chemie für die Allgemeine Hochschulreife. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 18.06.2020. Hürth: Wolters Kluwer.
- Lichtman, J. W. & Conchello, J.-A. (2005). Fluorescence microscopy. *Nature Methods*, 2 (12), 910–919.
- Parchmann, I., Schwarzer, S., Wilke, T., Tausch, M. & Waitz, T. (2017). Von Innovationen der Chemie zu innovativen Lernanlässen für den Chemieunterricht und darüber hinaus. *Chemkon*, 24 (4), 161–164.
- Schmitt, S. (2016). Funktionalisierte Fluoreszenzfarbstoffe für Biologie und Medizin. *Praxis der Naturwissenschaften – Chemie in der Schule*, 65 (1), 10–15.
- Tausch, M. (2004). Curriculare Innovation. *Praxis der Naturwissenschaften – Chemie in der Schule*, 53 (8), 18–21.
- Thermo Fisher Scientific (2010). The Molecular Probes™ Handbook – A Guide to Fluorescent Probes and Labeling Technologies. Online verfügbar unter der URL: <https://www.thermofisher.com/handbook> [Stand 31.10.2022].
- Wagner, B. D. & MacDonald, P. J. (1998). The fluorescence enhancement of 1-anilinonaphthalene-8-sulfonate (ANS) by modified β -cyclodextrins. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 114 (2), 151–157.
- Weiß, D. & Brandl, H. (2013). Experimente mit Pflanzeninhaltsstoffen. Fluoreszenzfarbstoffe in der Natur. Teil 2 von 2. *Chemie in Unserer Zeit*, 47, 122–131.
- Xu, W., Zeng, Z., Jiang, J.-H., Chang, Y.-T. & Yuan, L. (2016). Wahrnehmung der chemischen Prozesse in einzelnen Organellen mit niedermolekularen Fluoreszenzsonden. *Angewandte Chemie*, 128 (44), 13858–13902.

Lisa Ziegler¹
 Vanessa Lang¹
 Annika Eichinger¹
 Christopher W.M. Kay^{1,2}

¹Universität des Saarlandes
²University College London

Außerschulische Förderung des Forschenden Lernens als Methode

Theoretische Hinführung

Je nach Schwerpunkt wird Forschendes Lernen in der Literatur unterschiedlich klassifiziert. Nach Aepkers (2002) ist das Forschende Lernen „ein aktiver, produktiver und vor allem selbstständiger Lernprozess“ (S.73), bei welchem aufkommende Fragestellungen mit Hilfe eigener Problemlösestrategien selbstständig gelöst werden. Die Entwicklung der Kompetenzen zum Forschenden Lernen ist ein andauernder Prozess, welcher gefördert und angeleitet werden muss (Selje-Aßmann, 2020). Vor allem die Forschungsfrage und das experimentelle Vorgehen markieren kritische Stellen jedes Forschungsvorhabens und müssen somit aktiv unterstützt werden (Zorn, 2021). Zudem ist den Lernenden meist nur der Dreischritt Durchführung-Beobachtung-Erklärung bekannt, während andere Phasen des Forschenden Lernens in den Hintergrund rücken. Schüler*innen weisen je nach Experimentiererfahrung einen variierenden Grad an Selbstständigkeit in ihrem Arbeiten auf. Anhand des Konzepts der „four levels of inquiry“ von Banchi und Bell (2008) können die Lernenden mit verschiedenen vorstrukturierten Arbeitsaufträgen entlastet und es kann an ihr Vorwissen angeknüpft werden. Dabei finden insgesamt vier unterschiedliche Szenarien Erwähnung, wovon Level 1 das häufigste in der Schule praktizierte Level darstellt.

Tabelle 1: Level des Forschenden Lernens nach Banchi & Bell (2008)

| Level | Fragestellung | Vorgehen/Durchführung | Ergebnisinterpretation |
|-----------------|---------------|-----------------------|------------------------|
| 0: bestätigend | Lehrperson | Lehrperson | Lehrperson |
| 1: strukturiert | Lehrperson | Lehrperson | Schüler*innen |
| 2: angeleitet | Lehrperson | Schüler*innen | Schüler*innen |
| 3: offen | Schüler*innen | Schüler*innen | Schüler*innen |

Bei leistungsheterogen zusammengesetzten Schulklassen sind Hilfestellungen beim Forschenden Lernen unerlässlich, um die Lernenden ggf. in ihrem Problemlöseprozess zu unterstützen und allen Schüler*innen ein Experimentieren auf demselben Level zu ermöglichen (Schleusener, 2012).

Forschungsfragen

Ausgehend von Level 1 des Forschenden Lernens wurde ein Modul konzipiert, welches das Bewusstsein der Lernenden für die Vielfalt an Phasen im Experimentierprozess verbessern soll, indem sie drei komplette Experimentierzyklen durchlaufen. Durch das eigenständige Arbeiten in einem Schülerlabor sollen den Lernenden naturwissenschaftliche Arbeitsweisen nähergebracht werden. Daraus lassen sich folgende Forschungsfragen ableiten:

- Verbessert sich das Fähigkeitsselbstkonzept der Schüler*innen in Bezug auf naturwissenschaftliche Arbeitsweisen durch den Besuch im Schülerlabor?
- Verbessert sich das Bewusstsein der Schüler*innen für die einzelnen Phasen beim Forschenden Lernen?

Zur Überprüfung dieser Forschungsfragen wurde ein digital angereichertes Modul in einem Schülerlabor konzipiert, welches im Folgenden vorgestellt wird.

Praktische Umsetzung

Aufbau

In der Unterstufe herrschen meist Experimentiersituationen der Level 0 oder 1 vor. Daher bietet es sich bei der Konzeption einer Fördermaßnahme für die Klassenstufe 6 an, dass die Lernenden ein Modul durchlaufen, welches die Lernsituation hin zu Level 2 öffnet. In Aufgabe 1 werden die Fragestellung und ein mögliches Vorgehen angegeben, die übrigen Phasen werden eigenständig durchlaufen, wie die Schüler*innen es aus dem schulischen Kontext kennen. Die Schüler*innen bearbeiten die Frage, ob eine vermeintlich leere Flasche wirklich luftleer ist. Dadurch wird den Schüler*innen bewusst, dass Luft einen Raum einnimmt und nicht „nichts“ ist. Aufgabe 2 dient als Übergang zwischen Level 1 und 2. Die Fragestellung wird erneut vorgegeben, während ein mögliches Vorgehen von den Schüler*innen aus bildhaft dargestellten Materialien erarbeitet werden soll. Die dabei untersuchte Fragestellung lautet: „Wie verändert sich der Raum, den Luft einnimmt, bei einer Temperaturänderung?“. Der zu erreichende Erkenntnisgewinn dieser Aufgaben ist, dass sich der durch Luft eingenommene Raum bei unterschiedlichen Temperaturen verändert. Die 3. Aufgabe beinhaltet lediglich die Angabe der Forschungsfrage, woraus die Lernenden das Vorgehen in den restlichen Phasen selbstständig ableiten. Ausgehend von den Eigenschaften warmer und kalter Luft wird die Frage geprüft, wieso ein Heißluftballon fliegt. Dabei wird erlernt, dass warme Luft aufsteigt und kalte Luft absinkt. Durch diesen schrittweisen Übergang zwischen den beiden Levels wird erwartet, dass die Lernenden Aufgaben der nächsthöheren Stufe im Sinne der *four levels of inquiry* von Banchi & Bell (2008) selbstständig meistern können.

Unterstützungsmaßnahmen

Zu jeder Phase des Forschenden Lernens werden den Schüler*innen drei gestufte Hilfestellungen angeboten. Die erste dient als Orientierungshilfe für die Lernenden und spezifiziert, was bei der jeweiligen Phase von den Lernenden erwartet wird und gibt Gelingensbedingungen für ein erfolgreiches Durchlaufen der Phase an. Mit der zweiten Hilfe werden beispielsweise Materialien präsentiert, Satzanfänge vorgegeben oder Satzglieder angegeben. Als letzte Instanz wird eine mögliche Lösung angezeigt, sodass alle Schüler*innen unabhängig von ihrem Vorwissen die Phasen eigenständig durchlaufen können sollten. Die Hilfen sind in einer interaktiven Power-Point-Präsentation eingebettet, die die Lernenden durch die Forschungszyklen leitet. Dort werden außerdem sämtliche Notizen zu den einzelnen Aufträgen festgehalten.

Methodenwahl und Testung

Naturwissenschaftliches Arbeiten im Schülerlabor und das bewusste Durchlaufen der Phasen des Forschenden Lernens stellen den Schwerpunkt des Forschungsinteresses dar. Als Methode

zur Erhebung der Daten wurde eine schriftliche Prä-Post-Erhebung durchgeführt. Inhaltlich setzt sich der Fragebogen aus zwei Blöcken zusammen. Der erste Block beschäftigt sich mit der Einschätzung der eigenen naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen (12 Items einer 5-Punkt-Likert Skala von 4 = „trifft ganz zu“ bis 0 = „trifft gar nicht zu“). Die Skala wurde um Smileys ergänzt, um das Ankreuzen für die Zielgruppe zu erleichtern. Der zweite Block enthält zwei geschlossene Multiple-Choice-Aufgaben, eine halboffene und zwei offene Fragen mit einer Schwerpunktsetzung auf der Fragestellung und dem Versuchsvorgehen.

Ergebnisse und Diskussion

Es zeigt sich, dass das Durchlaufen des Moduls zum Forschenden Lernen im Schülerlabor einen statistisch signifikanten Einfluss auf die naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen hat ($t(28)=-3,52$, $p=0,0008$). Nach dem Abschluss des Moduls ($M=2,24$, $SD=0,73$) schätzen sich die Befragten in Bezug auf ihre naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen signifikant besser ein als zuvor ($M=1,92$, $SD=0,88$). Im Bereich des Forschenden Lernens zeigt sich, dass das Bearbeiten des Moduls keinen statistisch signifikanten Einfluss auf das bewusstere Durchlaufen der einzelnen Phasen aufweist ($t(28)=0,37$, $p=0,36$). Nach dem Bearbeiten der Aufgaben ($M=0,38$, $SD=0,45$) schneiden die Befragten nicht signifikant besser ab als vor der Bearbeitung ($M=0,39$, $SD=0,43$), der Mittelwert liegt sogar leicht unter dem der ersten Befragung.

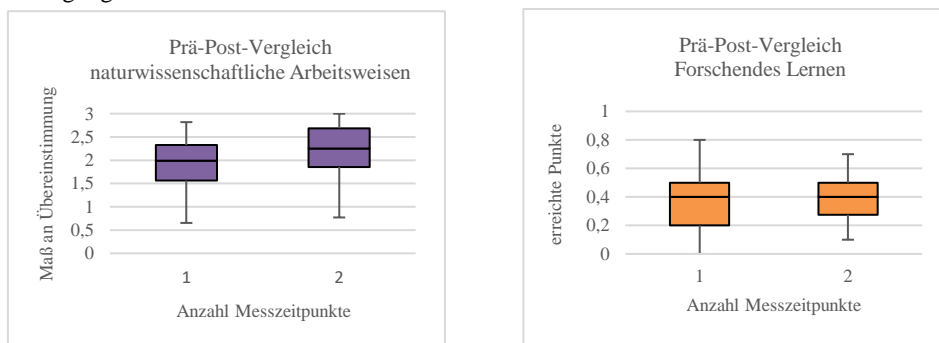


Abb.1 & 2: Vergleich der Ergebnisse der Prä-Post Befragungen

Der positive Einfluss des entwickelten Moduls auf das Fähigkeitsselfkonzept in Bezug auf die naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen konnte bestätigt werden. Die zweite Frage konnte mit den erhobenen Daten nicht bestätigt werden. Im Bereich des Forschenden Lernens erscheint es zunächst erstaunlich, dass die Benennung und die Angabe der richtigen Abfolge der Phasen nach dem dreifachen Durchlaufen des Zyklus absinken. Dies kann damit zusammenhängen, dass die Lernenden die Methode des Forschenden Lernens zwar kennen, die einzelnen Phasen in der Schule jedoch im Vorfeld anders benannt wurden und dies zu Verwirrung geführt haben könnte. Daneben teilten sich die Lernenden in ihren Gruppen häufig so auf, dass ein Teammitglied die Phasen schriftlich bearbeitete, während die Anderen den zugehörigen Versuch durchführten. Somit wäre es wahrscheinlich, dass nicht alle Teammitglieder die Phasen des Forschenden Lernens selbst bearbeitet haben, was eine Benennung oder eine Angabe der richtigen Reihenfolge erschwerte.

Literatur

- Aepkers, M. (2002). Forschendes Lernen – Einem Begriff auf der Spur. In M. Aepkers & S. Liebig (Eds.), *Entdeckendes, forschendes und genetisches Lernen* (S.69-87). Schneider.
- Banchi, H., & Bell, R. (2008). The many levels of inquiry. *Science and children*, 46 (2), 26.
- Bortz, J. & Döring, N. (2006). *Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler*, 4. Auflage. Springer.
- Klewin, G. & Hinzke, J.-H. (2021). Was ist forschendes Lernen? In: *Lernende Schule*, 95, S. 4-6.
- Sacher, W. (2009). *Leistungen entwickeln, überprüfen und beurteilen: bewährte und neue Wege für die Primar- und Sekundarstufe*. Julius Klinkhardt.
- Schleusener, S. C. (2012): *Kinder unterstützen Kinder: Hilfestellungen in heterogenen Schulklassen*. Haupt Verlag.
- Selje-Aßmann, N. (2020). Forschendes Lehren und Lernen- ein mehrdimensionales Modell für die Lehrpraxis aus Perspektive der empirischen Wissenschaften. In C. Wulf, S. Haberstroh und M. Petersen (Eds.), *Forschendes Lernen: Theorie, Empirie, Praxis* (S.65-80). Springer.
- Zorn, S. K. (2021). Forschendes Lernen begleiten: Die Aufgabe von schulischen Mentorinnen und Mentoren. In: *Lernende Schule*, 95, S.13-15.

Jannis Zeller¹
Josef Riese¹

¹RWTH Aachen University

Datenbasierte Fähigkeitsprofile im Physikdidaktischen Wissen

Theoretischer Hintergrund und Motivation

Die Untersuchung des Professionswissens angehender Lehrkräfte steht bereits seit einigen Jahren im Fokus fachdidaktischer Forschung (Kaiser, Bremerich-Vos & König, 2020). Basierend auf Arbeiten von Shulman (1986) sowie Baumert und Kunter (2006) wird das Professionswissen dabei zumeist in (mindestens) die drei Domänen *Fachwissen* (FW), *Pädagogisches Wissen* (PW) und *Fachdidaktisches Wissen* (FDW) unterteilt. Auch für die Physik hat sich eine solche Unterteilung durchgesetzt (Riese, 2009) und wurde in unterschiedlichen Studien als theoretische Grundlage verwendet (z. B. Kleickmann et al., 2014; Vogelsang et al., 2019). Empirische Untersuchungen in Quer- und Längsschnitten wiesen auf erwartungskonforme Zusammenhänge (z. B. Reinhold et al., 2017) sowie zeitliche Entwicklung (z. B. Sorge et al., 2019; Kulgemeyer et al., 2020; Riese et al., 2022) dieser Domänen des Professionswissens hin. Ergebnisse zur Entwicklung des FDW liegen dabei bislang hauptsächlich in Form von globalen quantitativen Scores vor, die auf Kovariaten wie Studienfortschritt bezogen werden. Kriterienorientierte Beschreibungen von Ausprägungen der Wissensdomänen von angehenden Physiklehrkräften existieren für das FW (Woitkowski & Riese, 2017) sowie das PW (König, 2009), liegen für das FDW bisher allerdings hauptsächlich in Form von Scale-Anchoring-Modellierungen vor (Schiering et al., 2019; Zeller et al., 2022). Für diese Analysen werden üblicherweise Item-Response-Modellierungen verwendet, die sowohl für die Aufgabenschwierigkeiten als auch für der Personenfähigkeiten eine strikte Hierarchie voraussetzen und stark auf das jeweils zugrunde liegende Testinstrument bezogen sind. Das in diesem Beitrag beschriebene Projekt zielt darauf ab, authentische Sprachproduktionen der Proband:innen mit menschlichem Expertenwissen in Form von Scores und Aufgabenanalysen im Sinne einer Computational Grounded Theory (Nelson, 2020) zu verbinden. Anders als bisherige strikt hierarchischen Ansätze wird dabei a priori keine Hierarchie von Aufgaben und Personen vorausgesetzt. Dazu werden in einem ersten Schritt in diesem Beitrag Testdaten aus dem ProfiLe-P+ Projekt (Vogelsang et al., 2019) einer Reanalyse unterzogen. Dabei werden mithilfe einer Aufgabenkategorisierung und der Bildung von Clustern prototypische Personengruppen durch unsupervised Machine Learning identifiziert.

Stichprobe und Design

Bei den vorliegenden Daten handelt es sich um $N_0 = 846$ Bearbeitungen des Testinstruments zur Erfassung des FDW in vier Facetten von Gramzow (2015) durch Studierende. Das Testinstrument wird dabei als Power Test interpretiert, sodass fehlende Antworten (Missings) mit 0 Punkten kodiert werden. Personen mit mehr als 50 % Missings insgesamt oder mit über 25 % aufeinanderfolgenden Missings am Ende des Testinstruments wurden dabei ausgeschlossen. So blieben insgesamt $N = 778$ Bearbeitungen für die Analyse. Die Aufgaben des Testinstruments wurden zudem einer Anforderungsanalyse angelehnt an die Anforderungsdimensionen nach Anderson und Krathwohl (2001) unterzogen, bei der

induktiv und deduktiv die neun Dimensionen *Fachwissen*, *Beispiel*, *Unterrichtssituation*, *Erinnern*, *Verstehen*, *Anwenden*, *Analysieren*, *Evaluieren* und *Kreieren* ermittelt wurden. Dabei kann eine Aufgabe mehreren Anforderungsdimensionen zugeordnet werden. Nach einer kommunikativen Validierung lag die Beurteilerübereinstimmung der Zuordnungen bei einem mittleren $\kappa = 0.58$, wobei sich die Differenzierung zwischen den Dimensionen *Anwenden* und *Analysieren* als am problematischsten erwies. Das Ziel dieser Analyse war es, die Dimensionalität des Datensatzes derart zu reduzieren und somit inhaltlich zu verdichten, dass eine Interpretierbarkeit (Nelson, 2020) der explorativen Analyse ermöglicht wird. Für diesen Zweck ist die erzielte Übereinstimmung insgesamt zufriedenstellend. Die Daten wurden anschließend personenweise aggregiert, sodass anschließend für jede:n Proband:in ein Score in jeder der neun Dimensionen vorlag.

Methodik

Zur Ermittlung des prototypischen Antwortverhaltens von Personenclustern wurde das k -Means Verfahren gewählt, da es ermöglicht, Zentrumsvektoren und somit typische Ausprägungen der Scores in den Anforderungsdimensionen für die Cluster zu extrahieren. Dieses Verfahren profitiert von möglichst gleichmäßig skalierten Daten, weshalb in einem Zwischenschritt die Scores in den Dimensionen auf den jeweils maximal erreichten Score (d. h. den Score der besten Person in der jeweiligen Dimension) normiert wurden. Mit diesem Vorgehen werden zudem Personenunterschiede am besten sichtbar gemacht. Um eine gute Abdeckung der Varianz bei gleichzeitig angemessener inhaltlicher Verdichtung zu erreichen, wurde ein Modell mit $k = 5$ Clustern gewählt und an die Daten angepasst.

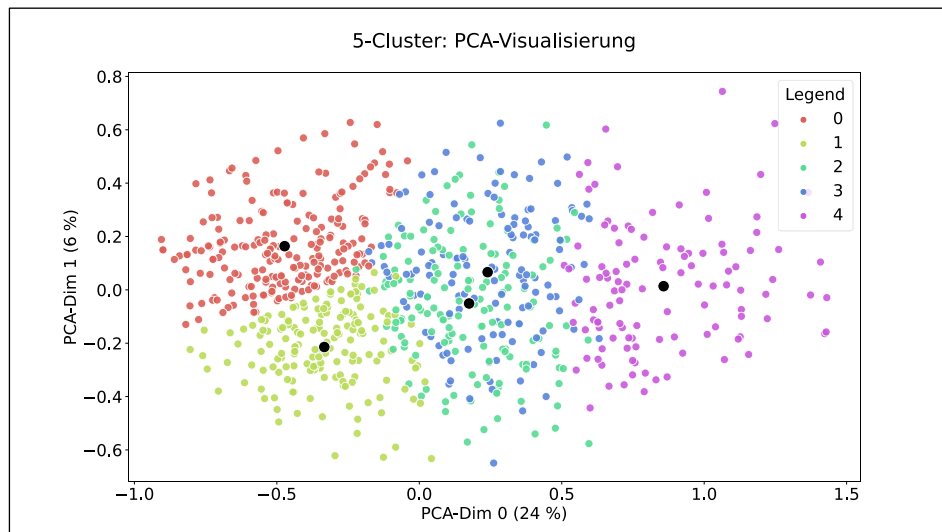


Abb. 1: Darstellung der 9-dim. Cluster in einem 2-dim. Unterraum, der durch PCA ermittelt wurde. Die PCA-Dimension auf der x-Achse klärt dabei 24 % und die PCA-Dimension auf der y-Achse klärt weitere 5 % der Varianz auf. Die schwarzen Punkte repräsentieren die Zentren der jeweiligen Cluster.

Die Daten wurden zu Visualisierungszwecken mithilfe einer Principal Component Analyse (PCA) vom ursprünglichen neundimensionalen Parameterraum auf einen zweidimensionalen Parameterraum projiziert (Abb. 1). Dabei korrespondiert die erste Dimension des reduzierten Parameterraums (x-Achse in Abb. 1) stark mit dem Gesamtscore bzw. der Personenfähigkeit einer Item-Response-Modellierung.

Ergebnisse und Ausblick

Das zentrale Ergebnis der Analyse sind die Ausprägungen der Dimensionen der Clusterzentren (Darstellung in einem Netzdiagramm in Abb. 2). Sie repräsentieren die Ausprägung der Scores in prototypischen Personengruppen. Cluster 0 (Fachsemester Physik: $M = 2.16$, $SD = 1.96$) und Cluster 4 (Fachsemester Physik: $M = 7.15$, $SD = 4.08$) stellen die Gruppen der eher leistungsschwachen und leistungsstarken Studierenden dar, wie man es bei Betrachtung des Studienfortschritts erwarten würde. Das Cluster 1 (Fachsemester Physik: $M = 3.32$, $SD = 2.67$) repräsentiert Studierende, die in den Dimensionen *Verstehen* und *Erinnern* bereits eine höhere Ausprägung erreicht haben, in den anderen Dimensionen aber noch nicht. Auffällig ist insbesondere die Ausprägung der Cluster 2 (Fachsemester Physik: $M = 5.02$, $SD = 3.23$) und 3 (Fachsemester Physik: $M = 5.23$, $SD = 3.77$) welche sich in Bezug auf Studienfortschritt und Gesamtscore kaum unterscheiden. Trotzdem scheint hier die Kompetenz, Elemente von Unterricht zu *kreieren*, zumindest für einen Teil der Studierenden nicht synchron zur Kompetenz, Elemente von Unterricht zu *evaluieren*, ausgebildet zu werden.

In anschließenden Analysen sollen die authentischen Sprachprodukte der Proband:innen mithilfe von Natural Language Processing und insbesondere Topic Models auf die gefundenen Cluster bezogen werden. Weiterhin werden zeitliche Entwicklung der Clusterzuordnung der Proband:innen sowie Zusammenhänge mit konkreten Lehrveranstaltungen untersucht.

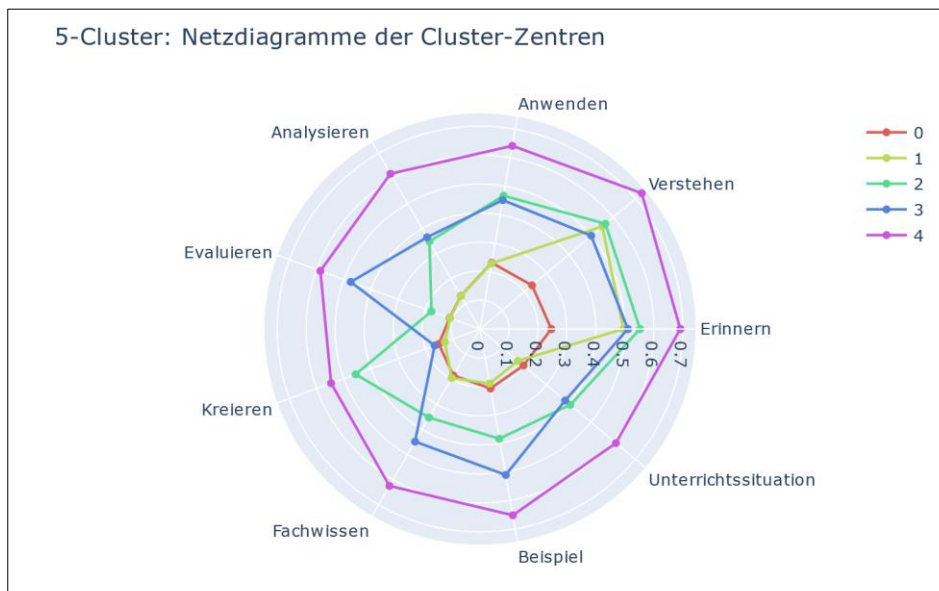


Abb. 2: Netzdiagramme der Clusterzentren.

Literatur

- Anderson, L. W. & Krathwohl, D. R. (Hrsg.). (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives* (4. Aufl.). New York: Longman.
- Baumert, J. & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9(4), 469–520. <https://doi.org/10.1007/s11618-006-0165-2>
- Gramzow, Y. (2015). Fachdidaktisches Wissen von Lehramtsstudierenden im Fach Physik: Modellierung und Testkonstruktion. In H. Niedderer, H. Fischler & E. Sumfleth (Hrsg.), *Studien zum Physik- und Chemielernen* (Bd. 181). Berlin: Logos Verlag.
- Kaiser, G., Bremerich-Vos, A., & König, J. (2020). Professionswissen. In C. Cramer, J. König, M. Rothland & S. Blömeke (Hrsg.), *Handbuch Lehrerinnen- und Lehrerbildung* (S. 811–818). Bad Heilbrunn: Klinkhardt. <https://doi.org/10.35468/hblb2020-100>
- Kleickmann, T., Großschedl, J., Harms, U., Heinze, A., Herzog, S., Hohenstein, F., Köller, O., Kröger, J., Lindmeier, A., Loch, C., Mahler, D., Möller, J., Neumann, K., Parchmann, I., Steffensky, M., Taskin, V. & Zimmermann, F. (2014). Professionswissen von Lehramtsstudierenden der mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächer-Testentwicklung im Rahmen des Projekts KiL. *Unterrichtswissenschaft*, 42(3), 280–288.
- König, J. (2009). Zur Bildung von Kompetenzniveaus im Pädagogischen Wissen von Lehramtsstudierenden: Terminologie und Komplexität kognitiver Bearbeitungsprozesse als Anforderungsmerkmale von Testaufgaben? *Lehrerbildung auf dem Prüfstand*, 2(2), 244–262. <https://doi.org/10.25656/01:14703>
- Kulgemeyer, C., Borowski, A., Buschhüter, D., Enkrott, P., Kempin, M., Reinhold, P., Riese, J., Schecker, H., Schröder, J. & Vogelsang, C. (2020). Professional knowledge affects action-related skills: The development of preservice physics teachers' explaining skills during a field experience. *Journal of Research in Science Teaching*, 52(10), 1554–1582. <https://doi.org/10.1002/tea.21632>
- Nelson, L. K. (2020). Computational grounded theory: A methodological framework. *Sociological Methods & Research*, 49(1), 3–42. <https://doi.org/10.1177/0049124117729703>
- Reinhold, P., Riese, J. & Gramzow, Y. (2017). Fachdidaktisches Wissen im Lehramtsstudium Physik. In H. Fischler & E. Sumfleth (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften der Chemie und Physik* (S. 39–56). Berlin: Logos Verlag.
- Riese, J. (2009). Professionelles Wissen und professionelle Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften. In H. Niedderer, H. Fischler & E. Sumfleth (Hrsg.), *Studien zum Physik- und Chemielernen* (Bd. 97). Berlin: Logos Verlag.
- Riese, J., Vogelsang, C., Schröder, J., Borowski, A., Kulgemeyer, C., Reinhold, P. & Schecker, H. (2022). Entwicklung von Unterrichtsplanungsfähigkeit im Fach Physik: Welchen Einfluss hat Professionswissen? *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 25, 843–867. <https://doi.org/10.1007/s11618-022-01112-0>
- Schiering, D., Sorge, S., Petersen, S. & Neumann, K. (2019). Konstruktion eines qualitativen Niveaumodells im fachdidaktischen Wissen von angehenden Physiklehrkräften. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 25, 211–229. <https://doi.org/10.1007/s40573-019-00100-y>
- Shulman, L. S. (1986). Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4–14. <https://doi.org/10.3102/0013189X015002004>
- Sorge, S., Kröger, J., Petersen, S., & Neumann, K. (2019). Structure and development of pre-service physics teachers' professional knowledge. *International Journal of Science Education*, 41(7), 862–889. <https://doi.org/10.1080/09500693.2017.1346326>
- Vogelsang, C., Borowski, A., Buschhüter, D., Enkrott, P., Kempin, M., Kulgemeyer, C., Reinhold, P., Riese, J., Schecker, H. & Schröder, J. (2019). Entwicklung von Professionswissen und Unterrichtsperformanz im Lehramtsstudium Physik—Analysen zu valider Testwertinterpretation. *Zeitschrift für Pädagogik*, 65(4), 473–491. <https://doi.org/10.25656/01:23990>
- Woitkowski, D. & Riese, J. (2017). Kriterienorientierte Konstruktion eines Kompetenzniveaumodells im physikalischen Fachwissen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 23, 39–52. <https://doi.org/10.1007/s40573-016-0054-z>
- Zeller, J., Jordans, M. & Riese, J. (2022). Ansätze zur Ermittlung von Kompetenzniveaus im Fachdidaktischen Wissen. In S. Habig (Hrsg.), *Unsicherheit als Element von naturwissenschaftsbezogenen Bildungsprozessen, Tagungsband der GDCP Jahrestagung 2021*. Essen: Universität Duisburg-Essen.

Kendra Zilz¹
Dietmar Höttecke¹

¹Universität Hamburg

Förderung von Science Media Literacy bei angehenden Physiklehrkräften

Ausgangssituation

In ihrem Alltag treffen Schüler*innen auf verschiedenste Darstellungen naturwissenschaftlicher Informationen. Die überwiegende Mehrzahl dieser Repräsentationen von Naturwissenschaft wird durch Medien vermittelt (Höttecke & Allchin, 2020). Gleichzeitig haben sich die Medien in den vergangenen Jahrzehnten enorm gewandelt. Herkömmliche Medien wie das Fernsehen und die Printmedien werden zunehmend durch Online-Angebote ersetzt. Heranwachsende greifen zunehmend auf soziale Medien zurück, um sich zum tagesaktuellen Geschehen und somit naturwissenschaftshaltigen Thematiken zu informieren (Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest, 2021). Dabei weisen Online und Offline-Angebote systematische Unterschiede auf (Kozyreva et al., 2020). Die Beiträge in Online-Medien, sozialen Netzwerken im Speziellen, unterliegen keinen zuverlässigen Auswahl- und Filterprozessen, was bei traditionellen Massenmedien einen Qualitätsstandard darstellt. Die Aufgabe der Überprüfung der Glaubwürdigkeit medial vermittelter Wissensansprüche verschiebt sich somit auf die Konsumierenden. Damit diese Überprüfung gelingt, bedarf es eines Kompetenzgefüges, welches von Höttecke und Allchin (2020) als *Science Media Literacy (SML)* bezeichnet wird.

Theoretischer Hintergrund

Zentraler Baustein von *SML* ist ein erweitertes *Nature of Science (NOS)* Konzept hinsichtlich der Kommunikation von Naturwissenschaft sowohl innerhalb der Scientific Community als auch über die Schnittstelle der Medien in der Öffentlichkeit (Höttecke & Allchin, 2020). So sollen Lai*innen zu einem informierten Umgang mit medialen Repräsentationen und einer Reflexion ihrer eigenen Rolle als Rezipient*innen befähigt werden. Zudem gilt es, das *NOS* Konzept um innerwissenschaftliche sozial-kommunikative Vorgänge, in die die Generierung gesicherter naturwissenschaftlicher Erkenntnisse eingebettet ist, zu ergänzen (Zemplén, 2009). Wissen über den Erwerb von Expertise innerhalb der Scientific Community ist konstitutiv für die begründete Anwendung von Vertrauensstrategien bei der Überprüfung von Glaubwürdigkeit. Denn werden Vertrauensstrategien herangezogen, wird mithilfe eines Urteils über personenbezogene Expertise die Frage „*Wem kann ich trauen?*“ beantwortet (Bromme & Kienhues, 2014). Bei der Anwendung von Plausibilitätsstrategien hingegen wird die Frage nach dem sachlichen Wahrheitsgehalt einer Information beantwortet. Da Lai*innen abhängig von Expert*innenwissen sind (*epistemic dependance*: Hardwig, 1985), ist die fundierte Anwendung von Plausibilitätsstrategien jedoch nur in Grenzen möglich.

Zielsetzung und Forschungsfragen

Für eine Exploration der *SML*-bezogenen Fähigkeiten sowie deren Fördermöglichkeiten und Messung wurde eine Stichprobe angehender Physiklehrkräften herangezogen. Unsere Untersuchung zielt darauf ab, einen Anknüpfungspunkt für künftige Forschung auf diesem Gebiet bereitzustellen (vgl. Zilz & Höttecke, 2022). Die Forschungsfragen lauten wie folgt:

(F1): *Welcher Strategien bedienen sich Lehramtsstudierende mit Unterrichtsfach Physik, um wissenschaftliche Geltungsansprüche zu überprüfen und wie verändern sich diese unter Einfluss der Intervention?*

(F2): *Welche Vorstellungen über den Weg naturwissenschaftlichen Wissens, startend von der Forschung bis zur Öffentlichkeit, lassen sich bei Lehramtsstudierenden mit Unterrichtsfach Physik identifizieren und wie verändern sich diese unter Einfluss der Intervention?*

Methodisches Vorgehen

In der vorliegenden explorativen Interventionsstudie im Pre-Post-Design wurde die Förderung von *SML* bei einer Stichprobe von $n = 15$ angehenden Physiklehrkräften untersucht. Die Intervention war dabei durch fünf Seminarsitzungen gegeben, die in eine physikdidaktische Einführungsveranstaltung an der Universität Hamburg eingebettet waren. Die Studierenden wurden in den Seminarsitzungen in verschiedene Aktivitäten und Diskussionen zur *NOS* und *SML* (z.B. Höttecke, 2021; Allchin, 2020) eingebunden.

Zur Beantwortung von (F1) wurde eine Testaufgabe entwickelt, in der eine Fallvignette im Kontext der Corona-Pandemie auf ihre Glaubwürdigkeit hin beurteilt werden sollte. Die Teilnehmenden untersuchten dabei ein Diagramm und ein Zitat aus einem Vortrag zum Corona-Virus und seinen Auswirkungen. Der Vortrag, der der Fallvignette zugrunde liegt, wurde von einer Wissenschaftlerin gehalten, die sich an Lai*innen in einem nicht-wissenschaftlichen Umfeld wandte und durch ihre Aussagen die Gefahr des Virus verharmloste. Zur Beantwortung von (F2) wurde eine weitere, offen gestaltete Testaufgabe entwickelt, in der die Testpersonen den „*Weg naturwissenschaftlichen Wissens*“ von der Forschung bis zur Öffentlichkeit ihrem Verständnis nach aufzeichnen sollten. Das Instrument blieb über Pre- und Posttest hinweg konstant. Die erhobenen Daten wurden mithilfe einer strukturierenden qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2015) analysiert. Dazu wurde ein theorie- und datengestütztes Kodierungssystem entwickelt.

Ergebnisse

Es zeigte sich, dass die Lehramtsstudierenden die im Pretest verwendeten Plausibilitätsstrategien im Posttest um Vertrauensstrategien und die Reflexion der eigenen epistemischen Abhängigkeit ergänzten (F1; Abb. 1). Im Pretest griffen die Studierenden fast ausschließlich auf Plausibilitätsstrategien zurück, indem sie primär das ihnen vorgelegte Diagramm interpretierten und auf seine Richtigkeit hin überprüften. Im Posttest hingegen wurden von 73% (Pretest: 18 %) der Teilnehmenden Vertrauensstrategien angewandt. Bei den identifizierbaren Vertrauensstrategien handelte es sich beispielsweise um die Prüfung der Expertise der sich äussernden Wissenschaftlerin sowie eine Prüfung ihres akademischen Umfelds. Einige Studierende gliederten die Äußerungen der Wissenschaftlerin mit dem von ihnen vernommenen wissenschaftlichen Konsens über die Gefahr des Corona-Virus ab und schlussfolgerten, dass diese nicht miteinander vereinbar sind. Diese Studierenden ordneten den Informationen folgerichtig eine geringe Glaubwürdigkeit zu.

Weiter zeigte sich, dass die eigene epistemische Abhängigkeit im Pretest von keinem:r der Teilnehmenden reflektiert wurde, im Nachtest hingegen bedachten 55 % der Studierenden,

dass sie selbst keine Expert*innen im Fachgebiet der Testaufgabe sind (Abb. 1). Alle Studierenden, die ihre eigene epistemische Abhängigkeit reflektierten, wandten mindestens eine Vertrauensstrategie an.

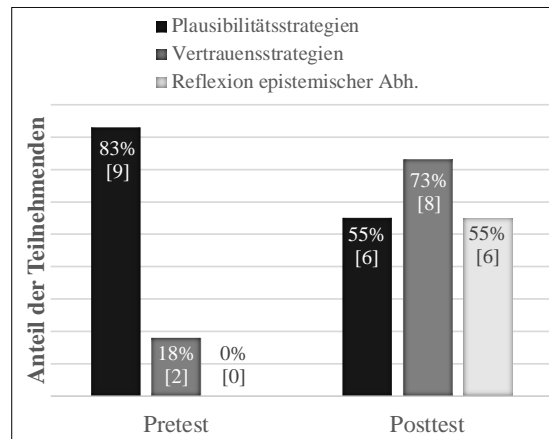


Abb. 1: Darstellung der prozentualen Anteile der Teilnehmenden geordnet nach Strategien.

Hinsichtlich (F2) konnten im Pretest einige inadäquate Vorstellungen zum „Weg naturwissenschaftlichen Wissens“ seitens der Studierenden identifiziert werden. Dazu zählen z.B. inadäquate Vorstellungen zur Rolle von sozial-kommunikativen Arbeitsweisen innerhalb der Naturwissenschaften sowie die Vorstellung, Konsumierende nähmen eine sehr passive Rolle in wissenschaftskommunikativen Prozessen ein. Zudem wurden die systematischen Unterschiede zwischen herkömmlichen Medien und Sozialen Medien weder im Pre- noch im Posttest aufgezeigt. Posttest-Daten zeigten dennoch, dass inadäquaten Vorstellungen individuell entgegengewirkt werden konnte. Hervorzuheben ist hier, dass eine Mehrheit der Testpersonen adäquate Bezüge zur Bedeutung sozial-kommunikativer Prozesse beim Wissenserwerb in der naturwissenschaftlichen Forschung herstellte und Konsumierenden eine aktive Rolle beim Bezug von Informationen zuwies.

Resümee

Die Ergebnisse zeigen, dass Lernwirkungen bezüglich geeigneter Strategien zur Prüfung medial vermittelter Geltungsbehauptungen in Folge einer zeitlich begrenzten Intervention erreichbar und nachweisbar sind. Die Vermittlung von Vertrauensstrategien stellte sich als vielversprechende Fördermöglichkeit von *SML* heraus. Die Reflexion der eigenen epistemischen Abhängigkeit von Expert*innenwissen bedingte dabei die Verwendung von Vertrauensstrategien. Des Weiteren stellte sich die Fallvignette als geeignete Testaufgabe heraus, um die Verwendung von Plausibilitäts- und Vertrauensstrategien abzubilden. Als Limitation erwies sich der zweifache Einsatz der gleichen Fallvignette in Pre- und Posttest. Den Testpersonen war es so nur begrenzt möglich, ihre Denkstrukturen im Posttest neu zu ordnen. Weiter wurden die Vorstellungen der Testpersonen auf höchst inferenzielle Art und Weise aus Zeichnungen abgeleitet ohne eine kommunikative Validierung. Diese Vorstudie gibt Anknüpfungspunkte für zukünftige Studien zur Förderung von *SML* bei Sekundarstufenschüler*innen. Dafür kann eine Weiterentwicklung der hier verwendeten Fallvignette vorgenommen werden.

Literatur

- Allchin, D. (2020). The Credibility Game. *The American Biology Teacher*, 82(8), 535-541. DOI: 10.1525/abt.2020.82.8.535.
- Bromme, R. & Kienhues, D. (2014). Wissenschaftsverständnis und Wissenschaftskommunikation. In T. Seidel & A. Krapp (Eds.), *Pädagogische Psychologie* (pp. 55-81). Weinheim: Beltz.
- Hardwig, J. (1985): Epistemic Dependence. *Journal of Philosophy*, 82(7), S. 335-349.
- Höttecke, D. & Allchin, D. (2020). Reconceptualizing nature-of-science education in the age of social media. *Science Education*, 104(4), 641-666. DOI: 10.1002/sce.21575
- Höttecke, D. (2021). Klimawandel in den Medien: Drei Antworten, wie man Schülerinnen und Schüler darauf vorbereiten kann. *Unterricht Physik*, 183(32), 50-55.
- Kozyreva, A., Lewandowsky, S. & Hertwig, R (2020). Citizens Versus the Internet: Confronting Digital Challenges with Cognitive Tools. *Psychological Science in the Public Interest*, 21(3), 103-156. DOI: 10.1177/1529100620946707
- Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken*. Weinheim: Beltz.
- Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest (Hg.) (2021): *JIM-Studie 2021. Jugend, Information, Medien. Basisuntersuchung zum Medienumgang 12- bis 19-Jähriger*. Abrufbar unter: https://www.mpfs.de/fileadmin/files/Studien/JIM/2021/JIM-Studie_2021_barrierefrei.pdf.
- Zemplén, G.Á. (2009). Putting Sociology First – Reconsidering the Role of the Social in ‘Nature of Science’ Education. *Science & Education*, 18, 525-559. DOI: 10.1007/s11191-007-9125-3.
- Zilz, K. & Höttecke, D. (2022). Promoting Pre-service Physics Teachers’ Science Media Literacy. *Science Education Review Letters*. DOI: 10.18452/24480.

Melanie Jordans¹
Josef Riese¹

¹RWTH Aachen University

Unterrichtsplanung mit sinnvoller Einbettung digitaler Medien im PU

Motivation und theoretischer Hintergrund

Zu den zentralen Aufgaben von Lehrkräften gehört die gezielte und nach wissenschaftlichen Erkenntnissen gestaltete Planung von Lehr- und Lernprozessen (KMK, 2019). Die schriftliche Unterrichtsplanung verbindet dabei die zwei Zielklassen: *Kreation* (Vorbereitung möglicher Unterrichtshandlungen) und *Legitimation* (Begründung bereits erdachter Handlungen) (vgl. Vogelsang & Riese, 2017). Das Ziel der schriftlichen Planung von Unterricht ist zudem die Ausbildung von Handlungsskripten und -routinen, damit Lehrkräfte im Unterricht flexibel reagieren können (vgl. Stender, 2014). Daher wird auch die Anfertigung schriftlicher Unterrichtsplanungen als wichtig für die Professionalisierung von angehenden Lehrkräften betrachtet. Es scheint sinnvoll, die Lehrkräftebildung im Hinblick auf den Erwerb von Unterrichtsplanungsfähigkeiten zu untersuchen.

Hinzukommend steigt die Bedeutung digitaler Medien für den Fachunterricht durch eine stärkere Verankerung medienbezogener Kompetenzen in Lehrplänen, Bildungsstandards (KMK, 2019) sowie in Kerncurricula für den Vorbereitungsdienst (z.B. MSB NRW, 2021). Daher sind Lehrkräfte zunehmend gefordert, digitale Medien sinnvoll in den Unterricht zu integrieren. Allerdings sollten digitale Medien nicht um ihrer selbst willen im Unterricht genutzt werden, sondern weil sie vor allem für den naturwissenschaftlichen Fachunterricht Vorteile bieten können. Digitale Medien ermöglichen bspw. im Mechanikunterricht eine zeitökonomische Erfassung von Messwerten, niederschwellige Auswertungen bei mathematischen Defiziten der Lernenden (z.B. Lampe et al., 2015) oder die Untersuchung nicht unmittelbar zugänglicher realer Phänomene aus physikalischer Perspektive (z.B. Nordmeier, 2002) und können die Motivation der Lernenden steigern (vgl. Hillmayr et al., 2017). Aktuelle Diskussionen beschäftigen sich jedoch zum Teil eher mit technischen und organisatorischen Aspekten und seltener damit, wie eine didaktisch sinnvolle Einbettung digitaler Medien in fachbezogene Unterrichtsplanungen gelingt.

Noch ist unklar, inwieweit bestimmte Aspekte des Professionswissens für die Entwicklung der Unterrichtsplanungsfähigkeiten insbesondere in Praxisphasen förderlich sind, sodass weitere empirische Klärung aussteht (z.B. Rothland, 2021; Riese et al., 2022).

Ausgangslage – Zusammenhang von UPF und Professionswissen

Bei der Verknüpfung der drei Bereiche des Professionswissens: fachdidaktisches Wissen (FDW), Fachwissen (FW) und pädagogisches Wissen (PW, vgl. Baumert & Kunter, 2006) und deren Nutzung für den Aufbau der Unterrichtsplanungsfähigkeiten (UPF) werden schulpraktischen Phasen eine zentrale Bedeutung zugesprochen (König et al., 2020). Zur Aufklärung dessen wurden im Projektverbund ProfiLe-P+ Zusammenhänge zwischen dem Professionswissen und der Performanz bei der schriftlichen Planung von Physikunterricht untersucht. Dazu wurde ein Paper-Pencil-Test entwickelt, in dem die Lehramtsstudierenden unter standardisierten Bedingungen eine realitätsnahe Planung einer Unterrichtsstunde zum Wechselwirkungsprinzip bewältigen sollen (Schröder et al., 2020). Mithilfe dieses Test-

instruments und weiteren Leistungstests (vgl. z.B. Riese et al., 2015) zeigte sich eine signifikante Zunahme der UPF der angehenden Physiklehrkräfte über das Praxissemester und, dass das FDW sowie das PW zu Beginn des Praxissemesters einen positiven Einfluss auf die Entwicklung der UPF über ein Praxissemester zu haben scheinen (vgl. Riese et al., 2022).

Ziele

Um die gezeigten Zusammenhänge zwischen der UPF und dem Professionswissen weiter aufklären und verallgemeinern zu können, wird zum einen eine Replikationsstudie in einem angrenzenden Themenfeld durchgeführt. Zum anderen soll untersucht werden, inwieweit das fachdidaktische Wissen zum Einsatz digitaler Medien bewusst oder unbewusst zur Unterrichtsplanung mit Einbettung digitaler Medien herangezogen wird. Somit sollen die folgenden Ziele im Rahmen dieses Projekts realisiert werden:

- *Weiterentwicklung des Performanztests von Schröder et al. (2020) im Hinblick auf den Einsatz digitaler Medien*
- *Replikation der Ergebnisse von Schröder et al. (2020) & Riese et al. (2022) in einem angrenzenden inhaltlichen Themenfeld*
- *Identifikation von Wissensselementen, die zur Legitimation und Kreation genutzt bzw. die als hilfreich oder weniger hilfreich bei der Unterrichtsplanung eingeschätzt werden*

Untersuchungsdesign

Um die Fähigkeit zur Unterrichtsplanung insb. mit Einbettung digitaler Medien (UPF-DM) von Physiklehramtsstudierenden sowie deren Entwicklung über ein Praxissemester zu untersuchen, wurde der zuvor beschriebene Performanztest aus dem Projekt ProfiLe-P+ (Schröder et al., 2020) adaptiert. Der veränderte Performanztest (UPF-DM) sowie vorhandene reliable Leistungstests zum FDW (Jordans et al., 2022 adaptiert von Gramzow, 2015), zum FDW bzgl. des Einsatzes digitaler Medien (FDW-DM, Große-Heilmann et al., 2022) sowie zum PW (adaptiert von Seifert et al., 2009) werden im Längsschnitt über das Praxissemester an vier deutschen Universitäten eingesetzt, um Veränderungen und Zusammenhänge zwischen der Performanz und den Bereichen des Professionswissens über das Praxissemester untersuchen zu können. Im Anschluss soll mittels retrospektiver Interviews untersucht werden, welche Aspekte des FDW tatsächlich von den Studierenden bei der Planung von Physikunterricht bewusst herangezogen bzw. als hilfreich angesehen werden und welche Aspekte des FDW-DM für die Entwicklung der UPF-DM bedeutsam sind. Bisher konnten längsschnittliche Daten zur UPF-DM für $N=15$ Personen erhoben und mit $N=5$ Personen Interviews geführt werden.



Abb. 1: Überblick über den Erhebungsplan je Masterkohorte des Praxissemesters.

Planungsperformanztest

Der Performanztest von Schröder et al. (2020) wurde vor allem hinsichtlich des fachlichen Inhalts der zu planenden Unterrichtsstunden und des Testformats weiterentwickelt. In dem adaptierten Testinstrument zur Messung der UPF-DM soll nun von den Studierenden eine

Doppelstunde Physikunterricht mit Einbettung eines digitalen Mediums zur gleichmäßig beschleunigten Bewegung unter Nutzung des Online-Tools *LimeSurvey* geplant werden. Die Studierenden erhalten dazu standardisierte Vorgaben wie die Beschreibung der Lerngruppe und des vorausgegangenen Unterrichts sowie zwei mit der Unterrichtsstunde zu erreichende Ziele. Mit den vorgegebenen Hilfsmitteln in Form von Schulbuchauszügen und einer Online-Quelle soll die Planung innerhalb von 70 Minuten vorgenommen werden. Die Dokumentation erfolgt durch vorstrukturierte Arbeitsaufträge, welche relevante Aspekte der Unterrichtsplanung einfordern wie z.B. zentrale fachdidaktische oder medienbezogene Aspekte sowie das Erstellen eines Verlaufsplans. Dabei sollen getroffene Entscheidungen begründet werden, wodurch die Zielklasse der *Legitimation* ebenfalls verfolgt wird.

Zur Pilotierung des Testinstruments haben eine Gruppe von acht Masterstudierenden (Alter: 25, SD=3; Semester: 10; SD=3) die Bearbeitung des Planungstests vorgenommen und anschließend ein Kurzinterview geführt. Es ergab sich eine mittlere Bearbeitungszeit von 71 Minuten, wobei 75 % der Studierenden angaben, dass sie ohne Zeitdruck vermutlich länger für die Planung benötigt hätten. Auf Grundlage der Pilotierung wurden hauptsächlich technische Probleme sowie sprachliche Schwierigkeiten behoben.

Bewertung von Planungen

Die Bewertung der Planungen soll anhand eines Modells zur Planungsperformanz vorgenommen werden, wobei neben allgemeinen Qualitätsmerkmalen auch der möglichst didaktisch begründete Einsatz des digitalen Mediums in den Kontext der gesamten Unterrichtsstunde betrachtet werden soll. Dazu werden zunächst Aspekte *lokal* (u.a. Vollständigkeit) und *global* (Grad der Vernetzung in die gesamte Unterrichtsstunde) bewertet. Falls sinnvoll, wird auch der Grad (Menge und Qualität) der Begründungen in die Bewertung einbezogen. Zu den in Abb. 2 dargestellten acht Aspekten werden aus Praxisratgebern, Lehrbüchern und dem Bewertungsmodell von Schröder et al. (2018) deduktiv Items abgeleitet und mithilfe bearbeiteter Planungstests von Expert:innen erweitert. Zu den Aspekten *Messwerterfassung* und *Digitale Medien* gehören Items, bei denen aufgrund der geforderten Einbindung des digitalen Mediums in die Unterrichtsstunde ein größerer Adaptionsaufwand vorliegt.

| Aspekt | Lokal | Global | Begründungen |
|---------------------|-------|--------|--------------|
| Fachlicher Inhalt | ✓ | ✓ | ✗ |
| Kompetenzen | ✗ | ✓ | ✗ |
| Lernvoraussetzungen | ✓ | ✓ | ✗ |
| Elementarisierungen | ✓ | ✓ | ✓ |
| Kontext | ✓ | ✓ | ✓ |
| Aufgaben | ✓ | ✓ | ✓ |
| Messwerterfassung* | ✓ | ✓ | ✓ |
| Digitale Medien | ✓ | ✓ | ✓ |

Abb. 2: Übersicht über die zu bewertenden Aspekte (angelehnt an Schröder et al., 2018).

Ausblick

Neben der Fertigstellung und Überprüfung der Interraterreliabilität des Kodiermanuals zur Bewertung der Planungen soll die Entwicklung eines Kategoriensystems zur Auswertung der retrospektiven Interviews erfolgen. Bisher können durch erste Eindrücke wenige überblicksartige Aussagen in Bezug auf die Nutzung des Professionswissens bei der Unterrichtsplanung getroffen werden. Die Studierenden berichteten überwiegend über Aspekte des pädagogischen Wissens (z.B. Phasierung der Stunde) und Erfahrungen aus praktischen Phasen, die sie bewusst zur Planung heranzogen. Weitere Analysen stehen hierbei allerdings noch aus.

Literatur

- Baumert, J., & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9(4), 469 – 520.
- Gramzow, Y. (2015). Fachdidaktisches Wissen von Lehramtsstudierenden im Fach Physik. Modellierung und Testkonstruktion. In Niederer, H., Fischler, H. & Sumfleth, E. (Hrsg.), *Studien zum Physik- und Chemielernen*, 181. Berlin: Logos Verlag.
- Große-Heilmann, R., Riese, J., Burde, J. P., Schubatzky, T., & Weiler, D. (2022). Fostering Pre-Service Physics Teachers' Pedagogical Content Knowledge Regarding Digital Media. *Education Sciences*, 12(7), 440.
- Hillmayr, D., Reinhold, F., Ziernwald, L. & Reiss, K. (2017). Digitale Medien im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht der Sekundarstufe. Einsatzmöglichkeiten, Umsetzung und Wirksamkeit. Zentrum für internationale Vergleichsstudien (ZIB). Münster: Waxmann Verlag.
- Jank, W. & Meyer, H. (2020). *Didaktische Modelle* (14. Aufl.). Berlin: Cornelsen.
- Jordans, M., Zeller, J., Große-Heilmann, R. & Riese, J. (2022). Weiterentwicklung eines physikdidaktischen Tests zum Online-Assessment. In S. Habig & H. van Vorst (Hrsg.), *Unsicherheit als Element von naturwissenschaftsbezogenen Bildungsprozessen*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung virtuell 2021. Tagungsband GDPC, 764–767.
- KMK (2019). Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.12.2004 i. d. F. vom 16.05.2019).
- König, J., Bremerich-Vos, A., Buchholtz, C., Glutsch, N. (2020). General pedagogical knowledge, pedagogical adaptivity in written lesson plans, and instructional practice among preservice teachers. *Journal of Curriculum Studies*, 52(6), 800-822.
- Lampe, H. U., Liebner, F., Urban-Woldron, H., & Tewes, M. (2015). Innovativer naturwissenschaftlicher Unterricht mit digitalen Werkzeugen. Experimente mit Messerwerterfassung in den Fächern Biologie, Chemie, Physik. MNU Themenreihe Bildungsstandards. Neuss: Verlag Klaus Seeberger.
- Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen (2021). Kerncurriculum für die Lehrerbildung im Vorbereitungsdienst – Verbindliche Zielvorgabe der schulpraktischen Lehrerbildung in Nordrhein-Westfalen. Bildungsland NRW.
- Nordmeier, V. (2002). Videoanalyse von Bewegungen mit dem Computer. *Unterricht Physik*, 13 (69), 27-30.
- Riese, J., Kulgemeyer, C., Zander, S., Borowski, A., Fischer, H. E., Gramzow, Y., Reinhold, P., Schecker, H. & Tomczyszyn, E. (2015). Modellierung und Messung des Professionswissens in der Lehramtsausbildung Physik. In S. Blömeke & O. Zlatkin-Troitschanskaia (Hrsg.). *Kompetenzen von Studierenden: 61. Beiheft der Zeitschrift für Didaktik* (S. 55-79). Weinheim: Beltz Juventa.
- Riese, J., Vogelsang, C., Schröder, J., Borowski, A., Kulgemeyer, C., Reinhold, P., & Schecker, H. (2022). Entwicklung von Unterrichtsplanungsfähigkeit im Fach Physik: Welchen Einfluss hat Professionswissen?. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 1-25.
- Rothland, M. (2021). Anmerkungen zur Modellierung und Operationalisierung (allgemeindidaktischer) Unterrichtsplanungskompetenz. *Unterrichtswissenschaft*, 49. doi: <https://doi.org/10.1007/s42010-021-00111-0>.
- Schröder, J., Vogelsang, C. & Riese, J. (2018). Erfassung der Performanz bei der Planung von Physikunterricht. In C. Maurer (Hrsg.), *Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht – normative und empirische Dimensionen*. GDPC Jahrestagung in Regensburg 2017. Tagungsband Universität Regensburg, 871-874.
- Schröder, J., Riese, J., Vogelsang, C., Borowski, A., Buschhüter, D., Enkrott, P., Kempin, M., Kulgemeyer, C., Reinhold, P. & Schecker, H. (2020). Die Messung der Fähigkeit zur Unterrichtsplanung im Fach Physik mit Hilfe eines standardisierten Performanztests. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 26, 103-122. <https://doi.org/10.1007/s40573-020-00115-w>.
- Seifert, A., Hiiligus, A. H. & Schaper, N. (2009). Entwicklung und psychometrische Überprüfung eines Messinstruments zur Erfassung pädagogischer Kompetenzen in der universitären Lehrerbildung. *Lehrerbildung auf dem Prüfstand*, 2 (1), 82–103.
- Stender, A. (2014). *Unterrichtsplanung: Vom Wissen zum Handeln*. Berlin: Logos.
- Vogelsang, C. & Riese, J. (2017). Wann ist eine Unterrichtsplanung „gut“? Planungsperformanz in Praxisratgebern zur Unterrichtsplanung. In S. Wernke & K. Zierer (Hrsg.), *Die Unterrichtsplanung - Ein in Vergessenheit geratener Kompetenzbereich?!* (S. 47–61). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Robert von der Heide¹
Sascha Schanze¹

¹Leibniz Universität Hannover

Einstellungen Studierender zu digitalen Werkzeugen im Fachpraktikum Chemie

Im Rahmen des Fachpraktikums Chemie setzen sich die Studierenden des Master Lehramts an Gymnasien an der Leibniz Universität Hannover (LUH) konkret mit der eigenständigen Planung und Umsetzung von Chemieunterricht auseinander. Dabei steht die Reflexion der eigenen Erfahrungen im Vordergrund. Das Praktikum ist auch eine Gelegenheit sich aktiv mit dem Einsatz digitaler Werkzeuge im Chemieunterricht auseinanderzusetzen und dem Bedarf eigene Erfahrungen in deren Einsatz zu erlangen gerecht zu werden (Vogelsang, 2019).

Um diese Erfahrungen der Studierenden näher zu betrachten, wurden in dieser Pilotstudie die Reflexionen von fünf freiwillig teilnehmenden Studierenden ausgewertet. Die Studierenden beschrieben im Vorfeld des Praktikums ihre bereits gemachten Erfahrungen mit digitalen Werkzeugen im Chemieunterricht und reflektierten am Ende ihre praktischen Erfahrungen aus dem Praktikum. Um die Auseinandersetzung mit der Thematik zu unterstützen, erhielten die Studierenden Leitfragen und Reflexionsanlässe.

Cultural Historical Activity Theory

Zur Analyse der Reflexionen des Einsatzes digitaler Werkzeuge wurde die *cultural historical activity theory* (CHAT) genutzt (vgl. Schanze & Girwidz, 2018). Basierend auf den Arbeiten von Vygotsky (1978) und Leont'ev (1978), steht das Modell in seiner dritten Generation, beschrieben von Yrjö Engeström (1987, 2001). Ziel der CHAT ist es, Handlungen von Menschen bzw. Gruppen von Menschen in ihre Bestandteile aufzuteilen. Hierzu werden die Kategorien Subjekt, Werkzeug, Objekt, Regeln, Gesellschaft, Arbeitsteilung gebildet (siehe Abb. 1).

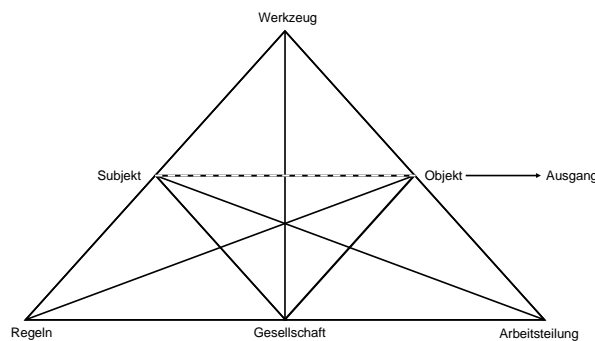


Abb. 1: Handlungsmodell in der 3. Generation (verändert nach Engeström, 2001)

Die einzelnen Bestandteile des Modells stehen miteinander in Verbindung und bedingen sich im Laufe der Handlung gegenseitig. Die Interaktion zwischen dem Subjekt (Wer handelt?) und dem Objekt (Was wird verändert?) ist dabei nicht direkt, sondern immer durch ein Werkzeug vermittelt. Weiterhin sind Handlungen nicht als starre Konstrukte zu betrachten. Sie können sich über die Zeit verändern und weiterentwickeln. Dieses Konzept bildet die

Grundlage für Engeströms Theorie des Expansiven Lernens (Engeström, 1987). Treibende Kraft für die Veränderung von Handlungen stellen Spannungen dar, welche innerhalb der Handlung auftreten können. Diese Spannungen, z.B. eine Handlung, die nicht den gewünschten Ausgang erreicht, führt dazu, dass sich die Handlung entwickelt und ein Lösen der Spannung erreicht wird.

Durch die Nutzung der CHAT kann ein vertiefter Einblick in die Ausführungen der Studierenden erreicht werden. So können mögliche Spannungen bereits in den Vorbetrachtungen der Studierenden identifiziert und der Umgang damit bzw. die Lösung davon zu späteren Zeitpunkten rekonstruiert werden.

Erste Ergebnisse

Im Fokus der initialen Auswertung standen die von den Studierenden verfassten Vorbetrachtungen und Erfahrungen mit digitalen Werkzeugen im Chemieunterricht. Hierbei konnten eine Vielzahl an Fällen identifiziert werden, in welchen die Studierenden dem Einsatz digitaler Werkzeuge einen Mehrwert zusprechen. Als prototypisches Beispiel soll an dieser Stelle folgende Aussage einer Studierenden dienen:

„Ich habe aber die Erfahrung gemacht, dass Schüler*innen digital gestütztes Lernen begrüßen und dadurch auch motiviert werden.“

In der Aussage wird digital gestütztes Lernen mit den Einstellungen der Schülerinnen und Schülern zum Unterricht in Verbindung gebracht. Der Einsatz soll, aus der eigenen Erfahrung legitimiert, begrüßt werden und weiterhin zu einer erhöhten Motivation der Schülerinnen und Schüler führen. Eine Betrachtung vor dem Hintergrund der CHAT zeigt, dass in der beschriebenen Handlung die Subjekte „Schüler*innen“ unter Nutzung des Werkzeugs „digital gestütztes Lernen“ den Ausgang „dadurch motiviert werden“ erreichen sollen. Nicht explizit benannt wird das Objekt des Handlungssystems (siehe Abb. 2).

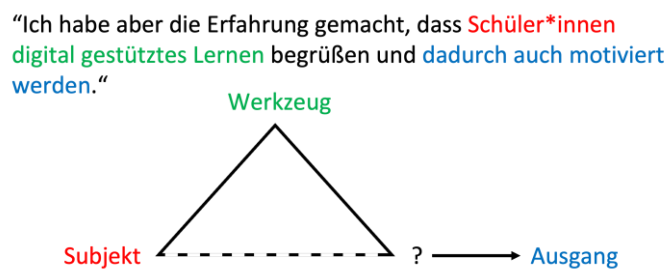


Abb. 2: Aus Portfolieinträgen generiertes Aktivitätssystem

Die nicht explizierte Darstellung des zu verändernden Objekts, verhindert die Ausübung dieses theoretischen Handlungssystems. Bei der Übertragung dieses Beispiels in die Praxis würde die Probandin auf Probleme stoßen, da das Objekt, dessen Veränderung eine motivierend für die Schülerinnen und Schüler wirken soll, nicht benannt wird. Eine mögliche Lösung des Problems kann durch die Verbindung des Handlungssystems z.B. mit einer theoretischen Grundlage aus der Motivations- und Interessensforschung erreicht werden.

Beispielweise kann durch Nutzung der Selbstbestimmungstheorie nach Deci und Ryan (2008) durch die Erhöhung des Grads der Selbstbestimmung eine verstärkte Motivation der Schülerinnen und Schüler erreicht werden. Das Objekt, welches durch das Werkzeug „digital gestütztes Lernen“ verändert werden soll, wäre demnach der Grad der Selbstbestimmung auf Seiten der Schülerinnen und Schüler.

Durch eine mögliche Explikation des Objektes, liegt im Umkehrschluss auch ein neuer Bewertungsrahmen für die Handlung und ihre Bestandteile vor. Die Studierende würde somit einen erweiterten Begründungs- und Entscheidungsraum für ein alternatives digitales (oder auch analoges) Werkzeug aufspannen – z.B. welches Werkzeug unterstützt die Selbstbestimmung in der Lernsituation in welcher Form? Wie muss ich dies unterstützen? Woran kann ich den Erfolg erkennen? In einer anschließenden Reflexion der Handlung können diese Aspekte konkret eingebunden und auf den tatsächlich durchgeführten Unterricht gerichtet werden.

Ausblick

Das oben genannte Beispiel stellt nur einen Auszug aus einer Vielzahl unkonkreter Aussagen dar, die im Rahmen der Erhebung und im Verlauf des Studiums von Studierenden, dabei nicht nur im Hinblick auf den Einsatz digitaler Werkzeuge, getätigt werden. Studierende sind in der Lage ein gewünschtes Ziel für ihren Unterricht zu formulieren und darauf aufbauend eine mögliche Handlung zu planen. Allerdings zeigt sich an dieser Stelle eine fehlende Verbindung zwischen Theorie und Praxis: Den Studierenden gelingt es selten ihren geplanten Handlungen eine passende theoretische Legitimation zuzuweisen bzw. wird der Mehrwert einer solchen expliziten Verbindung selten erkannt.

Um diesem Bedarf zu begegnen und eine weitere Lerngelegenheit für die Verbindung von Theorie und Praxis in die Lehre zu integrieren, soll im weiteren Verlauf der Studie die CHAT als Tool in Veranstaltungen Anwendung finden (siehe Abb. 3).

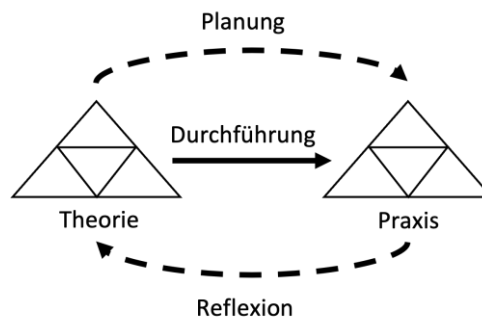


Abb. 3: Die CHAT als Tool in Planung, Reflexion (theoretisch) und Durchführung.

Zunächst werden die Studierenden aufgefordert unter Zuhilfenahme der CHAT eine auf theoretischen Grundlagen basierende Handlung zu planen und aufzubauen. Dabei sollen bereits mögliche Umsetzungsmöglichkeiten für die Praxis generiert werden. In einem zweiten Schritt werden dann bereits bestehende Unterrichtsszenarien, z.B. in der Form einer Vignette, von den Studierenden beobachtet, mit Hilfe der CHAT analysiert und eine mögliche theoretische Grundlage für das beobachtete Handeln ermittelt.

Literatur

- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2008). Self-determination theory: A macrotheory of human motivation, development, and health. *Canadian Psychology*, 49(3), 182–185.
- Engeström, Y. (1987). *Learning by expanding: an activity-theoretical approach to developmental research*. Helsinki: Orienta-Konsultit.
- Engeström, Y. (2001). Expansive learning at work: toward an activity theoretical reconceptualization. *Journal of Education and Work*, 14(1), 133–156.
- Leont'ev, A. N. (1978). *Activity, consciousness, and personality*. Englewood Cliffs, Mahwah: Prentice-Hall, Lawrence Erlbaum.
- Schanze, S., & Girwidz, R. (2018). Lernen mit digitalen Medien. in D. Krüger, I. Parchmann, & H. Schecker (Hrsg.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung*. Springer Berlin Heidelberg, 177-192
- Vogelsang, C., Finger, A., Laumann, D., & Thyssen, C. (2019). Vorerfahrungen, Einstellungen und motivationale Orientierungen als mögliche Einflussfaktoren auf den Einsatz digitaler Werkzeuge im naturwissenschaftlichen Unterricht. *Zeitschrift Für Didaktik Der Naturwissenschaften*.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society – the development of higher psychological processes* (20. Aufl.). Massachusetts, London: Harvard University Press.

Muriel Schaber¹
Gunnar Friege¹

¹Leibniz Universität Hannover

Digitalisierungsbezogene Kompetenzen angehender Physiklehrkräfte - Oder: Wie setzen Lehramtsstudierende (digitale) Medien im Physikunterricht ein?

Ausgangssituation

Im Handlungsfeld 2, Moderne Lernformate – digital, reflexiv, didaktisch strukturiert des Projekts Leibniz-Prinzip¹, setzen sich die Physik- und Chemiedidaktik mit dem Einsatz digitaler Medien im Rahmen des Fachpraktikums auseinander (siehe auch Beitrag von der Heide).

Hierbei steht die Frage, wie digitalisierungsbezogene Kompetenzen angehender Lehrkräfte bereits in der universitären Ausbildung eingebunden sind und in Zukunft eingebunden werden sollten, im Blick. Besondere Bedeutung hat diese Frage durch die coronabedingten Einschränkungen im Schulbetrieb im Frühjahr 2020 erhalten.

Forschungsfragen

Die Entwicklung von Kompetenzen stellt ein komplexes Feld dar, welches in vielen Forschungsvorhaben mit unterschiedlicher Schwerpunktsetzung untersucht wird. Der Fokus dieses Promotionsvorhabens liegt dabei auf dem Einsatz (digitaler) Unterrichtsmedien im Rahmen des Fachpraktikums Physik am Ende des Masterstudiums. Dabei werden die Planung, Durchführung als auch Reflexion einer von den Studierenden verantworteten Physikstunde untersucht. An diesem Dreischritt orientieren sich auch die Forschungsfragen:

- Inwieweit sind die Studierenden in der Lage, den Einsatz von digitalen Unterrichtsmedien im Unterricht zu planen?
- Wie setzen die Studierenden digitale Unterrichtsmedien in ihrem Unterricht ein?
- Inwieweit sind die Studierenden in der Lage, ihre Unterrichtsplanung und -durchführung im Fachpraktikum Physik zu reflektieren?

Digitalisierungsbezogenen Kompetenzen

Mit der Beschreibung und Erfassung digitalisierungsbezogener Kompetenzen befasst sich eine Vielzahl an Kompetenzrahmen und -modellen. Um eine möglichst breite theoretische Grundlage für die Auswertung der erhobenen Daten zu schaffen, wird eine Dokumentenanalyse ausgewählter Kompetenzrahmen und -modelle durchgeführt. Die Auswahl richtet sich nach der Relevanz in Bezug auf die Fragestellungen. Insgesamt fließen sechs Kompetenzrahmen und -modelle in die Analyse ein:

- TPACK (Mishra & Koehler 2009)
- DigCompEdu (Redecker 2017)
- UDE-Modell (Beißwenger et al. 2020)
- Basiskompetenzen Digitalisierung (Niedersächsischer Verbund zur Lehrerbildung 2021)

¹ Das Projekt Leibniz-Prinzip (Förderkennzeichen 01JA1806) wird im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autor*innen.

- DiKoLAN (Becker et al. 2020)
- KN19⁺ (Forschungsgruppe Lehrerbildung Digitaler Campus Bayern 2017)

Das Ergebnis dieser Analyse ist ein Kompetenzmodell, in dessen Mittelpunkt die unterrichtlichen Kompetenzen stehen, diese sind jeweils durch fachspezifische, reflexive und digitalisierungsbezogene Kompetenzen beeinflusst sind. Davon ausgehend soll ein integratives und stärker physikdidaktisches Modell digitalisierungsbezogener Kompetenzen angehender Physiklehrkräfte entwickelt werden.

Aufbau der Studie

Das Forschungsinteresse liegt in der konkreten Nutzung von Unterrichtsmedien durch die Studierenden. Diese Handlungsmuster sollen rekonstruiert werden, weshalb der Fallstudienansatz nach Lamnek & Krell (2016: 285ff.) gewählt wird. Konkret werden mit den Studierenden zwei leitfadengestützte Interviews mit Fokus auf den Medieneinsatz geführt. Eines zur Unterrichtsplanung und eines zur Reflexion der Unterrichtsstunde, nach Unterrichtsbeobachtung des von den Studierenden durchgeführten Unterrichts.

Insgesamt haben 20 Studierende im Zeitraum August 2020 bis März 2022 teilgenommen.

Ergebnisse des ersten Erhebungszeitpunktes

Im Sommer 2020 haben sieben Studierende teilgenommen. Die bisherige Auswertung der erhobenen Daten zeigt, dass für drei Themenbereiche erste Aussagen getroffen werden können.

a) Auswahl der (digitalen) Medien durch die Studierenden: Die Studierenden wählen (digitale) Medien sowohl als Lerngegenstand als auch als methodisches Werkzeug unter didaktischen Gesichtspunkten aus. So führt Stud1 ein Experiment mit der App PhyPhox durch, Stud5 hingegen lässt die Schüler*innen mittels der Dokumentenkamera präsentieren.

Bei beiden Studierenden findet dabei eine Abwägung verschiedener Medien mit Blick auf das jeweilige (fachliche) Lernziel statt und die Entscheidung wird begründet.

b) Planung, Umsetzung & Reflexion der Unterrichtsstunde durch die Studierenden: Mit Blick auf die erhobenen Daten zeigt sich ein breites Repertoire an eingesetzten (digitalen) Medien. Dabei ist der Medieneinsatz meistens so umsetzbar, wie dies in der Planung überlegt war. Lediglich vereinzelte Änderungen waren notwendig (Stud1, Stud2 & Stud3). In den Interviews wird eine kritische Auseinandersetzung mit dem Medieneinsatz und den eigenen Kompetenzen deutlich. Ebenso können die Studierenden konkrete Problemstellen sowie Änderungsmöglichkeiten für den zukünftigen Einsatz benennen. So identifiziert Stud4 bspw. Schwachstellen im Medieneinsatz, kann jedoch didaktisch begründen, welche Änderungen für einen erneuten Einsatz vorgenommen werden sollten.

c) Erwartungen der Studierenden an Universität und Schule: Die Studierenden fordern in den Interviews die verstärkte Einbindung gerade digitaler Medien und ihrer Einsatzmöglichkeiten in allen Bereichen der universitären Ausbildung. Hier nennen sie auch explizit die physikdidaktische Ausbildung. Dies kann unter anderem in Form konkreter Beispiele zum Einsatz digitaler Medien im Physikunterricht erfolgen. Stud5 führt hier

Anwendungsbeispiele konkreter Apps an. Ebenso sehen die Studierenden (bspw. Stud2) einen deutlichen Bedarf der angemessenen Ausstattung der Schulen und Klassen zur Einbindung digitaler Medien.

Vorläufiges Fazit und Ausblick

Die erste Auswertung zeigt, dass die erhobenen Interview- und Beobachtungsdaten Aussagen in Bezug auf die Forschungsfragen liefern: Die Studierenden sind in der Lage didaktisch begründet (digitalen) Medieneinsatz zu planen und setzen ein breites Repertoire an Medien auf verschiedene Weisen in ihrem Unterricht ein. Darüber hinaus setzen sie sich kritisch mit dem eigenen Medieneinsatz und digitalisierungsbezogenen Kompetenzen auseinander. Für detailliertere Aussagen müssen die weiteren Datensätze herangezogen werden. In der weiteren Auswertung werden die Interviews mit stärkerem Bezug zu den Ergebnissen der Analyse der Kompetenzrahmen und -modelle ausgewertet. Dabei soll das entwickelte Kompetenzmodell weiterentwickelt werden.

Literatur

- Becker, S. et al. (2020). Orientierungsrahmen Digitale Kompetenzen für das Lehramt in den Naturwissenschaften – DiKoLAN. In S. Becker, J. Meßinger-Koppelt, & C. Thyssen (Hrsg.), *Digitale Basiskompetenzen – Orientierungshilfe und Praxisbeispiele für die universitäre Lehramtsausbildung in den Naturwissenschaften*, (S. 14-43). Hamburg: Joachim Herz Stiftung.
- Beißwenger, M. et al. (2020): Ein integratives Modell digitalisierungsbezogener Kompetenzen für die Lehramtsausbildung. In: Beißwenger, Michael; Bulizek, Björn; Gryl, Inga & Schacht, Florian (Hrsg.): *Digitale Innovationen und Kompetenzen in der Lehramtsausbildung*. Universitätsverlag Rhein-Rhur: Duisburg.
- Diethelm, I. et al. (2021): Basiskompetenzen Digitalisierung – Kompetenzrahmen. online verfügbar unter: <https://www.lehrerbildungsverbund-niedersachsen.de/index.php?s=KompetenzrahmenLehrkraeftebildunginderdigitalvernetztenWelt>
- Forschungsgruppe Lehrerbildung Digitaler Campus Bayern: Schultz-Pernice, F., von Kotzebue, L., Franke, U., Ascherl, C., Hirner, C., Neuhaus, B.J., Ballis, A., Hauck-Thum, U., Aufleger, M., Romeike, R., Frederking, V., Krommer, A., Haider, M., Schworm, S., Kuhbandner, C., & Fischer, F. (2017). Kernkompetenzen von Lehrkräften für das Unterrichten in einer digitalisierten Welt. *merz – medien + erziehung, Zeitschrift für Medienpädagogik*, 4/2017, S. 65.
- Friebertshäuser, B. et al. (2013): *Handbuch qualitative Forschungsmethoden in der Erziehungswissenschaft*. Beltz: Weinheim/Basel.
- Gläser, J. & Laudel, G. (2009): *Experteninterviews und qualitative Inhaltsanalyse als Instrumente rekonstruierender Untersuchungen*. VS Verlag: Wiesbaden.
- Helfferich, C. (2011): *Die Qualität qualitativer Daten: Manual für die Durchführung qualitativer Interviews*. VS Verlag: Wiesbaden.
- Koehler, M. J. & Mishra, P. (2009): What is technological pedagogical content knowledge? In: *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 9(1), S.60-70.
- Kuckartz, U. (2018): *Qualitative Inhaltsanalyse: Methoden, Praxis, Computerunterstützung*. Beltz: Weinheim/Basel.
- Lamnek, S. & Krell, C. (2016): *Qualitative Sozialforschung*. Beltz: Weinheim/Basel.
- Rädiker, S. & Kuckartz, U. (2019): *Analyse qualitativer Daten mit MAXQDA: Text, Audio und Video*. Springer VS: Wiesbaden.
- Redecker, C. (2017): *European Framework for the Digital Competence of Educators: DigCompEdu*. Punie, Yv (Hg.). EUR 28775 EN. Publications Office of the European Union: Luxembourg.
- Schultz-Pernice, F. et al. (2017): Kernkompetenzen von Lehrkräften für das Unterrichten in einer digitalisierten Welt. *merz – medien + erziehung, Zeitschrift für Medienpädagogik*, 4/2017, S. 65.

Angelika Bernsteiner¹
 Philipp Spitzer¹
 Thomas Schubatzky²
 Claudia Haagen-Schützenhöfer¹

¹Universität Graz
²Universität Innsbruck

„Fakten, Fakes und Algorithmen“ Professionalisierung angehender Lehrkräfte

Ausgangslage

Zur Professionalisierung angehender Mathematik- und Naturwissenschaftslehrkräfte für die Umsetzung eines digital transformierten Fachunterrichts, wird an der Universität Graz die Lehrveranstaltung „*Fakten, Fakes und Algorithmen*“ im Paradigma des Design-Based Research (Haagen-Schützenhöfer & Hopf, 2020) entwickelt und beforscht. Kompetenzmodelle und -rahmen, insbesondere das Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) Modell (Mishra & Koehler, 2006) und die Dagstuhl-Erklärung (Gesellschaft für Informatik e.V., 2016), bildeten die normative Grundlage zur Festlegung von Lernzielen für die Lehrveranstaltung. Eine Curricula-Analyse sowie Lehrenden- und Studierendenbefragungen dienten dem Abgleich der Kompetenzmodelle mit den derzeit in der Lehramtsausbildung des Entwicklungsverbands Süd-Ost¹ gebotenen Lerngelegenheiten mit Bezug zu digitalen Medien (Mandl et al., 2022a). Aus den Ergebnissen dieser Vorerhebungen konnten die beiden inhaltlichen Schwerpunkte „Digitale Messwerterfassung mit Arduino“ sowie „Umgang mit Falschinformationen“ für die Lehrveranstaltung abgeleitet werden. Das Design der einzelnen Lerngelegenheiten erfolgte geleitet durch empirische Befunde und theoretische Grundlagen (Mandl et al., 2022b). Den kontextuellen Rahmen der Lehrveranstaltung liefert die aktuelle COVID-19-Pandemie. Im ersten Teil der Lehrveranstaltung erheben die Studierenden mithilfe von Arduino-Mikrocontrollern und Sensoren Messdaten rund um die Wirksamkeit der (FFP2)-Schutzmaske. Im zweiten Teil werden COVID-Mythen diskutiert und Strategien zur Entlarvung von Falschinformationen erarbeitet. Die gesamte Lehrveranstaltung im Ausmaß von 2 Semesterwochenstunden wurde im Sommersemester 2022 mit 17 Studierenden erstmalig umgesetzt. In diesem Beitrag werden erste Ergebnisse zur Umsetzung des ersten Teils der Lehrveranstaltung mit dem Schwerpunkt digitale Messwerterfassung dargelegt.

Design des ersten Teils der Lehrveranstaltung: Digitale Messwerterfassung mit Arduino

Der Einstieg in die Arbeit mit Arduino erfolgte im Flipped-Classroom-Format. Die Studierenden bearbeiteten im Moodle-Kurs der Lehrveranstaltung Lektionen zu den Grundlagen der Arbeit mit Arduino. Im Anschluss wurden in Kleingruppen Fragestellungen rund um die Wirksamkeit der (FFP2)-Schutzmaske beantwortet. Den Studierenden standen dafür Arduino-Boards, CO₂- und Feinstaubsensoren sowie 3D-gedruckte Modellköpfe zur Verfügung. Die Ergebnisse der Messungen wurden in Form von Posterpräsentationen diskutiert (Mandl et al., 2022b).

¹ Universitäten: Graz, Klagenfurt, TU Graz; Pädagogische Hochschulen: Augustinum, Burgenland, Kärnten, Steiermark

Forschungsfrage

Mayer und Girwidz (2019) konnten zeigen, dass sich die Selbsteinschätzung einzelner Facetten des TPACK auf die Absicht, digitale Medien in den Unterricht zu integrieren, auswirkt. Im Rahmen der erstmaligen Umsetzung der Lehrveranstaltung wurde deshalb zur bedarfsorientierten Weiterentwicklung einzelner Lerngelegenheiten, sowie zur Ableitung lokaler Lehr-Lern-Theorien, unter anderem folgender Forschungsfrage nachgegangen:

Wie wirken sich die entlang von Design-Kriterien entwickelten Lerngelegenheiten auf die Selbsteinschätzung der Studierenden hinsichtlich ihres Technological Knowledge (TK) aus?

Methode

Mit dem Ziel bestmögliche Einblicke in die Lernprozesse der Studierenden zu bekommen, wurde zur Beantwortung dieser Forschungsfrage ein Mixed-Methods-Ansatz verfolgt. Die Studierenden schätzten ihr TK in einer Pre-Erhebung, vor der Arbeit mit Arduino, sowie in einer an die Umsetzung der digitalen Messwerterfassung mit Arduino anschließenden Post-Erhebung, ein. Für diese Online-Fragebogenerhebungen wurden Items von Stinken-Rösner (2021) herangezogen, wobei das Konstrukt Technological Knowledge mittels vier Items auf jeweils einer 5-stufigen Likert-Skala abgefragt wurde (Stinken-Rösner, 2021). Auf qualitativer Ebene führten die Studierenden zur Reflexion ihrer persönlichen Lernprozesse im Moodle-Kurs der Lehrveranstaltung ein Reflexionsjournal. Zur Beantwortung der Forschungsfrage wurden die Ergebnisse aus den Befragungen und den Journalen trianguliert und analysiert.

Ergebnisse

Die Umsetzung der Lerngelegenheiten zur digitalen Messwerterfassung mit Arduino-Mikrocontrollern wirkt sich auf die TK-Selbsteinschätzung der Studierenden, abhängig von deren Vorwissen im Bereich des Programmierens, aus (siehe Abbildung 1).

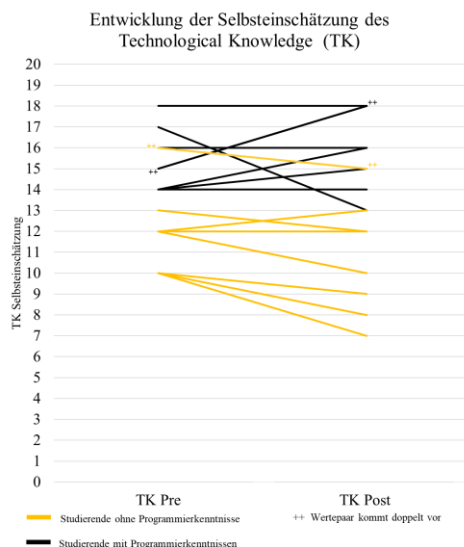


Abb. 1: Entwicklung der TK-Selbsteinschätzung der Studierenden

Die Programmiervorerfahrung der Studierenden konnte den Reflexionsjournaleinträgen entnommen werden: 8 Studierende gaben an, über Programmierkenntnisse zu verfügen. 9 Studierende äußerten, keine Programmierkenntnisse vorzuweisen, bzw. machten keine Angaben diesbezüglich.

Wie zu erwarten, schätzten Personen mit Programmiervorerfahrung ihr TK bereits im Rahmen der Pre-Erhebung höher ein, als Personen ohne Programmiererfahrung (siehe Abb. 1). Es zeigt sich jedoch, dass die TK-Selbsteinschätzung von Studierenden ohne Programmiervorerfahrung nach der Umsetzung der digitalen Messwerterfassung mit Arduino Größtenteils abgenommen hat, während die Einschätzung von Studierenden mit Programmiervorerfahrung entweder auf hohem Niveau verblieben oder gestiegen ist.

Die in Abb. 1 dargestellten Unterschiede in den Angaben der beiden Studierendengruppen werden insbesondere bei Betrachtung folgender beiden TK-Facetten deutlich:

- „Mir fällt es leicht, den Umgang mit digitalen Medien zu erlernen.“
- „Ich weiß, wie ich technische Probleme bei der Nutzung digitaler Medien selbstständig lösen kann.“

Qualitative Angaben der Studierenden in den Reflexionsjournalen unterstreichen die in Abbildung 1 dargestellten quantitativen Ergebnisse der Pre- und Post-Erhebung: Es zeigt sich, dass die praktische Umsetzung der digitalen Messwerterfassung für Personen ohne Programmiervorerfahrung eine große Herausforderung war, während das Erlernen von Wissen über den Aufbau und die Funktionsweise von Arduino-Board, Arduino-Software und Sensoren keine Schwierigkeit darstellte. Studierende ohne Programmiervorerfahrung äußerten mehrmals Überforderung im Umgang mit den für sie neuen Tools, insbesondere im Umgang mit der Arduino-Software und der dazugehörigen Programmiersprache. Wie die Reflexionsjournaleinträge zeigen, wurden enorme Schwierigkeiten bei der Behebung auftretender Probleme in der Programmierumgebung wahrgenommen. Diese Studierenden gab ebenso an, weitere Hilfestellungen zu benötigen, um digitale Messwerterfassung mit Arduino selbstständig umsetzen zu können. Im Gegensatz dazu äußerten Studierende mit Programmiererfahrung, dass der Einstieg in das Arbeiten mit Arduino problemlos funktioniert hat, die Programmiersprache leicht verständlich ist und auftretende Probleme in der Studierenden-gruppe gut gelöst werden konnten.

Diskussion und Ausblick

Die erstmalige Umsetzung des Lehrveranstaltungsdesigns zur digitalen Messwerterfassung mit Arduino im Sommersemester 2022 zeigt, dass Programmierkenntnisse einen großen Einfluss auf die Entwicklung der TK-Selbsteinschätzung der Studierenden im Kontext der Arbeit mit Arduino haben. Personen ohne solche Vorerfahrung fallen besonders der Einstieg in das praktische Arbeiten mit Arduino sowie die Behebung von Problemen in der Programmierumgebung schwer. Für das Re-Design der Lerngelegenheiten, zu deren erneuten Umsetzung im Wintersemester 2022/23, gilt es demnach, diese Heterogenität der Studierenden hinsichtlich Vorerfahrungen aufzugreifen und verstärkt adaptive Hilfestellung für den Einstieg in das praktische Arbeiten mit Arduino anzubieten. Auf Basis des ersten Lehrveranstaltungsdurchganges werden FAQs zur Arbeit mit Arduino in den Moodle-Kurs integriert, Schritt-für-Schritt-Anleitungen konzipiert sowie niederschwellige Erklärvideos in die Einführungs-Lektionen eingebaut. Ebenso werden Studierende mit Programmierkenntnissen ihren Kommilitonen in Form von Peer-Tutoring Hilfestellungen bieten.

Literatur

- Gesellschaft für Informatik e.V. (Hrsg.). (März 2016). *Dagstuhl-Erklärung. Bildung in einer digitalen vernetzten Welt: Eine gemeinsame Erklärung der Teilnehmerinnen und Teilnehmer des Seminars auf Schloss Dagstuhl – Leibniz-Zentrum für Informatik GmbH*. Berlin.
https://gi.de/fileadmin/GI/Hauptseite/Themen/Dagstuhl-Erklärung_2016-03-23.pdf
- Haagen-Schützenhöfer, C. & Hopf, M. (2020). Design-based research as a model for systematic curriculum development: The example of a curriculum for introductory optics. *Physical Review Physics Education Research*, 16(2), Artikel 020152. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.16.020152>
- Mandl, A., Haagen-Schützenhöfer, C., Spitzer, P. & Schubatzky, T. (2022a). Digitale Transformation der mathematisch-naturwissenschaftlichen Lehramtsausbildung: Entwicklung und Beforschung eines Masterlehrveranstaltungsformates zur Professionalisierung angehender Lehrkräfte. In S. Habig & H. von Vorst (Vorsitz), *GDCP Jahrestagung*. Symposium im Rahmen der Tagung von Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDCP), virtuell.
- Mandl, A., Haagen-Schützenhöfer, C., Spitzer, P. & Schubatzky, T. (2022b). Digitalität im mathematisch-naturwissenschaftlichen Fachunterricht: Entwicklung und Beforschung einer Masterlehrveranstaltung für die Lehramtsausbildung. In H. Grötzebauch (Vorsitz), *DPG Frühjahrstagung 2022*. Symposium im Rahmen der Tagung von Deutsche Physikalische Gesellschaft e. V., virtuell (Heidelberg).
- Mayer, P. & Girwidz, R. (2019). Physics Teachers' Acceptance of Multimedia Applications—Adaptation of the Technology Acceptance Model to Investigate the Influence of TPACK on Physics Teachers' Acceptance Behavior of Multimedia Applications. *Frontiers in Education*, 4, Artikel 73.
<https://doi.org/10.3389/educ.2019.00073>
- Mishra, P. & Koehler, M. J. (2006). Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017–1054.
- Stinken-Rösner, L. (2021). Digitale Medien in der naturwissenschaftlichen Lehramtsausbildung: Integriert statt zusätzlich. In J. Grebe-Ellis & H. Grötzebauch (Vorsitz), *DPG-Frühjahrstagung*.

Jan Gradel¹
 Jens-Peter Knemeyer¹
 Nicole Marmé¹

¹Pädagogische Hochschule Heidelberg

ZOrA - Zukunfts-Orientierungs-Akademien für Schülerinnen der Sekundarstufe II

Ein Akademieprogramm zur Durchführung von Berufsfeldorientierungsmaßnahmen und zur Steigerung von MINT-Kompetenzen von Schülerinnen.

Ausgangslage und Ziele

Informatikkenntnisse werden durch die zunehmende Digitalisierung nicht nur für die zukünftige Arbeitswelt und die zukünftige gesellschaftliche Teilhabe immer wichtiger (Zika et al., 2017), sondern gerade für die Berufsfelder Chemie und Physik sind gute IT-Kompetenzen von essenzieller Bedeutung. Im IT-Bereich und in den technischen Berufen ist der Frauenanteil immer noch niedrig und wächst, trotz verschiedentlicher Anstrengungen seitens Politik, Hochschule oder der Wirtschaft seit 2015 nur langsam (Statistisches Bundesamt, Kompetenzzentrum Technik-Diversity-Chancengleichheit 2021). Um die immer noch nicht ausreichenden Erfolge der letzten Jahre bezüglich des Frauenanteils im MINT-Bereich nicht zu gefährden, ist es von entscheidender Bedeutung, bei Schülerinnen die Digital- und IT-Konferenzen rechtzeitig zu stärken und frühzeitig mit dem Aufbau von Kompetenzen zu beginnen.

Die Pädagogische Hochschule Heidelberg hat in Kooperation mit der Universität Heidelberg das Projekt „Zukunfts-Orientierungs-Akademie“ speziell für Schülerinnen der Oberstufe ins Leben gerufen. Das Projekt soll den in der Gesellschaft verankerten Rollenklischees entgegenwirken und Schülerinnen altersgerecht ermutigen ihre technischen und naturwissenschaftlichen Talente zu entdecken und ihnen Mut machen, diese auch weiterzuentwickeln. Das Projekt wird durch eine Förderung der Klaus Tschira Stiftung ermöglicht.

Ziel der Zukunfts-Orientierungs-Akademie ist es, ein innovatives Akademieprogramm zu schaffen und kontinuierlich weiterzuentwickeln, welches den Schülerinnen der Oberstufe anhand von Praxisbeispielen und weiblichen Rolemodels einen altersgerechten und genderspezifischen Zugang zu IT- und Technik-Themen ermöglicht. Neben den klassischen MINT-Inhalten, sollen besonders Digital- und IT-Kompetenzen sowie weitere Zukunftskompetenzen wie Kreativität, Selbstorganisation, Teamfähigkeit vermittelt werden. Die informationstechnischen Kompetenzen liefern dabei einen zentralen Baustein für die Gesellschaft der Zukunft (Martin 2006, Bundesministerium für Wirtschaft 2016).

Konzept

Die Angebote der Zukunfts-Orientierungs-Akademien basieren auf einem mehrtägigen Akademiekonzept, welches sich schon bei anderen Projekten bewährt hat (bspw. helpING!-Akademie, Edte 2018). Inhaltlich werden Informatik-Inhalte und Fragestellungen der

Digitalisierung nicht nur mit naturwissenschaftlich-technischen Inhalten verknüpft, sondern darüber hinaus mit kreativen Ansätzen und mit sozialen Fragestellungen (Social Innovation) verbunden. Diese sollen gezielt die Interessen von Mädchen der Oberstufe ansprechen. Themenfelder hierbei sind Smart Home- und Smart City-Ansätze wie Digital Communication, E-Mobility, Energiewende, Internet of Things, Green-IT oder eHealth. Aber auch Verknüpfungen mit anderen, speziell für Mädchen interessante Themen wie z.B. „IT & Mode“ oder „Kunst durch Coding“ finden in den Akademien Berücksichtigung.

Typischerweise bestehen die Akademien aus vier Phasen im Rahmen von dreitägigen Blockveranstaltungen. Diese werden am Wochenende oder in den Ferien absolviert. Es sind aber auch Phasen zwischen den Akademietagen möglich, in denen die einzelnen Gruppen Inhalte bearbeiten oder kreative Ideen in Online-Meetings entwickeln. Die Abfolge der einzelnen Bausteine folgt im Wesentlichen folgendem Muster:

- **Phase1:** Aufgabenstellung, Input, Erarbeitung von Grundlagen eines Themas
- **Phase2:** Berufsorientierung, Firmenbesuche Diskussionen mit Role-Models (über Berufsperspektiven und die eigenen Projektideen)
- **Phase3:** Arbeitsphase, kreative Entwicklung und (teilweise) Umsetzung einer eigenen Idee zum behandelten Thema.
- **Phase4:** Dokumentation, Darstellung oder Vorbereitung eines Pitches und Präsentation der Idee

Der wichtigste Baustein des Konzeptes ist es, dass nach den Input- und Lernphasen, in denen in das Thema eingeführt wird, die Schülerinnen in kleinen Gruppen selbstgesteuert realitätsnahe Aufgaben entwickeln. Firmenbesuche und Rolemodels helfen dabei, das Gelernte im Aspekt der Anforderungen eines gesellschaftlichen Umfelds zu betrachten. Das zentrale Element jeder Akademie bleibt aber die Entwicklung eigener Ideen zum behandelten Thema. Dabei werden die Ideen oftmals in Ansätzen auch in Form von eigens gestalteten Prototypen in Kreativphasen oder 3D-Druck umgesetzt. Die Ergebnisse werden jeweils am Ende einer Akademie gemeinschaftlich präsentiert und besprochen.

Eine weitere wichtige Komponente der Zukunfts-Orientierungs-Akademien sind Kooperationen mit Firmen aus IT- oder High-Tech-Bereichen, beispielsweise in Form von Firmenbesuchen oder Diskussionsveranstaltungen. Dabei finden sich die Tätigkeitsfelder der jeweils beteiligten Firmen auch in den zu bearbeiteten Aufgabenstellungen wieder. Die Kooperationen mit den Firmen stellen den Praxisbezug zu den jeweiligen Lerninhalten her, sollen aber auch anregen, sich selbstständig und kreativ mit den möglichen Aufgabenstellungen zu beschäftigen. Dabei wird der Fokus auf Aspekte der Einbindung des Themas in das gesellschaftliche Umfeld oder Aufgabenstellung der Zukunft gelenkt. Im Rahmen der Akademien werden Frauen als Rolemodels und Mentorinnen mit eingebunden, um den Schülerinnen erfolgreiche Wege in diesen Berufsbereichen zu zeigen.

Den Abschluss einer Akademie bildet die gemeinschaftliche Präsentation der Ergebnisse. Dabei kommen verschiedene Darstellungsmethoden (Prototypen, Videos, Power-Points) oder auch kurze Pitches zum Einsatz. Dies dient auch dazu, den Zusammenhang zwischen

Aufgabenstellung und dem erarbeiteten Ergebnis bzw. dem Lösungsweg öffentlichkeitswirksam darzustellen und zu reflektieren.

Beispiel Akademie: App-Entwicklung & Social Innovation

Im Kurs „App Entwicklung & Social Innovation“ lernen Schülerinnen, wie Applikationen für Smartphones entwickelt werden. Im Kurs werden Grundlagen der Appentwicklung am Beispiel mehrerer kleiner Applikationen, wie Taschenrechner oder einem Spiel, vermittelt. Basis ist die blockbasierte Programmierumgebung MIT-App-Inventor, mit der die Schülerinnen zunächst verschiedene programmiertechnische Konzepte wie Abläufe, Verkettungen oder Verzweigungen lernen. Danach werden erste Buttons für Ansteuerungsfelder und vordefinierte Apps auf das Smartphone als GUI-Grafic-User-Interface geladen. Zum Schluss sollen verschiedene eigene Applikationen zu diversen Smartphone Funktionen programmiert werden. Der Input- und Lernanteil ist dabei auch im Online-Format durchführbar. Der Lernfortschritt wird dabei durch Videoinhalte und digitale Übungseinheiten in H5P-Technologie unterstützt.

Parallel zu den Lernphasen wird ein Firmenbesuch bei einem ortsansässigem Software-Startup durchgeführt, welches Apps zur sozialen Vernetzung entwickelt. Anhand der Diskussion mit den Firmenvertretern sollen sich die Schülerinnen mit Konzepten zur Kommunikation und Vernetzung beschäftigen und eigene Ideen zu Produkten oder Dienstleistungen entwickeln.

Am Ende steht die Präsentation der erarbeiteten Apps sowie eine Auseinandersetzung mit den eigenen Ideen im Umfeld Social Innovation. Im Ergebnis werden nicht nur praktische Kompetenzen im Bereich des Programmierens und der grafischen Ein- und Ausgabe-Geräte entwickelt, sondern es wird auch der Zusammenhang zu Anwendungen in der Gesellschaft von Morgen hergestellt. Dieser Zusammenhang soll dazu anregen, die gelernten Kompetenzen im Aspekt zu möglichen Berufsfeldern zu sehen und so die Orientierung der Schülerinnen hin zu einer Ausbildung im MINT zu unterstützen.

Ausblick

Die bisher durchgeführten Akademien und das Feedback der Schülerinnen haben gezeigt, dass das Format geeignet ist Schülerinnen die Beschäftigung mit MINT-Fragestellungen näher zu bringen. Die Geschlechtertrennung sowie das Herauslösen der Lernumgebung aus dem normalen schulischen Alltag baut Hemmschwellen ab und fördert das technische Selbstbewusstsein der Schülerinnen.

Weitere Zukunfts-Orientierungs-Akademien sind in der Vorbereitung. Geplante Themen umfassen Akademien zu künstlicher Intelligenz im Zusammenhang mit medizinischer Diagnostik, Vertikal-Farming als Beschäftigung mit chemischen und biologischen Prozessen, eine Akademie zur Erfassung von Umweltdaten und Wasseranalytik sowie Akademien, die sich mit Produktdesign und Kunst befassen.

Danksagung

Der Klaus Tschira Stiftung danken wir für die finanzielle Förderung der Zukunfts-Orientierungs-Akademie (ZOrA).

Literatur

- Statistisches Bundesamt, Kompetenzzentrum Technik-Diversity-Chancengleichheit e. V., 2021
acatech. (2016). Kompetenzen für Industrie 4.0. Qualifizierungsbedarfe und Lösungsansätze (acatech POSITION). München: Herbert Utz Verlag.
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (Hrsg.). (2016). Digitale Bildung—Der Schlüssel zu einer Welt im Wandel.
- Martin, A. (2006). A european framework for digital literacy. *Nordic Journal of Digital Literacy*, 1(2), 151–161. <https://doi.org/10.18261/ISSN1891-943X-2006-02-06>
- Edte, Sarah, Abramova, Alexandra, Bickmann, Ilka, Wehrspohn, Ralf, Knemeyer, Jens-Peter & Marmé, Nicole (2019). MINT-Berufsorientierungs-Akademie in Heidelberg. In: C. Maurer (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Kiel 2018. (S. 369). Universität Regensburg

Studium, Schule oder Breaking Bad – Was prägt Vorstellungen über NOS?

Forschungsstand und Untersuchungsfragen

Zahlreiche Studien zeigen, dass Studierende der Naturwissenschaften zu einem erheblichen Teil über naive oder inkonsistente Ansichten über Nature of Science (NOS) verfügen (Cofré et al., 2019; Lederman, 2007), insbesondere bezüglich des zentralen Aspektes der Vorläufigkeit naturwissenschaftlicher Erkenntnisse (Müller, 2021; Mueller & Reiners, 2022). Deutlich seltener werden allerdings die Ursprünge dieser Vorstellungen betrachtet. So wurden bislang vor allem Schulbücher sowie eine defizitäre Auseinandersetzung mit NOS im Rahmen der schulischen oder universitären Ausbildung als Ursachen identifiziert (Abd-El-Khalick et al., 2008; McComas, 1998). Es fehlen allerdings spezifische Erhebungen darüber, welche Erfahrungen und Eindrücke Studierende der Naturwissenschaften hierzulande selbst als besonders prägend für ihr Bild von naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen empfinden. Beispielsweise ist wenig über den tatsächlichen Einfluss von Filmen und Unterhaltungsfernsehen auf das Bild von Naturwissenschaften bekannt (Weingart, 2017). Dementsprechend ist es notwendig, nicht nur die Vorstellungen von Studierenden über NOS zu erheben, sondern auch die Ursprünge dieser Vorstellungen (Müller & Reiners, 2021). Im Sinne der Conceptual Change-Theorien (Posner et al., 1982) können die auf diese Weise ermittelten Ursprünge anschließend bei der Entwicklung von Maßnahmen zur Verständnisförderung im Rahmen des Unterrichts oder Studiums genutzt werden.

Aus den zuvor beschriebenen Überlegungen ergeben sich die folgenden Untersuchungsfragen:

- Welche Erfahrungen und Eindrücke empfinden Chemiestudierende als besonders prägend für ihr Bild von naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen bzw. für ihre Vorstellungen von der Vorläufigkeit naturwissenschaftlicher Erkenntnisse?
- Bestehen studiengangsspezifische Unterschiede bezüglich der genannten Erfahrungen?

Untersuchungsdesign

Naturwissenschaftsstudierende verschiedener Studiengänge der Universität zu Köln (n = 115) nahmen 2018 an einer Untersuchung teil, bei der sie Auskunft über ihre Vorstellungen von naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen, von der Vorläufigkeit naturwissenschaftlicher Erkenntnisse sowie über prägende Erfahrungen und Eindrücke bezüglich dieser Vorstellungen gaben. Dabei wurden Fragebögen mit offenen Fragen eingesetzt und leitfadengestützte Interviews (n = 4) geführt (Müller, 2021). Eine Übersicht über die Teilnehmenden findet sich in Tabelle 1. Anschließend wurden die Antworten der Studierenden mithilfe der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2015) ausgewertet.

Tab. 1: Übersicht über die Teilnehmenden der Untersuchung.

| | Anzahl | Alter Ø (Median) | Fachsemester Ø (Median) | Geschlecht (w/m/d) |
|--------------------------------|--------|---------------------|----------------------------|-----------------------|
| Studierende Lehramt für Chemie | 41 | 22,7 (21) | 4,7 (4) | 21/20/0 |
| Studierende Chemie (B.Sc.) | 50 | 20,3 (20) | 2,8 (2) | 16/34/0 |
| Studierende Biochemie (B.Sc.) | 24 | 19,9 (19) | 2,8 (2) | 18/6/0 |

Ergebnisse

Differenziert nach den verschiedenen Studiengängen konnten für die prägenden Erfahrungen und Eindrücke der Studierenden auf einem hohen (Hauptkategorien) sowie mittleren Abstraktionsniveau (Unterkategorien) die in den folgenden Abschnitten und Tabellen dargestellten Kategorien induktiv gebildet werden (Mayring, 2015).

Lehramtsstudierende der Chemie

Wie den in Tabelle 2 aufgelisteten Kategorien zu entnehmen ist, nennen die Lehramtsstudierenden (n = 41) viele verschiedene Filme und Fernsehserien als prägend für ihr Bild von naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen. Dabei werden besonders häufig Wissensmagazine für Kinder von den Lehramtsstudierenden genannt, z. B. „Wissen macht Ah!“ (5 Nennungen) oder „Die Sendung mit der Maus“ (4 Nennungen), aber auch Unterhaltungsserien, wie Breaking Bad (4 Nennungen) oder The Big Bang Theory (3 Nennungen). Darüber hinaus scheinen auch Erfahrungen im Rahmen des Studiums (insgesamt 34 Nennungen) oder aus der eigenen Schulzeit (insgesamt 28 Nennungen) das Bild der Lehramtsstudierenden über Naturwissenschaften zu prägen. Bezogen auf den zentralen NOS-Aspekt der Vorläufigkeit von Erkenntnissen führen die Lehramtsstudierenden vor allem Erfahrungen aus ihrem Studium als besonders beeinflussend an (siehe Müller, 2021).

Tab. 2: Von den Lehramtsstudierenden (n = 47) genannte Erfahrungen und Eindrücke

| Hauptkategorien (Anzahl Kodierungen) | Unterkategorien (Anzahl Kodierungen) |
|--------------------------------------|--|
| Film & Fernsehen (46) | Kinderserien (18) |
| | Fiktion (17) |
| | Information/Dokumentation (11) |
| Universität (34) | Chemiestudium (13) |
| | Zweifach Biologie (8) |
| | Erststudium in einer Naturwissenschaft (6) |
| | Universität allgemein (7) |
| Schule (28) | NaWi-Unterricht allgemein (11) |
| | Chemieunterricht (8) |
| | Biologieunterricht (3) |
| | Physikunterricht (2) |
| | Exkursionen/Wettbewerbe (4) |
| Gespräche mit Personen (13) | Familiäres Umfeld (8) |
| | Lehrpersonen (5) |
| Literatur (10) | Bücher (8) |
| | Fachzeitschriften (2) |
| Sonstiges (4) | Experimentierkästen (2) |
| | Naturwissenschaftliche Arbeitsstelle (2) |

Studierende der Chemie und Biochemie (Bachelor of Science)

Die Vorstellungen der Chemie- (n = 50) und Biochemiestudierenden (n = 24) über Naturwissenschaften wurden nach eigenen Angaben vor allem durch Erfahrungen aus dem Studium beeinflusst (insgesamt 49 Nennungen), wobei besonders häufig Eindrücke aus den

Laborpraktika genannt werden (28 Nennungen). Das Bild von der Vorläufigkeit von Erkenntnissen wird hingegen häufiger mit anderen Universitätsveranstaltungen, wie Seminaren, verknüpft, oder mit Erfahrungen aus dem Schulunterricht in verschiedenen Fächern. Zwischen den Antworten der Chemie- und Biochemiestudierenden können dabei insgesamt keine großen Unterschiede festgestellt werden, sodass die gebildeten Kategorien beider Gruppen in Tabelle 3 zusammengefasst dargestellt werden.

Tab. 3: Von den Chemie- ($n = 50$) und Biochemiestudierenden ($n = 24$) genannte Erfahrungen und Eindrücke, die ihr Bild von Naturwissenschaften prägen

| Hauptkategorien (Anzahl Kodierungen) | Unterkategorien (Anzahl Kodierungen) |
|---------------------------------------|--|
| Universität/Chemiestudium (49) | Laborpraktika (28) |
| | Vorlesungen und Seminare (6) |
| | Einblicke in Forschung (5) |
| | Universität allgemein (10) |
| Schule (34) | NaWi-Unterricht allgemein (14) |
| | Chemieunterricht (8) |
| | Berufspraktikum in Forschung (7) |
| | Exkursionen/Wettbewerbe (3) |
| | Philosophieunterricht (2) |
| Filme & Fernsehen (26) | Fiktion (17) |
| | Information/Dokumentation (6) |
| | Videoportale/YouTube (2) |
| | Kinderserien (1) |
| Gespräche mit Personen (21) | Lehrpersonen (14) |
| | Familiäres Umfeld (5) |
| | Aus der Chemieindustrie (2) |
| Literatur (15) | Bücher (12) |
| | Fachzeitschriften (3) |
| Sonstiges (6) | Berühmte Naturwissenschaftler*innen (4) |
| | Naturwissenschaftliche Arbeitsstelle (2) |

Fazit und Ausblick

Die durchgeführte Untersuchung zeigt, dass das Bild von Chemiestudierenden über Naturwissenschaften ihrer eigenen Ansicht nach vor allem durch Erfahrungen aus dem Studium, der eigenen Schulzeit sowie durch Filme und Fernsehsendungen beeinflusst wird. Dabei können auch Unterschiede zwischen den Lehramtsstudierenden und den Studierenden der Chemie und Biochemie (B.Sc.) festgestellt werden, beispielsweise geben letztere besonders häufig Laborpraktika als prägend an. Auf Grundlage der erhobenen Ursprünge werden nun Methoden zur Verständnisförderung für die Studierenden entwickelt, z. B. eine Medienreflexion, welche bereits im Rahmen der Lehramtsausbildung eingesetzt wird (Müller, 2021). Aufgrund der Stichprobengröße und Standortgebundenheit der Ergebnisse sind allerdings weitere empirische Erhebungen mit größerem Stichprobenumfang notwendig.

Literatur

- Abd-El-Khalick, F., Waters, M. & Le, A.-P. (2008). Representations of Nature of Science in High School Chemistry Textbooks Over the Past Four Decades. *Journal of Research on Science Teaching*, 45(7), 835–855.
- Cofré, H., Núñez, P., Santibáñez, D., Pavez, J. M., Valencia, M. & Vergara, C. (2019). A Critical Review of Students' and Teachers' Understandings of Nature of Science. *Science & Education*, 28, 205–248.
- Lederman, N. G. (2007). Nature of Science: Past, Present, and Future. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Hrsg.), *Handbook of Research in Science* (S. 831–880). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken* (12. überarb. Aufl.). Weinheim, Basel: Beltz Verlag.
- McComas, W. F. (1998). *The Nature of Science in Science Education: Rationales and Strategies*. Dordrecht: Kluwer.
- Müller, S. (2021). Die Vorläufigkeit und soziokulturelle Eingebundenheit naturwissenschaftlicher Erkenntnisse. Kritische Reflexion, empirische Befunde und fachdidaktische Konsequenzen für die Chemielehrer*innenbildung. Berlin: Logos Verlag. *Studien zum Physik- und Chemielernen*, Band 317.
- Müller, S. & Reiners, Ch. S. (2021). Ist chemisches Wissen vorläufig oder beständig oder beides? – Untersuchung der Vorstellungen von Lehramtsstudierenden über die Vorläufigkeit von Erkenntnissen in der Chemie. *CHEMKON*, 28(5), 187–195.
- Mueller, S. & Reiners, Ch. S. (2022). Pre-service Chemistry Teachers' Views about the Tentative and Durable Nature of Scientific Knowledge. *Science & Education*, <https://doi.org/10.1007/s11191-022-00374-8>
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. H. & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of Conceptual Change. *Science Education*, 66(2), 211–227.
- Weingart, P. (2017). Chemiker und ihre Zunft im Spielfilm. In M.-D. Weitze, J. Schummer & T. Geelhaar (Hrsg.), *Zwischen Faszination und Verteufelung: Chemie in der Gesellschaft* (S. 23–36). Berlin: Springer Spektrum.

Tanja Mutschler¹
David Buschhüter¹
Christoph Kulgemeyer²
Andreas Borowski¹

¹Universität Potsdam
²Universität Bremen

Newton online lernen: Erste Ergebnisse zum Einsatz einer Online-Lerneinheit

Hintergrund

Die phasenweise Umstellung von Präsenz- auf Onlineunterricht während der CoViD19-Pandemie unterstrich den Bedarf an guten, digital-verfügbaren Lernmaterialien. Es existieren beispielsweise zwar viele Erklärvideos zu physikalischen Themen, jedoch unterscheiden sich diese Videos zum Teil stark in ihrer Qualität und der fachlichen Korrektheit (Kulgemeyer & Peters 2016). Problematisch ist außerdem, dass diese Videos oftmals nicht lehrplankonform sind und Lernendenvorstellungen manchmal sogar verstärken, anstatt sie aufzulösen (Kulgemeyer & Wittwer 2021). Gerade die Newtonsche Mechanik stellt ein populäres Thema auf den verschiedenen Plattformen dar. Innerhalb dieses Themengebiets nimmt das Wechselwirkungsgesetz eine hervorgehobene Rolle ein: Verschiedene Testungen mit Hilfe des FCI zeigen bei Items dieses Konstruktes eine geringere Lösungswahrscheinlichkeit (Wilhelm & Heuer 2005; Savinainen & Scott 2002; Hestenes et al. 1992) und deuten damit auf konstruktsspezifische Verstehensschwierigkeiten hin. Laut Bao und Fritchmann (2021) sowie Low und Wilson (2017) bleiben die Fehlvorstellungen auch nach Instruktion vorhanden, wobei der Lernerfolg beim Wechselwirkungsgesetz stark instruktionsabhängig ist (Wilhelm & Heuer 2005; Savinainen & Scott 2002). Bao und Fritchmann (2021) betonen in diesem Zusammenhang die Fokussierung auf einige Kernmerkmale (wie z.B. Interaktion zweier Körper, Gleichzeitigkeit, Symmetrie) in variierenden Kontexten.

Damit Lernmaterialien wie Erklärvideos am Lernprozess der Schüler*innen orientiert sind, müssen sie nicht nur mögliche Lernendenvorstellungen mitdenken, sondern – genau wie Unterricht auch – lerntheoretische Ansätze mit fachdidaktischen Spezifika verbinden und zusätzlich Prinzipien für multimediales Lernen (Findeisen, Horn & Seifried 2019) einflechten. Studien (Kunter & Trautwein 2013, Berger 2000) konnten weiterhin die Motivation und das Interesse der Lernenden sowie die (Tiefen-)Strukturierung der Einheit als Bedingungsfaktoren für den Lernerfolg von Schüler*innen ausweisen. Kulgemeyer (2018) hat in diesem Zusammenhang Qualitätskriterien für gute Erklärvideos aufgestellt, die diese Aspekte in einem Framework integrieren. Innerhalb unseres Projektes haben wir uns deshalb zum Ziel gesetzt, eine an diesen Qualitätskriterien orientierte Lerneinheit zum Wechselwirkungsgesetz zu entwickeln und sie dann mit Blick auf die genannten Bedingungsfaktoren für Lernerfolg zu evaluieren.

Design

Kernstück des Projektes stellt somit das Lernvideo zum Wechselwirkungsgesetz mit integrierten Lernaufgaben dar. Dieses folgt den Qualitätskriterien von Kulgemeyer (2018), wurde aber noch durch eine geführte Anwendungs- und Transfereinheit entsprechend der Vorgaben der Basismodelltheorie (Oser & Baeriswyl 2001) ergänzt. Bei der Auswahl des prototypischen

Beispiels wurde darauf geachtet, dass alle von Bao und Fritchmann (2021) geforderten Kernmerkmale direkt erkennbar sind. Die Anwendungs- und Transferphase ermöglicht darüber hinaus, variierende Kontexte (z.B. Abgrenzung zum Kräftegleichgewicht, Gültigkeit auch bei magnetischer Anziehung), die das Verstehen des Wechselwirkungsprinzips in seiner Komplexität ermöglichen sollen (vgl. Aebli 1981; Krabbe, Zander & Fischer 2015; Bao & Fritchmann 2021). Die Einhaltung der Qualitätskriterien sowie die adressaten- und curriculumsgerechte Passung an die Jahrgangsstufe 9/10 wurde durch eine Interviewstudie mit Lehrkräften (Börner 2021) überprüft. Nach entsprechenden Anpassungen umfasst die Lerneinheit zum Wechselwirkungsgesetz in ihrer finalen Form circa 30 Minuten und kann lückenlos in die Sequenzplanung zur Newtonschen Mechanik eingebettet werden.

Das Video mit Lernaufgaben wurde anschließend mit Hilfe der Plattform *limesurvey* online zugänglich gemacht und in eine Prä-Post-Testung eingebettet. Diese Testung umfasst neben dem *Fachwissen* (u.a. Hestenes et al. 1992) zur Erfassung des Lernerfolgs auch die Konstrukte *Fachinteresse Physik* (Berger 2000), *Einstellung zum Fach Physik* (Neumann & Borowski 2011), *Motivation* (Deci & Ryan 2003) und die *empfundene Strukturierung* (Maurer 2016).

Stichprobe

Der Erhebungszeitraum für das Projekt ist noch bis Februar 2023 angesetzt. Für eine erste Analyse lagen Daten von $N = 157$ Schüler*innen der Doppeljahrgangsstufe 9/10 aus Brandenburger Schulen vor. Diese wurden noch durch den Abzug von (a) Personen, die das Wechselwirkungsgesetz bereits behandelt hatten ($N = 33$) und (b) Personen, die eine Quote von über 30% nicht gegebener Antworten hatten ($N = 59$), bereinigt, sodass sich die folgenden Ergebnisse auf $N = 65$ Schüler*innen beziehen. Der hohe Dropout unter (b) hängt vor allem mit mangelhafter Internetanbindung der Schulen zusammen. Aus den Rückmeldebögen sowie den uns vorliegenden Daten wird ersichtlich, dass die Erhebung mit Einsetzen des Videos in den Klassen abbrach.

Ergebnisse

In einer ersten Annäherung definieren wir den Lernerfolg als erreichten Score über alle Items zum Wechselwirkungsgesetz ($N = 7$) im Post-Test (s. *Abbildung 1*). Mit $M = 1.75$ ($SD = 1.41$) liegt der Lernerfolg jedoch nur knapp über dem Erwartungswert ($E = 1.55$) zufällig ausgewählter Antworten.

Tabelle 1 - Korrelation versch. Konstrukte mit dem Lernerfolg

| | wahrgen. Kompetenz ¹ | Druck / Anspannung ¹ | Anstrengung ¹ | Fachinteresse | Einstellung | empf. Strukturierung |
|---|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------|---------------|-------------|----------------------|
| r | .19 | -.19 | .27 | .25 | .22 | .35 |
| p | .13 | .14 | .04* | .04* | .08 | .01* |

(¹Unterkonstrukte der Motivationsskala (Deci & Ryan 2003))

Tabelle 1 stellt die Korrelationskoeffizienten für die Zusammenhänge verschiedener Konstrukte und dem Lernerfolg dar. Nur die Konstrukte *Anstrengung*, *Fachinteresse* und *empfundene Strukturierung* weisen einen statistisch signifikanten Zusammenhang mit dem Lernerfolg

auf. Dieser Zusammenhang ist für die Konstrukte *Anstrengung* und *Fachinteresse* laut Cohen (1988) als schwach und für das Konstrukt *empfundene Strukturierung* als mittel einzustufen.

Bezüglich des Lernerfolgs zeigten sich keine geschlechtsspezifischen Unterschiede (s. Abbildung 1). Jedoch trat ein statistisch signifikanter Unterschied in der eigenen, wahrgenommenen Kompetenz zwischen Jungen und Mädchen auf ($t(47) = -2.06, p < 0.05$). Das bedeutet, dass Schüler und Schülerinnen Items zum Wechselwirkungsgesetz im Post-Test zwar in gleicher Anzahl richtig beantworteten, Mädchen im Mittel ihre Leistungen aber geringer einschätzen.

Diskussion

Der geringe Lernerfolg zeigt auf, dass trotz Einhaltung der Qualitätskriterien für die Lerneinheit diese nicht ausreicht, um das konzeptuelle Verständnis bzgl. des Wechselwirkungsgesetzes umfänglich zu entwickeln. Die Nähe des Lernerfolgs zum Erwartungswert zufällig getroffener Antworten deutet weiter daraufhin, dass für eine Vielzahl der Lernenden die Distraktoren auch nach der Instruktion attraktiv bleiben. Diese Stabilität der Lernendenvorstellungen bzgl. des Wechselwirkungsgesetzes zeigen auch Bao und Fritchman (2021), Low und Wilson (2017) sowie Savinainen und Scott (2002).

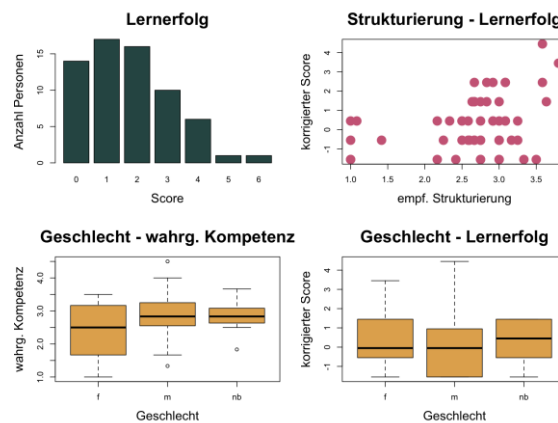


Abbildung 1 - Ergebnisdarstellung

Als Bedingungsfaktoren für den Lernerfolg deuten sich in unseren Daten das Fachinteresse und die investierte Anstrengung vor allem aber die empfundene Strukturierung an. Geschlechtsspezifische Unterschiede zeigten sich in der Wahrnehmung der eigenen Kompetenz nicht aber im Lernerfolg. Diese Ergebnisse lassen sich gut mit den Ergebnissen anderer Studien verbinden (Maurer 2016; Stanat et al. 2018, Habig et al. 2018). Für die Konstruktion von (digitalen) Lerneinheiten bedeutet das, den Fokus stark auf eine am Lernprozess der Schüler*innen orientierte Strukturierung zu setzen. Inwieweit hier eine bestimmte Strukturabfolge lernförderlicher ist, soll im Gesamtprojekt (Mutschler et al. 2022) untersucht werden. Darüber hinaus besteht die Herausforderung auch darin, (digitale) Lernumgebungen so zu gestalten, dass sie sowohl lernförderlich für Schüler*innen mit geringem Interesse am Fach Physik sind und als sich auch positiv auf die wahrgenommene Kompetenz (vor allem von Schülerinnen) auswirken. Das kann beispielsweise durch eine entsprechende Auswahl der Kontexte (Habig et al. 2018) oder Repräsentationsfiguren erreicht werden.

Insgesamt sollte sich aber kritisch mit der Frage auseinandergesetzt, was vergleichsweise kurze Lerneinheiten leisten können sollten (vor allem auch dann, wenn ganze Unterrichtsreihen ähnliche Probleme bzgl. des Lernerfolgs haben (z.B. Zander 2016). Durch die Aufnahme von eher reproduzierenden Fachwissensitems (in Ergänzung zu den aktuell verwendeten konzeptuellen Items) erhoffen wir uns eine differenziertere Einsicht in den Fachwissenszuwachs.

Literatur

- Aebli, H. (1981). *Denken: Das Ordnen des Tuns. Band II: Denkprozesse*. Klett-Cotta: Stuttgart.
- Bao, L., & Fritchman, J.C. (2021). Knowledge integration in student learning of Newton's third law: Addressing the action-reaction language and the implied causality. *Physical Review Physics Education Research* 17, 020116.
- Berger, R. (2000). *Moderne bildgebende Verfahren der medizinischen Diagnostik – Ein Weg zu interessanterem Physikunterricht*. Berlin: Logos.
- Börner, H. (2021). *Qualitätskriterien für Lernvideos – eine qualitative Analyse zweier Lernvideos zum Newton'schen Wechselwirkungsgesetz*. Potsdam: Universität Potsdam.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum.
- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2003). *Intrinsic Motivation Inventory*. Retrieved from <https://selfdeterminationtheory.org/intrinsic-motivation-inventory/>
- Findeisen, S., Horn, S. & Seifried, J. (2019). Lernen durch Videos – Empirische Befunde zur Gestaltung von Erklärvideos. *MedienPädagogik*, 16-36.
- Hestenes, D., Wells, M. & Swackhammer, G. (1992). Force Concept Inventory. *The Physics Teacher* 30, 141-158.
- Habig, S., van Vorst, H. & Sumfleth, E. (2018). Merkmale kontextualisierter Lernaufgaben und ihre Wirkung auf das situationale Interesse und die Lernleistung von Schülerinnen und Schüler. *ZfD* 24, 99–114.
- Kircher, E., Girwidz, R. & Häußler, P. (Hrsg.). (2015). *Physikdidaktik: Theorie und Praxis*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Krabbe, H., Zander, S. & Fischer, H.E. (2015). *Lernprozessorientierte Gestaltung von Physikunterricht: Materialien zur Lehrerfortbildung*. Münster: Waxmann.
- Kulgemeyer, C. (2018). A Framework of Effective Science Explanation Videos Informed by Criteria for Instructional Explanations. *Research in Science Education* 50, 2441-2462.
- Kulgemeyer, C. & Peters, C.H. (2016). Exploring the explaining quality of physics online explanatory videos. *European Journal of Physics* 37, 065705.
- Kulgemeyer, C., & Wittwer, J. (2021). When Learners Prefer the Wrong Explanation: Misconceptions in Physics Explainer Videos and the Illusion of Understanding. <https://doi.org/10.31234/osf.io/q36zf>
- Kunter, M. & Trautwein, U. (2013). *Psychologie des Unterrichts*. Paderborn: Schöningh.
- Low, D.J. & Wilson, K.F. (2017). The role of competing knowledge structures in undermining learning: Newton's second and third laws. *American Journal of Physics* 85, 54-65.
- Maurer, C. (2016). *Strukturierung von Lehr-Lern-Sequenzen*. Berlin: Logos.
- Mutschler, T., Buschhüter, D., Kulgemeyer, C. & Borowski, A. (2022). Beispiel-Regel vs. Regel-Beispiel: Wie wird Physik besser gelernt? In: Habig, S. & van Vorst, H. (Hrsg.), *Unsicherheit als Element von naturwissenschaftsbezogenen Bildungsprozessen*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, virtuelle Jahrestagung 2021, S. 756-759. Universität Duisburg-Essen.
- Neumann, K. & Borowski, A. (2011). Monoedukativer Physikunterricht. In Höttecke, D. (Hrsg.), *Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik: Naturwissenschaftliche Bildung als Beitrag zur Gestaltung partizipativer Demokratie*. LIT Verlag, Berlin, S. 123-125.
- Oser, F. & Baeriswyl, F.J. (2001). Choreographies of Teaching: Bridging Instruction to Learning. In V. Richardson (Eds.), *Handbook of Research on Teaching*. Washington: American Educational Research Association, 1031-1065.
- Savinainen, A. & Scott, P. (2002). Using the Force Concept Inventory to monitor student learning and to plan teaching. *Physics Education* 37(1), 53-58.
- Schecker, H., Wilhelm, T., Hopf, M. & Duit, R. (Hrsg.) (2018). *Schülervorstellungen und Physikunterricht: Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis*. Berlin: Springer.
- Stanat, P., Schipolowski, S., Mahler, N., Weirich, S. & Henschel, S. (Hrsg.). (2019). *IQB-Bildungstrend 2018. Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen am Ende der Sekundarstufe I im zweiten Ländervergleich*. Münster: Waxmann.
- Wilhelm, T. & Heuer, D. (2005). Verständnis der newtonschen Mechanik bei bayerischen Elftklässlern – Ergebnisse beim Test „Force Concept Inventory“ in herkömmlichen Klassen und im Würzburger Kinematik-/Dynamikunterricht. *Didaktik der Physik, Frühjahrstagung Berlin 2005*.
- Zander, S. (2016). *Lehrerfortbildung zu Basismodellen und Zusammenhänge zum Fachwissen*. Berlin: Logos.

Patricia Breunig¹
 Karsten Rincke¹

¹Universität Regensburg

Erklärvideos im Flipped Classroom: Multimediales Lernen im Physikunterricht

Motivation

In Zeiten einer weltweiten Netzanbindung, einer Pandemie und hohen Energiekosten nimmt das digitale Lernen einen wichtigen Stellenwert ein. Auch die Kultusministeriumskonferenz (2021) spricht sich explizit für digital gestützte Lehr-Lern-Prozesse aus. Eine Möglichkeit der Realisierung stellt die Unterrichtsmethode *Flipped Classroom* dar, bei der die Instruktion digital gestützt im häuslichen Umfeld der Schüler:innen stattfindet. Das Forschungsprojekt „FALKE-d Physik“¹ untersucht Varianten von Erklärvideos zum Thema „Licht und Farbe“, die in einem *Flipped Classroom*-Setting in der Schule zum Einsatz kommen (Breunig & Rincke, 2022). In diesem Beitrag wird beschrieben, wie in dem Vorhaben eine intensive Auseinandersetzung seitens der Schüler:innen mit den Lerninhalten aus den Videos erreicht werden soll. Dabei wird genauer auf die Gestaltung einer *Flipped Classroom*-Einheit sowie das dafür konzipierte Unterrichtsmaterial eingegangen.

Flipped Classroom

Eine *Flipped Classroom*-Unterrichtseinheit gliedert sich in zwei Phasen: Die Selbstlern- und die Präsenzlernphase. In Ersterer bereiten sich die Schüler:innen asynchron und selbstständig mit den von der Lehrkraft bereitgestellten Materialien vor. In der Präsenzlernphase wird das erworbene Wissen lernendenzentriert überprüft, angewandt und weiterentwickelt (Weiß, 2021, S. 16f.). In ihrer Studie berichten Finkenber & Trefzger (2019) von größtenteils positiven Effekten bei der Anwendung von *Flipped Classroom* im Physikunterricht. Als lernförderliche Strukturelemente des *Flipped Classroom* nennen die Autoren folgende Aspekte:

- Veränderte Rolle der Lehrkraft zur Lernbegleiter:in
- Erfüllung der Grundforderungen der Selbstbestimmungstheorie
- Hohe Aktivierung der Schüler:innen in der Präsenzphase
- Multimediales Lernen (z.B. in den Lernvideos)

Des Weiteren wird ein Lernen im eigenen Tempo ermöglicht. Besonders die individuelle Steuerung der Videos (Pausieren, Zurückspulen, Wiederholung usw.) ist nach Dorgerloh & Wolf (2020, S. 68) für den Lernerfolg von großer Bedeutung. All diese Aspekte stellen Merkmale des *Flipped Classroom* dar, welche für das Lernen vorteilhaft sein können.

¹ FALKE-digital (Fachspezifische Lehrkraftkompetenzen im Erklären – digital) bezeichnet als Maßnahme des Gesamtprojekts L-DUR ein interdisziplinäres Forschungsprojekt der Universität Regensburg. L-DUR wird im Rahmen der gemeinsamen Qualitätsoffensive Lehrerbildung von Bund und Ländern aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01JA2010 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autor:innen.

Interaktive Anschlussaufgaben in der Selbstlernphase

Eine Möglichkeit, dem passiven Betrachten von Erklärvideos (Dorgerloh & Wolf, 2020, S. 134ff.) entgegenzuwirken, ist die Verwendung interaktiver Elemente. In diesem Vorhaben werden diese Elemente in den sog. „Anschlussaufgaben“ realisiert. Diese stellen kurze Aufgaben im Anschluss an das Video dar, bei denen das neu erlernte Wissen direkt angewendet werden kann. Durch die Anschlussaufgaben und die in der Schule folgende Präsenzphase wird das Erklärvideo eng in einen Lernprozess eingebunden, was Wolf (2018) als notwendige Bedingung für den Lernerfolg beschreibt. Eine Möglichkeit zur Gestaltung solcher interaktiven Aufgaben bietet das Tool *H5P* (siehe <https://h5p.org/>), das auch die Einbettung der Aufgaben u.a. in eine „moodle“-Umgebung erlaubt. Dabei sind verschiedene Aufgabentypen wie beispielsweise „Drag-and-Drop“ oder „Lückentext“ möglich. Hinweisfelder schaffen die Möglichkeit zur Differenzierung. Schüler:innen können selbst entscheiden, ob sie einen Tipp zur Lösung der Aufgabe erhalten oder nicht. Ein weiterer Vorteil des Einsatzes von *H5P*-Aufgaben ist das direkte und individuelle Feedback. Lernende bekommen sofort nach Abschluss der Aufgabe Rückmeldung und Hinweise zur Verbesserung. Ein Punktesystem und der spielerische Charakter motivieren zusätzlich zur Bearbeitung der Aufgaben. Indem eine Aufgabe beliebig oft wiederholbar ist, ist auch wie bei den Erklärvideos die bedeutsame Möglichkeit des Lernens im eigenen Tempo gegeben.

Es wurden zu jedem Themengebiet drei interaktive *H5P*-Aufgaben gestaltet, jeweils zum Typ „Single/Multiple-Choice“, „Drag-and-Drop“ und „Lückentext“. In Abbildung 1 ist ein Screenshot einer Aufgabe zum Thema „Lichtfarben“ zu sehen, welche auf der von Haagen-Schützenhöfer (2015) beschriebenen „Lichtmischbox“ basiert. Die Aufgabe schließt direkt an die Inhalte des Erklärvideos an, in der die Lichtmischbox bereits mit den Farben „rot“ und „grün“ thematisiert wurde. Eingebettet sind die Aufgaben in eine Lernplattform, auf der auch die Erklärvideos für die Schüler:innen zugänglich sind.

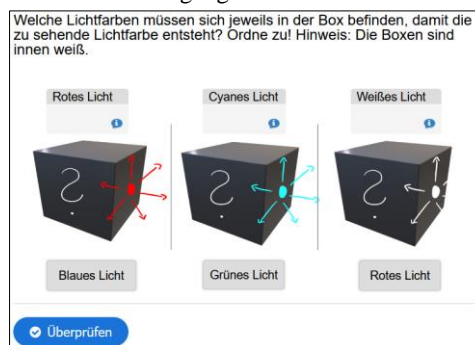


Abbildung 1: H5P-Aufgabe zu "Lichtfarben"

Unterrichtsmaterial in der Präsenzlernphase

In diesem Vorhaben sollen die lernförderlichen Strukturelemente des *Flipped Classroom* in der Präsenzlernphase durch Stationenarbeit erreicht werden, in deren Rahmen die Schüler:innen gemeinsam diskutieren und experimentieren. Ein Projektheft mit Arbeitsblättern, das die Schüler:innen bereits durch die Selbstlernphasen führt, gibt auch Struktur und Orientierung in den Präsenzlernphasen. Die verschiedenen Aufgaben in

unterschiedlichen Schwierigkeitsgraden sind für lernschwache sowie lernstarke Schüler:innen geeignet und können in individuellem Tempo bearbeitet werden. Es handelt sich dabei überwiegend um Anwendungs- und Transferaufgaben, wie beim *Flipped Classroom* vorgesehen. Beim Thema „Sehvorgang“ soll eine tiefere Auseinandersetzung mit dem Inhalt beispielsweise durch ein Rollenskartenspiel erreicht werden. Die Schüler:innen diskutieren in einer kleinen Gruppe über geläufige Schülerfehlvorstellungen im Kontext „Sehvorgang“ (Schecker et al., 2018, S. 98), wie „Licht ermöglicht es, einen Gegenstand zu sehen, weil es den Gegenstand beleuchtet“.

Die Anwendung des in der Selbstlernphase erlernten Wissens kann u.a. auch in Form von Schüler:innen-Experimenten geschehen. Dabei werden gewisse Erwartungen an die Schüler:innen gestellt. Es ist neben einer geschickten experimentellen Handlung auch eine erkenntnisorientierte Steuerung nötig. Hierdurch besteht jedoch auch die Gefahr einer Überforderung der Schüler:innen (Rincke, 2016). Das macht ein je nach Situation adaptives Handeln der Lehrkraft erforderlich. Als Lernbegleiter:in kann sie entweder eine moderierende Rolle einnehmen oder das Lernen unterstützen, indem sie bei schwierigeren Experimenten das Experiment zunächst selbst vorführt und anschließend die Schüler:innen anleitet. Mit Orientierung an bayerischer Schulbuchliteratur, sowie Schmidt-Roedenbeck et al. (2005) und Haagen-Schützenhöfer (2015) wurden insgesamt sechs Experimentierboxen mit Experimenten zum Thema „Licht und Farbe“ entwickelt. Als Beispiel sei an dieser Stelle die Experimentierbox „Rauchmelder“ genannt, die in ihrer Funktion einen Bezug zu einer technischen Anwendung herstellt. Mithilfe einfacher elektrischer Bauteile sowie eines Räucherstäbchens wird die Funktionsweise eines Rauchmelders direkt erfahrbar gemacht. Die Lernenden wenden ihr Wissen aus dem Erklärvideo „Licht und Gegenstände“ an und tauschen sich gemeinsam in Kleingruppen aus. Die Experimente sind auch unabhängig von der Methode *Flipped Classroom* im Physikunterricht einsetzbar. So können Schüler:innen beispielsweise die additive Farbmischung mithilfe von RGB-Taschenlampen und Lochblenden einfach und sicher explorativ untersuchen (siehe Abbildung 2).

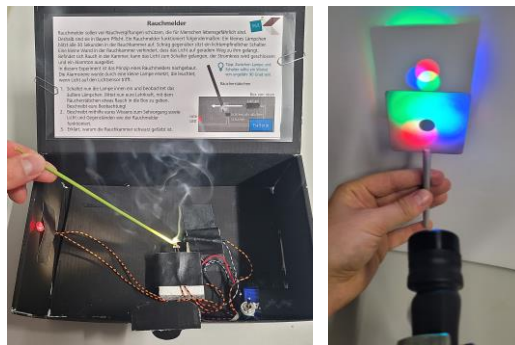


Abbildung 2: Schüler:innen-Experimente „Rauchmelder“ (links) und "Additive Farbmischung" (rechts)

Die entwickelten Materialien werden derzeit im Rahmen der Haupterhebung der in Breunig & Rincke (2022) beschriebenen Studie in 7. und 8. Jahrgangsstufen an bayerischen Realschulen und Gymnasien eingesetzt.

Literatur

- Breunig, P., & Rincke, K. (2022). Erklärvideos im Flipped Classroom: Multimediales Lernen im Physikunterricht. In Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung (48.: 2021 : Online) (Hrsg.), Unsicherheit als Element von naturwissenschaftsbezogenen Bildungsprozessen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik e. V. virtuelle Jahrestagung 2021 (S. 580–583). https://www.gdcp-ev.de/wp-content/tb2022/TB2022_580_Breunig.pdf
- Dorgerloh, S., & Wolf, K. D. (Hrsg.). (2020). Lehren und Lernen mit Tutorials und Erklärvideos. Beltz.
- Finkenberg, F., & Trefzger, T. (2019). Umgedrehter Unterricht – Flipped Classroom als Methode im Physikunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 25(1), 77–95. <https://doi.org/10.1007/s40573-019-00093-8>
- Haagen-Schützenhöfer, C. (2015). Einfache Experimente zum Thema Farbe im Optikanfangsunterricht. 64(5), 14–17.
- Kultusministerkonferenz. (2021). Lehren und Lernen in der digitalen Welt. https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2021/2021_12_09-Lehren-und-Lernen-Digi.pdf
- Rincke, K. (2016). Experimente in ihren Funktionen für das Lernen. <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bvb:355-epub-364106>
- Schecker, H., Wilhelm, T., Hopf, M., & Duit, R. (Hrsg.). (2018). Schülervorstellungen und Physikunterricht: Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis. Springer Spektrum.
- Schmidt-Roedenbeck, C., Müller, R., Wiesner, H., Born, G., & Schwarze, H. (Hrsg.). (2005). Unterricht Physik: Wölb- und Hohlspiegel, Spiegelteleskop, Auge, Farben. Aulis-Verl. Deubner.
- Weiß, L.-F. (2021). Der Flipped Classroom in der Physik-Lehre. Logos Verlag.
- Wolf, K. D. (2018). Videos statt Lehrkraft? Computer + Unterricht - Lernen und Lehren mit digitalen Medien, 109, 4–7.

Lotte Hahn¹
Thorid Rabe¹

¹Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

Physik-Erklärvideos – Einstellungen (angehender) Physik Lehrkräfte

Motivation und Befunde

Die Digitalisierungsprozesse im Bildungsbereich führen zu Erweiterungen von Lehr- und Lernkulturen. Ein Beispiel für die Digitalisierung von Lerninhalten sind Erklärvideos, deren Nutzung für schulische Zwecke in den vergangenen Jahren einen deutlichen Anstieg erlebte. Mehr als jede*r fünfte Schüler*in nutzt derzeit regelmäßig Erklärvideos für schulische Zwecke und auch Lehrkräfte empfehlen populäre Nachhilfekanäle wie „simpleclub“ (Becker, 2016; Feierabend et al., 2020). Bei näheren Analysen von Inhalten beispielsweise des Kanals „Physik - simpleclub“ zeigen sich jedoch erhebliche fachliche und fachdidaktische Mängel, die nachhaltigen Lernprozessen sogar entgegenwirken können (Krey & Rabe, 2021). Systematische Analysen, in denen beispielsweise Erklärvideos zu einem gesamten Themengebiet hinsichtlich der fachlichen und fachdidaktischen Qualität untersucht werden, gibt es bislang nicht.

Aufgrund der stetig steigenden Nutzung von Erklärvideos durch Schüler*innen ist davon auszugehen, dass Erklärvideos zunehmend prägenden Einfluss auf das Bild von Physik, Physikunterricht und Physiklernen haben werden. Zu Einstellungen von (angehenden) Physik Lehrkräften bezüglich Erklärvideos sind bisher noch keine systematischen Erhebungen durchgeführt worden. Gleichzeitig sind Ursachen für den Modus und den Umfang des Einsatzes von Erklärvideos im Kontext des Physikunterrichts ungeklärt. Im Rahmen des BMBF-Projekts „DikoLa – Digital kompetent im Lehramt“ setzt an dieser Stelle ein physikdidaktisches Forschungsprojekt mit einer systematischen Analyse von Physik-Erklärvideos und einer qualitativen Erhebung und Auswertung von Einstellungen von (angehenden) Physik Lehrkräften bezüglich Physik-Erklärvideos an. Im Folgenden wird die Gesamtkonzeption des Promotionsprojekts vorgestellt.

Projekt „DikoLa – Digital kompetent im Lehramt“

Das Ziel von DikoLa besteht darin, Lehramtsstudierende der MLU auf Digitalität im Unterricht vorzubereiten. Entsprechende Maßnahmen richten sich sowohl an die Studierenden als auch an Dozierende in der Lehramtsausbildung. In begleitenden Forschungsprojekten werden Lehr-Lernsettings mit digitalen Medien, wie beispielsweise Erklärvideos, beforscht.

Forschungsfragen

Das Forschungsprojekt ist in zwei Forschungsschwerpunkte unterteilt: (1) die systematische Analyse von Physik-Erklärvideos und (2) die qualitative Erhebung von Einstellungen von (angehenden) Physik Lehrkräften bezüglich Erklärvideos im Kontext von Physikunterricht.

Im Rahmen der Erklärvideoanalyse ergeben sich für das Forschungsprojekt folgende Forschungsfragen:

FF1.1: Inwiefern sind Physik-Erklärvideos fachlich korrekt und folgen den aus der Forschung abgeleiteten Qualitätskriterien effektiver Erklärvideos?

FF1.2: Welches Bild von Physik und Physiklernen vermitteln Erklärvideos potenziell?

FF1.3: Welche fachlichen und fachdidaktischen Qualitätsmerkmale zeigen sich bei einer Kategorisierung von Erklärvideos?

Im Rahmen der Einstellungserhebung bezüglich Physik-Erklärvideos werden folgende Forschungsfragen verfolgt:

FF2.1: Welche Einstellungen in Bezug auf Erklärvideos im Kontext von Physikunterricht lassen sich bei (angehenden) Physiklehrkräften identifizieren?

FF2.2: Lassen sich (angehende) Physiklehrkräfte hinsichtlich ihrer Einstellungen zu Physik-Erklärvideos und weiterer Merkmale typologisieren?

Forschungsdesign

Erklärvideoanalyse

Analysiert werden YouTube-Erklärvideos zu zwei thematischen Schwerpunkten der klassischen Mechanik: Dichte und Schall. In den Auswahlprozess einbezogen werden ausschließlich Videos aus dem deutschsprachigen Raum und Videos mit direkter curricularer Anknüpfung an Inhalte des Lehrplans der Sekundarstufe I, exemplarisch für das Land Sachsen-Anhalt. Außerdem ausschlaggebend für den Auswahlprozess ist die Kanalpopularität bzw. die Klickzahlen. Neben Videos von großen, z.T. kommerziellen Erklärvideokanälen, werden auch Erklärvideos kleinerer Kanäle einbezogen. Nicht berücksichtigt werden Videos mit geringen Klickzahlen über einen längeren Veröffentlichungszeitraum. Das Ziel ist, möglichst die Videos in der Analyse abzubilden, die potenziell von Schüler*innen angeschaut oder von Lehrkräften für Unterrichtskontexte genutzt werden.

Die ausgewählten Videos werden hinsichtlich folgender Analyseschwerpunkte analysiert:

- fachliche Analyse,
- Analyse anhand allgemeiner lernpsychologischer Kriterien (Sweller, 1994) und der Multimedia-Prinzipien (Mayer, 2021),
- fachdidaktische Analyse anhand der Qualitätskriterien nach Kulgemeyer (2018),
- deskriptive und interpretative Analyse zur Herausarbeitung des den Rezipienten angebotenen Bildes von Physik und Physiklernen (Krey & Rabe, 2021).

Erhebung von Einstellungen bezüglich Physik-Erklärvideos

Die Einstellungen von (angehenden) Physiklehrkräften bezüglich Physik-Erklärvideos werden mittels leitfadengestützter Einzelinterviews erhoben, aus denen explizite Einstellungsanteile mittels qualitativer Inhaltsanalyse (Mayring, 2015) herausgearbeitet werden. Prospektiv sollen im Anschluss einzelne Interviewabschnitte dokumentarisch (Bohnsack, 2021) ausgewertet werden.

Ebenso wie in der Psychologie gibt es auch in der Didaktik keine einheitliche Definition des Einstellungsbegriffs (z.B. Garms-Homolová, 2020; Grigutsch et al., 1998; Vogelsang et al., 2019). Abgeleitet aus psychologischen und didaktischen Definitionen werden folgende Einstellungsfacetten, die gleichzeitig das erste Categoriesystem der inhaltsanalytischen Einstellungsermittlung bilden, festgelegt und mit Hilfe des Interviewleitfadens erfasst:

- eigene Erklärvideonutzung,
- (potenzieller) Einsatz von Erklärvideos im Kontext von (Physik-)Unterricht,
- individuell wahrgenommene Relevanz von (Physik-)Erklärvideos für schulische Kontexte,

- wahrgenommene Potentiale bei (Physik-)Erklärvideos,
- wahrgenommene Hürden bei (Physik-)Erklärvideos.

Im weiteren Verlauf der Datenauswertung sollen die aus der Theorie gebildeten Einstellungs-facetten bzw. Aspekte des Categoriesystems gegebenenfalls um aus dem Material heraus ge-bildete Kategorien erweitert werden.

Stichprobe Einstellungserhebung

In den Interviews werden Physiklehramtsstudierende im letzten Drittel des Studiums und praktizierende Physiklehrkräfte befragt. Zusätzlich wird eine Vergleichsgruppe, bestehend aus Lehramts- und Pädagogikstudierenden anderer Fachbereiche, interviewt, um im Vergleich mögliche Spezifika der Einstellungen von angehenden Physiklehrkräften herauszuarbeiten.

Die Physiklehramtsstudierenden sowie die Vergleichsgruppe haben mehrere Seminar-veranstaltungen zum Thema Erklärvideos besucht. Im Rahmen einer obligatorischen Lehr-veranstaltung wurden Erklärvideos mit den Physiklehramtsstudierenden thematisiert, ana-lysiert und produziert. Die Personen der Vergleichsgruppe erhielten im Rahmen eines für sie ebenfalls obligatorischen Moduls einen ähnlichen Input zu Erklärvideos wie die Physiklehr-amtsstudierenden, ohne jedoch selbst Erklärvideos zu produzieren. Die Physiklehramts-studierenden und die Studierenden der Vergleichsgruppe wurden jeweils mindestens drei Monate nach der letzten thematischen Sitzung zu Erklärvideos interviewt.

Stand und Ausblick

Erklärvideoanalyse

Für den thematischen Schwerpunkt Dichte wurden 14 YouTube-Erklärvideos ausgewählt. Für die weitere Analyse der Videos wurden diese transkribiert und mit Standbildern aller visuellen Abläufe versehen. Anhand dieser Storyboards wurden die ersten Erklärvideos hinsichtlich ihrer fachlichen Korrektheit analysiert. Außerdem wurde herausgearbeitet, inwiefern diese Videos den Multimedia-Prinzipien nach Mayer (2021) gerecht werden. Für den thematischen Schwerpunkt Schall wurden zehn YouTube-Erklärvideos ausgewählt, deren Analyse für Sommersemester 2023 geplant ist.

Einstellungserhebung

Nach einer ersten Pilotierung des Erhebungsformats im Wintersemester 2021/22 startete die erste Datenerhebung mit Physiklehramtsstudierenden im April 2022 und die Datenerhebung der Vergleichsgruppe im September 2022. Praktizierende Physiklehrkräfte sollen erstmals gegen Ende 2022 zu ihren Einstellungen bezüglich Physik-Erklärvideos befragt werden.

Die erste Datenauswertung der Interviews mit den Physiklehramtsstudierenden weist darauf hin, dass Studierende im Schnitt mehr Hürden als Vorteile bei Erklärvideos im Kontext von Physikunterricht ansprechen.

Literatur

- Becker, L. (2016). Nachhilfe von den Kumpels aus dem Internet. *Frankfurter Allgemeine Zeitung*.
<https://www.faz.net/aktuell/karriere-hochschule/buero-co/youtube-stars-bieten-erfolgreiche-nachhilfevideos-14569699.html>
- Bohnsack, R. (2021). *Rekonstruktive Sozialforschung. Einführung in qualitative Methoden* (10. Aufl.). Barbara Budrich.
- Feierabend, S., Rathgeb, T., Kheredmand, H., & Glöckler, S. (2020). *JIM Studie 2020 Jugend, Information, Medien. Basisuntersuchung zum Medienumgang 12- bis 19-Jähriger*. mpfs.
- Garms-Homolová, V. (2020). *Sozialpsychologie der Einstellungen und Urteilsbildung. Lässt sich menschliches Verhalten vorhersagen?* Springer.
- Grigutsch, S., Raatz, U., & Törner, G. (1998). Einstellungen gegenüber Mathematik bei Mathematiklehrern. *Journal Für Mathematik-Didaktik*, 19(1), 3–45. <https://doi.org/10.1007/BF03338859>
- Krey, O., & Rabe, T. (2021). Zu Risiken und Nebenwirkungen... oder Wo ist die Packungsbeilage? Erklärvideos zur Schulphysik. In *Lehrvideos – das Bildungsmedium der Zukunft? Erziehungswissenschaftliche und fachdidaktische Perspektiven* (pp. 156–167). Julius Klinkhardt.
- Kulgemeyer, C. (2018). A Framework of Effective Science Explanation Videos Informed by Criteria for Instructional Explanations. *Research in Science Education*, 50(6), 2441–2462. <https://doi.org/10.1007/s11165-018-9787-7>
- Mayer, R. E. (2021). *Multimedia Learning*. (Third Edit). Cambridge University Press.
- Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken* (12. Aufl.). Beltz.
- Sweller, J. (1994). Cognitive load theory, learning difficulty, and instructional design. *Learning and Instruction*, 4(4), 295–312. [https://doi.org/10.1016/0959-4752\(94\)90003-5](https://doi.org/10.1016/0959-4752(94)90003-5)
- Vogelsang, C., Finger, A., Laumann, D., & Thyssen, C. (2019). Vorerfahrungen, Einstellungen und motivationale Orientierungen als mögliche Einflussfaktoren auf den Einsatz digitaler Werkzeuge im naturwissenschaftlichen Unterricht. *Zeitschrift Für Didaktik Der Naturwissenschaften*, 25(1), 115–129. <https://doi.org/10.1007/s40573-019-00095-6>

Madeleine Hörnlein¹
 Christoph Kulgemeyer²

¹Universität Paderborn
²Universität Bremen

„Aus Erklärvideos lernt man nur oberflächlich“ – oder erwirbt man auch Konzeptwissen?

Erklärvideos werden von Schüler:innen sowohl in der Freizeit (JIM Studie, 2021) als auch für schulische Zwecke genutzt (Wolf & Kulgemeyer, 2016). Seit der Einführung partizipativer Videoportale steigt auch die Anzahl an Erklärvideos zu physikalischen Themen, sodass sich Einsatzmöglichkeiten von Erklärvideos in und um den Physikunterricht ergeben und eine Beschäftigung mit Erklärvideos auch aus physikdidaktischer Perspektive als sinnvoll erscheint.

Theoretische Rahmung

Mit dem Begriff *Erklärvideo* wird hier Wolf (2015) folgend ein eigenproduzierter Film bezeichnet, der ein (hier: physikalisches) Prinzip erklärt und didaktischen Prinzipien folgt. Wie bei allen unterrichtlichen Handlungen stellt sich auch beim Einsatz von Erklärvideos die Frage nach dem Lernziel. Die bisherige (physikdidaktische) Forschung zu Erklärvideos zeigt, dass durch Erklärvideos vor allem deklaratives Wissen vermittelt wird (Kulgemeyer, 2018). Als *deklaratives Wissen* wird in diesem Zusammenhang ein unverknüpftes, verbalisierbares Faktenwissen verstanden (Anderson & Krathwohl, 2001). Es handelt sich dabei um die Kenntnis isolierter Fakten (Gagne, Briggs & Wagner, 1992). Die fehlende Verknüpfung (z.B. mit Vorwissen) führt dazu, dass dieses Wissen potentiell schnell wieder vergessen wird. Bezogen auf ein betrachtetes Erklärvideo handelt es sich bei deklarativem Wissen also um Fakten, die exakt so im Video vorhanden sind – beispielsweise die Anwendung des thematisierten Prinzips auf ein bestimmtes im Video vorhandenes Beispiel.

Diese Feststellungen werfen die Frage auf, was denn gelernt werden sollte. Die Ständige Wissenschaftliche Kommission der Kultusminister (2021) hält zum Lernen mit und zur Forschung über Erklärvideos fest: „Z.B. sind Erklärvideos (...) bislang vor Allem für hierarchieniedrige Fertigkeiten implementiert (...) zu wenig dagegen für kognitiv anspruchsvolle Lernziele (z.B. Konzeptverständnis).“ (SWK, 2021, S. 13) Das Ziel vom Lernen mit Erklärvideos sollte also Konzeptverständnis sein. In Abgrenzung zum Begriff des *deklarativen Wissens* wird hier der Begriff des *Konzeptwissens* als Zielzustand benannt. Dieser Begriff beschreibt ein Wissen, welches stärker vernetzt ist (Hiebert & Carpenter, 1992). Im Gegensatz zum *deklarativen Wissen* kann *Konzeptwissen* auch implizit vorhanden sein (Anderson & Krathwohl, 2001; Gagne et al. 1992). *Konzeptwissen* wird nicht so schnell vergessen, sondern ist nachhaltig im Langzeitgedächtnis verankert. Insgesamt spricht für das Vorhandensein von Konzeptwissen also, dass ein Prinzip so verstanden wurde, dass es flexibel auf verschiedene (auch unbekannte) Inhaltsbereiche angewendet werden kann. Um ein Beispiel zu nennen, reicht es für Konzeptwissen nicht, wenn das Konzept der Energieerhaltung lediglich auf das Beispiel eines Fadenpendels angewendet werden könnte, auf andere Beispiele aber nicht.

Um dieses Ziel zu erreichen, muss zunächst festgehalten werden, dass es sich bei dem Erwerb von Wissen aus Erklärungen um einen konstruktivistisch zu verstehenden Prozess handelt (Kulgemeyer, 2020b). Das bedeutet, dass es nicht genügt, wenn ein Video einfach nur angeschaut wird. Das Wissen muss auch angewendet werden, um nachhaltig auch Konzeptwissen

zu lernen. Erklärvideos können die kognitive Konstruktion nicht ersetzen und bergen die Gefahr, eine Verstehensillusion zu erzeugen, also die falsche Überzeugung etwas verstanden zu haben (Kulgemeyer & Wittwer, 2022; in diesem Band Kulgemeyer, Sterzing & Hörnlein, 2023). Auch gute Erklärungen, wie sie im Idealfall in Erklärvideos geboten werden, erhöhen lediglich die Wahrscheinlichkeit, dass ein Inhalt verstanden wird und bewirken dies nicht automatisch. Dazu müssten Erklärungen (und somit auch Erklärvideos) in die aktive Wissenskonstruktion der Lernenden integriert (Wittwer & Renkl, 2008) und angewendet werden (Altmann & Nückles, 2017), um nachhaltig daraus zu lernen. Dass nach dem Video ausreichend Möglichkeit gegeben werden soll, das Erlernte anzuwenden, wird ohnehin schon in den von Kulgemeyer (z.B. 2020a) aufgestellten Qualitätskriterien postuliert.

Die bisherige Forschung im Bereich Erklärvideos richtet sich auf die Gestaltungsmöglichkeiten von Erklärvideos und deren Auswirkungen auf die Lernwirksamkeit. Bislang wurden zum Lernen mit Erklärvideos hauptsächlich Interventionsstudien durchgeführt, in denen der Lernzuwachs (nach o.g. Definition: deklaratives Wissen) durch das Schauen eines Erklärvideos betrachtet wird (u.a. Kulgemeyer, 2018; Sterzing, im Druck). Erste Anhaltspunkte liefert eine Studie, die im Rahmen einer Masterarbeit an der Universität Bremen durchgeführt wurde. Demnach lernen Rezipienten eines Videos mehr dazu, wenn auf das Video eine Lernaufgabe anstelle eines weiteren Videos folgt (Andres, 2019). Folgt man Ansätzen zum situierten Lernen, trägt die instruktional unterstützte Anregung von Konstruktionsprozessen dazu bei, dass die Transferfähigkeit erhöht und das Auftreten trägen Wissens unwahrscheinlicher wird (Gruber, Mandl & Renkl, 2000). Das hier genannte träge Wissen kann mit dem deklarativen Wissen in den vorigen Ausführungen verglichen werden.

Aus den vorangegangenen Überlegungen ergibt sich die in Abb. 1 dargestellte Annahme zur Wissensentwicklung beim Schauen von Erklärvideos. Es wird vermutet, dass die Anwendung des Wissens z.B. in einer Lernaufgabe zum Erwerb von Konzeptwissen beiträgt. Dabei stellt das Vorhandensein von deklarativem Wissen einen notwendigen Ausgangszustand dar.

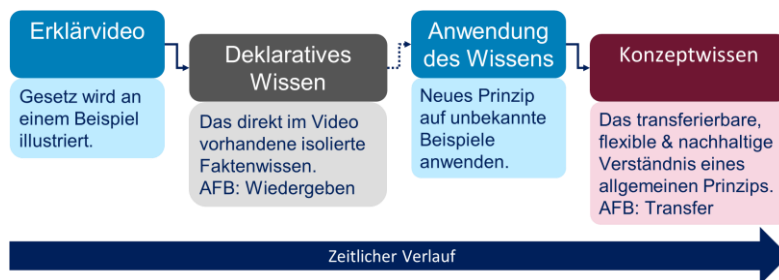


Abb. 1: Annahmen zur Wissensentwicklung.

Ziel & Forschungsfragen

Die oben dargestellten Annahmen zur Wissensentwicklung stellen zunächst nur eine Vermutung dar. Diese soll mithilfe des dargestellten Forschungsvorhabens überprüft werden. Daraus ergeben sich folgende Forschungsfragen des Projekts:

- Inwieweit kann durch geeignete Einbettung in Lehr-Lernprozesse aus einem Erklärvideo auch Konzeptwissen gelernt werden?

- Welche Art vertiefender Aufgaben im Anschluss an ein Erklärvideo fördern den Erwerb von Konzeptwissen?

Untersuchungsdesign

Zur Überprüfung der Annahmen und Beantwortung der Forschungsfragen soll eine Laborstudie mit Studierenden durchgeführt werden sowie darauffolgend eine Erhebung im Feld, in der das im Folgenden beschriebene Untersuchungsdesign mit Mittelstufenschüler:innen durchgeführt wird.

Zunächst soll der Aufbau der Laborerhebung genauer betrachtet werden. Diese folgt einem Prä-Posttest-Design mit Follow-up-Test. Geplant ist die Erhebung an $N = 150$ Studierenden der ersten Semester im Lehramt Sachunterricht an Grundschulen. Dazu wurde ein ca. siebenminütiges Erklärvideo zu den vier Grundideen des Energiebegriffs, also der Energiequadrige (Duit, 2007) erstellt. Das Video erläutert Energieumwandlung, Energietransport, Energieentwertung und Energieerhaltung qualitativ auf Mittelstufenniveau.

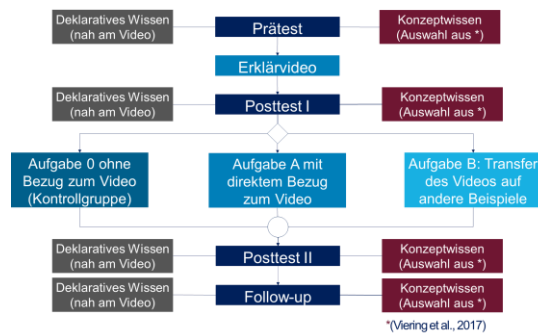


Abb. 2: Design der Laborerhebung.

Im Experiment verglichen werden dann zwei verschiedene Typen von Lernaufgaben. Eine Gruppe (A) bekommt eine Aufgabe, die den Inhalt des Videos vertieft. Eine zweite Gruppe (B) bearbeitet eine Aufgabe, die den Transfer des im Video Gelernten auf andere Beispiele verlangt. Eine dritte Gruppe (0) bearbeitet keine Aufgabe zum Video (Kontrollgruppe). Die Aufgaben A und B unterscheiden sich in ihrer kognitiven Komplexität. Brophy und Good (1986) sowie Renkl und Helmke (1992) folgend lässt sich Aufgabe A als *low-level Aufgabe* klassifizieren, die lediglich die Reproduktion von Wissen erfordert. Aufgabe B geht darüber hinaus und erfordert die Anwendung eines Prinzips, sodass dies als *high-level Aufgabe* eingeordnet werden kann. Da es keine eindeutigen Ergebnisse über Vor- oder Nachteile einer dieser Aufgaben gegenüber der Anderen gibt (u.a. Renkl & Helmke, 1992), wird diese Klassifizierung zu Grunde gelegt und die beiden beschriebenen Aufgabentypen verglichen.

Gemessen wird dann für alle Gruppen, ob das Video deklaratives Wissen fördert (und Konzeptwissen nicht) sowie im experimentellen Vergleich, ob und welcher Aufgabentyp Konzeptwissen fördert. Im Follow-up (ca. einen Monat später) wird getestet, ob die Aufgaben zu einem beständigeren Wissen führen. Dabei wird ein selbstentwickelter Test mit Fragen nah am Video für das deklarative Wissen eingesetzt. Das Konzeptwissen wird mithilfe von Items aus dem Instrument zur Kompetenzentwicklung Energie von Viering, Neumann und Fischer (2017) gemessen. Zudem werden demografische Daten aufgenommen und Items zur Verstehensillusion (Kulgemeyer & Wittwer, 2022) integriert.

Literatur

- Altmann, A. & Nückles M. (2017). Empirische Studie zu Qualitätsindikatoren für den diagnostischen Prozess. In A. Südkamp & K. Praetorius (Hrsg.), *Diagnostische Kompetenz von Lehrkräften: Theoretische und methodische Weiterentwicklungen*, Münster: Waxmann, 134-141.
- Anderson, L.W., & Krathwohl, D.R. (2001). *A Taxonomy for Learning, Teaching and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*. New York: Longman
- Andres, Y. (2019). Vergleich der Lernwirksamkeit eines Erklärvideos mit Aufgaben mit einem zusätzlichen Erklärvideo. Masterarbeit an der Universität Bremen. https://physikdidaktik.com/wp-content/uploads/2019/08/Masterarbeit_Andres.pdf
- Brophy, J. E. & Good, T. L. (1986). Teacher behaviour and student achievement. In M. C. Wittrock (Hrsg.), *Handbook of research on teaching* (3rd Ed.). New York: Macmillan. 328-375.
- Duit, R. (2007). Energie: Ein zentraler Begriff der Naturwissenschaften und des naturwissenschaftlichen Unterrichts. *Unterricht Physik*, 18 (101), 4-7.
- Gagne, R., Briggs, L., & Wagner, W. (1992). *Principles of Instructional Design* (4.th Ed.). TX: HBJ College Publishers.
- Gruber, H.; Mandl, H. & Renkl, A. (2000). Was lernen wir in Schule und Hochschule: Träges Wissen? In H. Mandl & J. Gerstenmeier (Hrsg.) *Die Kluft zwischen Wissen und Handeln: Empirische und theoretische Lösungsansätze*. Göttingen: Hogrefe. 139-156.
- Hiebert, J., & Carpenter, T.P. (1992). Learning and teaching with understanding. In D. A. Grouws (Hrsg.), *Handbook of research on mathematics teaching and learning*. New York: Macmillan. 65-97
- Kulgemeyer, C. (2018). A Framework of Effective Science Explanation Videos Informed by Criteria for Instructional Explanations. *Research in Science Education*, 50 (6), 2441-2462. doi.org/10.1007/s11165 018 9787 7
- Kulgemeyer, C. (2020a). Didaktische Kriterien für gute Erklärvideos. In S. Dorgerloh & K. D. Wolf (Hrsg.), *Lehren und Lernen mit Tutorials und Erklärvideos*. Weinheim: Beltz. 70-75.
- Kulgemeyer, C. (2020b). Erklären im Physikunterricht. In E. Kircher, R. Girwidz, & H. E. Fischer (Hrsg.), *Physikdidaktik: Grundlagen*. (4. Aufl.). Berlin, Heidelberg: Springer. 403-426.
- Kulgemeyer, C.; Sterzing, F. & Hörnlein, M. (2023). Von der „Shallowing Hypothese“ zur „Illusion of Understanding“ – wie wirken Erklärvideos und Lehrbuchtexte auf Wissen und Verstehensillusion? H. Van Horst (Hrsg.), *Lernen, Lehren und Forschen in einer digital geprägten Welt*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung 2022. GDGP.
- Kulgemeyer, C., & Wittwer, J. (2022). Misconceptions in Physics explainer Videos and the Illusion of Understanding: An Experimental Study. *International Journal of Science and Mathematics Education*. <https://doi.org/10.1007/s10763-022-10265-7>
- Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest. (2021). *Jim Studie 2021. Jugend, Information, Medien. Basisuntersuchung zum Medienumgang 12 bis 19-Jähriger*. Stuttgart: MPFS.
- Renkl, A. & Helmke, A. (1992). Discriminant effects of performanceoriented and structureoriented mathematics tasks on achievement growth. *Contemporary Educational Psychology*, 17 (1), 47-55.
- Ständige wissenschaftliche Kommission der Kultusministerkonferenz (SWK) (Hrsg.) (2021). *Stellungnahme zur Weiterentwicklung der KMK-Strategie "Bildung in der digitalen Welt"*, Bonn/Berlin.
- Sterzing, F. (im Druck). Zur Lernwirksamkeit von Erklärvideos in der Physik: Eine Untersuchung in Abhängigkeit von ihrer fachdidaktischen Qualität und ihrem Einbettungsformat. Berlin: Logos.
- Viering, T.; Neumann, K. & Fischer, H. (2017). *Kompetenzentwicklung Energie Test [Testinstrument: Version 1.0]. Erstanwendung 2009*. Frankfurt am Main: Forschungsdatenzentrum Bildung am DIPF. [dx.doi.org/10.7477/113:138:21](https://doi.org/10.7477/113:138:21)
- Wittwer, J. & Renkl, A. (2008). Why instructional explanations often do not work: A framework for understanding the effectiveness of instructional explanations. *Educational Psychologist*, 43 (1), 49-64. doi.org/10.1080/00461520701756420
- Wolf, K.D. (2015). Video-Tutorials und Erklärvideos als Gegenstand, Methode und Ziel der Medien- und Filmbildung. In A. Hartung-Griemberg, T. Ballhausen, C. Trültzsch-Wijnen, A. Berberi, & K. Kaiser-Müller (Hrsg.), *Filmbildung im Wandel: Mediale Impulse 2*, Wien: new academic press, 121-131.
- Wolf, K. D. & Kulgemeyer, C. (2016). Lernen mit Videos? Erklärvideos im Physikunterricht. *Naturwissenschaften im Unterricht. Physik*, 27 (152), 36-41.

Sebastian Rohr¹
Oliver Tepner¹

¹Universität Regensburg

Entwicklung eines *Flipped Classroom*-Konzepts mit Erklärvideos in Chemie

Hintergrund:

Bei der Methode *Flipped Classroom* findet die Wissensvermittlung außerhalb des Unterrichts statt, sodass in der Präsenzphase relativ viel Zeit für das Anwenden und Vertiefen des Unterrichtsstoffs bleibt (Abeysekera & Dawson, 2015; Bishop & Verleger, 2013; Lo & Hew, 2017). Hierbei bietet sich der Einsatz von Erklärvideos für die außerschulische Wissensvermittlung an, da mit diesen Prozesse gut abgebildet werden können (Werner et al., 2018) und die Motivation gesteigert werden kann (Sterzing et al., 2019). Allerdings gibt es im deutschsprachigen Raum nur wenige empirische Daten dazu, wie effektiv diese Kombination in der Primar- und Sekundarstufe ist und wie man sie möglichst erfolgreich einsetzt (Wagner, 2020). International finden sich heterogene Befunde hinsichtlich der Lernwirksamkeit dieser Methode (Finkenberg, 2018; Gillette et al., 2018; Wagner et al., 2020). Ebenso divergieren die Forschungsergebnisse beim Vergleich der Wirksamkeit der Methode zwischen den MINT-Fächern und den geisteswissenschaftlichen/sprachlichen Fächern (Strelan et al., 2020; Wagner et al., 2020).

Beim Rezipieren der Erklärvideos in der häuslichen Vorbereitung begeben sich die Schüler:innen in eine selbstregulierte Lernsituation. Für erfolgreiches selbstreguliertes Lernen werden insbesondere kognitive Lernstrategien als notwendige Voraussetzung angesehen (Artelt et al., 2001; Perels et al., 2020), da eine bewusste Steuerung der Lernprozesse erst hierdurch ermöglicht wird (Leutner & Leopold, 2003). Darüber hinaus muss der Umgang mit den Videos trainiert werden, da er medienpädagogisch hochkomplex erscheint (Kulgemeyer, 2018). Für einen optimalen Umgang mit Erklärvideos müssen also spezielle Lernstrategien entwickelt und von den Schüler:innen erworben sowie genutzt werden, um u. a. eine Darbietungskontrolle über die präsentierten Informationen zu erhalten (Schmidt-Borcherding, 2020).

Die o.a. Befunde greift das interdisziplinäre Forschungsprojekte *FALKE-d* (Fachspezifische Lehrerkompetenz im Erklären – digital) auf, um in einer Vergleichsstudie die Wirksamkeit der Methode *Flipped Classroom* in den Fächern Chemie, Deutsch, Grundschulpädagogik, Mathematik und Musik zu erforschen (Treatmentgruppe I & II mit *Flipped Classroom*, Kontrollgruppe ohne). *FALKE-d* ist ein Teilprojekt des vom BMBF geförderten Projektes L-DUR (Lehrkräftebildung Digital an der Universität Regensburg). Um einen optimalen Umgang der Schüler:innen mit den Erklärvideos zu ermöglichen, wird ein Training zum Erwerb von Lernstrategien für den selbstgesteuerten Lernprozess entwickelt und von den Schüler:innen der Treatmentgruppe I absolviert. Zur Evaluation wird eine vierstündige Unterrichtssequenz als Einstieg in ein neues Themengebiet konzipiert und von eigens fortgebildeten Lehrkräften durchgeführt. Begleitend wird im Prä-Post-Follow-Up-Design der Wissenszuwachs der Schüler:innen empirisch überprüft. In diesem Beitrag wird das Vorhaben aus Perspektive der Chemiedidaktik fokussiert.

Fragestellungen:

- Wie wirksam ist der Einsatz von Erklärvideos im Kontext der Methode *Flipped Classroom* hinsichtlich der Lernleistung der Schüler:innen im Vergleich zum „klassischen“ Chemieunterricht?
- Welchen Einfluss hat ein Training zum Erwerb von Strategien für den selbstgesteuerten Lernprozess bei Schüler:innen während der Intervention?
- Welche Gemeinsamkeiten und Unterschiede treten dabei zwischen den fünf beteiligten Unterrichtsfächern auf?

Methode:

Im Rahmen einer Pilotierung wurden die erstellten Unterrichtsmaterialien sowie die Lernplattform auf ihre Eignung überprüft. Ein besonderer Fokus liegt dabei auf den Erklärvideos, welche unter Berücksichtigung Forschungsergebnisse erstellt wurden. Durch qualitatives Feedback der Unterrichtenden wurden Aspekte wie Umsetzbarkeit, Zeitmanagement und Praktikabilität untersucht. Ergänzend wurde die Güte des eingesetzten Instruments zur Messung des Lernzuwachses zum Themengebiet der Redoxreaktionen überprüft.

Daran schließt sich die quasi-experimentelle Hauptstudie an. In dieser erhalten die Schüler:innen der 9. & 10. Jgst. des Gymnasiums / der Realschule durch ein vierstündiges Treatment eine Einführung in das Themengebiet der Redoxreaktionen. Es wird eine Stichprobengröße von $n \approx 600$ Schüler:innen angestrebt, welche randomisiert zwei Treatment- und einer Kontrollgruppe zugewiesen werden. Die beiden Treatmentgruppen werden dabei nach dem *Flipped Classroom* Konzept unterrichtet, während die Kontrollgruppe „klassisch“ unterrichtet wird (siehe Abb. 1). Darüber hinaus erhalten die Schüler:innen der Treatmentgruppe I ein einstündiges Strategietraining, in welchem Lernstrategien zum optimalen Umgang mit Erklärvideos vermittelt und eingeübt werden. Bei den Schüler:innen der Treatmentgruppe II bleibt dies aus. Der Wissenszuwachs wird in allen drei Untersuchungsgruppen mit einem Prä-Post-Follow-up Wissenstest erhoben. Zur Identifikation potentieller Störfaktoren werden Kontrollvariablen sowohl bei den Schüler:innen als auch bei den Lehrkräften vor dem Interventionsbeginn erhoben. Neben der Erfassung demografischer Daten für Lehrkräfte und Schüler:innen umfasst dies die Erhebung der Mediennutzung im Unterricht und der individuellen lerntheoretischen Überzeugungen bei den Lehrkräften sowie des Medienkonsums und Mediennutzungsverhaltens der Schüler:innen. Zur Evaluation des *Flipped Classroom*-Konzepts inklusive der Qualität der eingesetzten Materialien aus zwei Perspektiven, werden sowohl Lehrkräfte als auch Schüler:innen hierzu Prä-Post-Follow-up befragt. Um kontrollieren zu können, in welchem Maße die bereitgestellten Materialien zum Einsatz kommen, dokumentieren die Lehrkräfte dies nach jeder Unterrichtsstunde kurz in einem vorgefertigten Fragebogen.

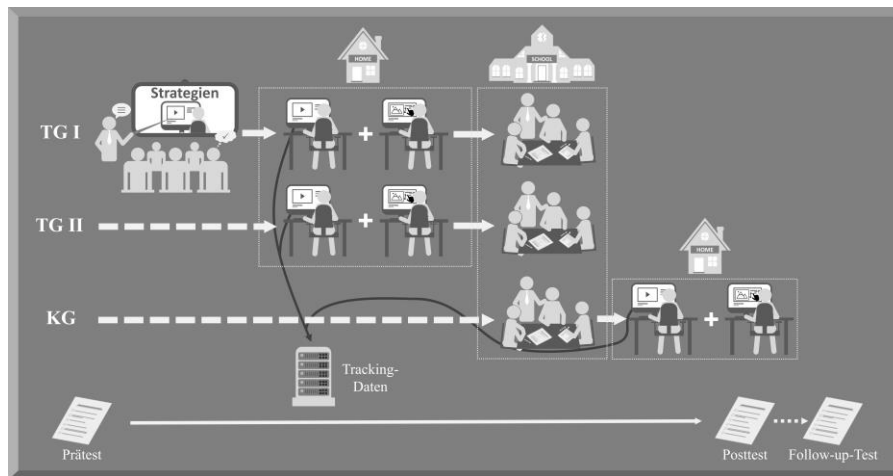


Abb. 1: Forschungsdesign

Alle Schüler:innen erhalten ihre Materialien für die Distanzlehre über eine eigens erstellte moodlebasierte Lernplattform namens *Clipflipp*. Auf dieser schauen sie sich die Erklärvideos an und bearbeiten im Anschluss eine kognitiv aktivierende Aufgabe im H5P-Design. Während des Rezipierens der Videos wird das Mausklickverhalten der Schüler:innen getrackt. Anhand dieser Tracking-Daten kann später nachvollzogen werden, ob, in welchem Ausmaß und wie die Videos angeschaut wurden, um einerseits die Hausaufgabendisziplin in allen Gruppen zu überprüfen und andererseits Rückschlüsse auf die Auswirkungen des Strategietrainings ziehen zu können.

Die teilnehmenden Lehrkräfte werden über Fortbildungen akquiriert. Inhaltlich werden die beiden Treatmentgruppen in der optimalen Anwendung von *Flipped Classroom* geschult. Die Lehrkräfte, die sich in der Treatmentgruppe I befinden, erhalten zusätzlich eine Weiterbildung zur Durchführung des Strategietrainings. Alle Lehrkräfte werden im Umgang mit der Lernplattform geschult und erhalten die Gelegenheit, sich mit den zum Einsatz kommenden Materialien, den durchzuführenden Experimenten und den Stundenabläufen vertraut zu machen. Um die Fortbildungsdauer in allen drei Gruppen annähernd konstant zu halten, bekommen Lehrkräfte, die der Kontroll- und Treatmentgruppe II angehören, eine Schulung zum Erstellen von Erklärvideos. Da die Lehrkräfte in der Studie zu keinem Zeitpunkt Erklärvideos selbst erstellen müssen, ist eine Beeinflussung der Messergebnisse nicht zu erwarten.

Um den Anforderungen nach *time-on-task* gerecht zu werden, sind die zum Einsatz kommenden Materialien und Medien in allen drei Gruppen identisch. Lediglich der Zeitpunkt der Materialbearbeitung unterscheidet sich. So müssen die Schüler:innen der Treatmentgruppen die Erklärvideos – entsprechend *Flipped Classroom* – stets vor jeder Unterrichtsstunde rezipieren, wohingegen die Schüler:innen der Kontrollgruppe diese im Nachgang anschauen. Da zu erwarten ist, dass Schüler:innen der Kontrollgruppe aufgrund der instruktionalen Erklärereinheit zu Beginn der Unterrichtsstunde die Übungsaufgaben nicht im Unterricht selbst vollständig bearbeiten können, sind unbearbeitete Aufgaben im Rahmen der Hausaufgabe zu erledigen.

Literatur

- Abeysekera, L., & Dawson, P. (2015). Motivation and cognitive load in the flipped classroom: Definition, rationale and a call for research. *Higher Education Research & Development*, 34(1), 1–14. <https://doi.org/10.1080/07294360.2014.934336>
- Artelt, C., Demmrich, A., & Baumert, J. (2001). Selbstreguliertes Lernen. In J. Baumert, E. Klieme, M. Neubrand, M. Prenzel, U. Schiefele, W. Schneider, P. Stanat, K.-J. Tillmann, & M. Weiß (Hrsg.), *PISA 2000* (S. 271–298). VS Verlag für Sozialwissenschaften. https://doi.org/10.1007/978-3-322-83412-6_8
- Bishop, J., & Verleger, M. (2013). The Flipped Classroom: A Survey of the Research. 2013 ASEE Annual Conference & Exposition Proceedings, 23.1200.1-23.1200.18. <https://doi.org/10.18260/1-2--22585>
- Finkenberg, F. (2018). Flipped Classroom im Physikunterricht [Universität Würzburg]. <https://opus.bibliothek.uni-wuerzburg.de/frontdoor/index/index/docId/16414>
- Gillette, C., Rudolph, M., Kimble, C., Rockich-Winston, N., Smith, L., & Broedel-Zaugg, K. (2018). A Meta-Analysis of Outcomes Comparing Flipped Classroom and Lecture. *American Journal of Pharmaceutical Education*, 8.
- Kulgemeyer, C. (2018). Wie gut erklären Erklärvideos? Ein Bewertungs-Leitfaden. *Computer + Unterricht*, 8–11.
- Leutner, D., & Leopold, C. (2003). Selbstreguliertes Lernen als Selbstregulation von Lernstrategien—Ein Trainingsexperiment mit Berufstätigen zum Lernen aus Sachtexten. <https://doi.org/10.25656/01:6772>
- Lo, C. K., & Hew, K. F. (2017). A critical review of flipped classroom challenges in K-12 education: Possible solutions and recommendations for future research. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 12(1), 4. <https://doi.org/10.1186/s41039-016-0044-2>
- Perels, F., Dörrenbächer-Ulrich, L., Landmann, M., Otto, B., Schnick-Vollmer, K., & Schmitz, B. (2020). Selbstregulation und selbstreguliertes Lernen. In E. Wild & J. Möller (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie* (S. 45–66). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-61403-7_3
- Schmidt-Borcherding, F. (2020). Zur Lernpsychologie von Erklärvideos: Theoretische Grundlagen. In *Lehren und Lernen mit Tutorials und Erklärvideos* (S. 63–70).
- Sterzing, F., Varnai, A. S., & Reinhold, P. (2019). Erklärvideos im Physikunterricht. 8.
- Strelan, P., Osborn, A., & Palmer, E. (2020). The flipped classroom: A meta-analysis of effects on student performance across disciplines and education levels. *Educational Research Review*, 30, 100314. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2020.100314>
- Wagner, M. (2020). Effectiveness of Flipped Classroom Instruction in Secondary Education [Universität Passau]. <https://opus4.kobv.de/opus4-uni-passau/frontdoor/index/index/docId/842>
- Wagner, M., Gegenfurtner, A., & Urhahne, D. (2020). Effectiveness of the Flipped Classroom on Student Achievement in Secondary Education: A Meta-Analysis. *Zeitschrift Für Pädagogische Psychologie*, 35(1), 11–31. <https://doi.org/10.1024/1010-0652/a000274>
- Werner, J., Ebel, C., Spannagel, C., & Bayer, S. (Hrsg.). (2018). *Flipped Classroom - Zeit für deinen Unterricht: Praxisbeispiele, Erfahrungen und Handlungsempfehlungen* (3. Auflage). Verlag Bertelsmann Stiftung.

Sevan Khagy¹
Oliver Tepner¹

¹Universität Regensburg

Entwicklung von Erklärvideos & Video-Modeling-Examples im Fach Chemie

Theoretischer Hintergrund

Lernen an Hochschulen erfolgt zu einem hohen Anteil eigenständig. Zur Unterstützung der Studierenden in Hinsicht auf das selbstgesteuerte Lernen eignen sich insbesondere Lernvideos (Biehler et al., 2020). Diese können unter anderem den Lernerfolg der Studierenden positiv beeinflussen (Biehler et al., 2020), indem sie von den Studierenden stärker in den Lernprozess eingebunden werden (Handke & Schäfer, 2012).

Erklärvideos bilden eine Kategorie von Lernvideos, welche auch in Hochschulen eingesetzt werden (Schaarschmidt et al., 2016). Wolf (2015) definiert Erklärvideos als eigenständig produzierte Filme, welche Erklärungen zu Funktionsweisen oder abstrakten Konstrukten zeigen. Es handelt sich dabei um instruktionale Erklärungen, die den Rezipienten veranschaulicht dargestellt werden (Kulgemeyer, 2019). Um qualitativ hochwertige Lernvideos zu erstellen, können die Kriterien zur effektiven Zusammensetzung instruktionaler Erklärungen unter Einbindung von Aspekten zur medialen Gestaltung von Videos als Leitfaden genutzt werden (Kulgemeyer, 2018a, 2019).

Eine weitere Möglichkeit, die Studierenden in ihrem Lernprozess zu unterstützen, bietet die Methode des beispielbasierten Lernens. Dabei wird den Lernenden durch das exemplarische Modellieren von Lösungswegen aufgezeigt, wie sie an wissenschaftliche Probleme herangehen können, um diese erfolgreich zu lösen (Kaiser & Mayer, 2019). Eine mögliche Umsetzung des beispielbasierten Lernens erfolgt neben schriftlich ausgearbeiteten Lösungsbeispielen über Video-Modeling-Examples. In dieser Art von Lernvideo werden das Problemlösen an einem Beispiel modelliert und der zugehörige Lösungsweg schrittweise aufgezeigt und erklärt (Kaiser & Mayer, 2019; van Harsel et al., 2022). Entsprechend der Erklärvideos, welche vorrangig für Lernende mit geringem Vorwissen förderlich sein können (Kirschner et al., 2006; Kulgemeyer, 2018b), eignet sich der Einsatz von Lösungsbeispielen insbesondere in der Anfangsphase des Wissenserwerbs (Atkinson et al., 2003; Renkl, 2014; Salden et al., 2010). Zur Unterstützung des Lernprozesses können Videos entweder von den Lehrenden angeboten oder durch die Lernenden selbst erstellt werden. Es konnte gezeigt werden, dass sich das selbständige Erstellen der Lernvideos positiv auf den Lernerfolg und die Lernmotivation auswirkt (Findeisen et al., 2019; Hoogerheide et al., 2014; Slopinski, 2016). Werden den Lernenden die Videos zur Verfügung gestellt, so müssen diese aktiv in den Lernprozess eingebunden werden, um zum Lernerfolg führen zu können (Kulgemeyer, 2018b). Ermöglicht wird dies beispielsweise durch die Anwendung der präsentierten Inhalte in nachfolgenden Übungsaufgaben (Findeisen et al., 2019; Kulgemeyer, 2018a).

Ziele und Forschungsfragen

Aus dem theoretischen Hintergrund leiten sich die nachstehenden Ziele ab, welche im Rahmen der Studie erreicht werden sollen. Zentrales Ziel der Studie ist die Entwicklung eines Seminarkonzepts, in welchem Erklärvideos und Video-Modeling-Examples eingesetzt werden, um das Fachwissen und die Erklärkompetenz der Studierenden zu stärken. Die

fachlichen Inhalte des Seminars sind zugleich Bestandteile der Vorlesungen Analytische und Anorganische Chemie, welche Teil des Moduls Allgemeine Chemie sind. Dieses findet im ersten Semester des Chemiestudiums statt. Im Rahmen des Seminars wird zusätzlich die Wirksamkeit der verschiedenen Nutzungs- und Einsatzmöglichkeiten der Erklärvideos und Video-Modeling-Examples untersucht.

Diese Ziele führen zu folgenden Forschungsfragen:

- F1: Führt der Einsatz von Lernvideos in der Übungsphase zu einem gesteigerten Lernzuwachs?
- F2: Hat das Selbsterstellen von Lernvideos einen größeren Effekt auf den Lernzuwachs als das Erstellen von schriftlichen Erklärungen im Anschluss eines fremderstellten Lernvideos?
- F3: Welche Unterschiede gibt es im Lernen mit Erklärvideos und Video-Modeling-Examples in Bezug auf das situationale Interesse und der die Selbstwirksamkeitserwartung?

Studiendesign und Methoden

In der Studie werden die beiden Videoarten unter dem Aspekt, ob diese selbstgestaltet sind oder der Erstellung einer schriftlichen Erklärung dienen, miteinander verglichen. Die daraus resultierenden vier Treatmentgruppen bilden jeweils ein Seminar, welches parallel zu den Vorlesungen der Analytischen und der Anorganischen Chemie verläuft. Inhalte des Seminars sind dabei die Themen Trends im Periodensystem, Säure-Base-Chemie, VSEPR-Theorie und Redoxchemie. Jedes dieser Themen bildet eine Selbstlernphase, in welchem die unterschiedlichen Einsatzmöglichkeiten der Lernvideos eingebettet sind. Zu Beginn des Semesters nimmt jede Gruppe an einer Einführung in das Seminar teil, welches Lernstrategien zum Umgang mit Lernvideos und Kriterien zum Erstellen von schriftlichen oder videografischen Erklärungen thematisiert. Zwei der Gruppen erhalten anschließend die fremderstellten Lernvideos, wobei zwischen den Gruppen dahingehend unterschieden wird, ob sie Erklärvideos oder Video-Modeling-Examples verwenden. Nachdem die Videos angesehen wurden, erstellen die Studierenden schriftliche Erklärungen, um anschließend Übungsaufgaben zu bearbeiten. Die beiden anderen Treatmentgruppen erstellen selbstständig Lernvideos, welche Aufgaben und Themen beinhalten, die vor der Gestaltung der Videos von den Studierenden in kooperativen Arbeitsformen bearbeitet werden. Wie zuvor beschrieben, werden hier die Gruppen gleichermaßen anhand des Kriteriums unterschieden, ob sie Erklärvideos oder Video-Modeling-Examples erstellen. Jedes Selbstlernmodul der vier Treatmentgruppen endet mit Feedback zu den schriftlichen oder videografischen Erklärungen. Verglichen werden die Gruppen sowohl untereinander als auch mit einer Kontrollgruppe, welche kein Treatment in Form von Lernvideos erhält, sondern lediglich Übungsaufgaben zu den beiden genannten Vorlesungen bearbeitet.

Um den Lernzuwachs der Studierenden zu erfassen, wird ein selbstentwickelter Fachwissenstest mit Aufgaben entsprechend den Themenbereichen der Selbstlernmodule im Prä-/Post-Design durchgeführt. Dieser besteht aus offenen und geschlossenen Fragen, wobei letztere in Form von Multiple-Choice-Single-Select entwickelt wurden. Zur Messung der Erklärqualität wird ein Kodiermanual konzipiert, um die schriftlichen und videografischen Erklärungen der Studierenden aus den Treatmentgruppen zu kodieren. Um zudem die Unterschiede innerhalb der Gruppen in Bezug auf das situationale Interesse und die Selbstwirksamkeitserwartung zu testen, werden entsprechende Fragebögen zu beiden Aspekten in den Treatmentgruppen und der Kontrollgruppe eingesetzt.

Erste Ergebnisse der Prä-Pilotierung

Der Fachwissenstest wurde in zwei Durchläufen präpilotiert. In der ersten Prä-Pilotierung wurde der Test bei den Erstsemesterstudierenden aus dem Modul Allgemeine Chemie durchgeführt. Mit einer Stichprobengröße von $N_{post} = 162$ weist der Fachwissenstest ein Cronbachs Alpha von .87 auf und erscheint daher reliabel. Die erreichten Punkte der Studierenden waren mit einer hohen Effektstärke im Posttest signifikant höher (siehe Abb. 1) als davor ($N_{prä-post} = 125$, $z = -9.57$, $p < .001$, $r = .60$). In der Prä-Pilotierung erhielten die Studierenden kein Treatment in Form der Lernvideos, sodass die Studierenden als weitere Kontrollgruppe für die kommenden Erhebungen dienen können. Für die zweite Prä-Pilotierung wurde der Fachwissenstest weiterentwickelt und um den Themenbereich Redoxchemie ergänzt. Der Test zeigt bei einer Probandenanzahl von 11 mit $\alpha = .88$ eine gute Reliabilität.

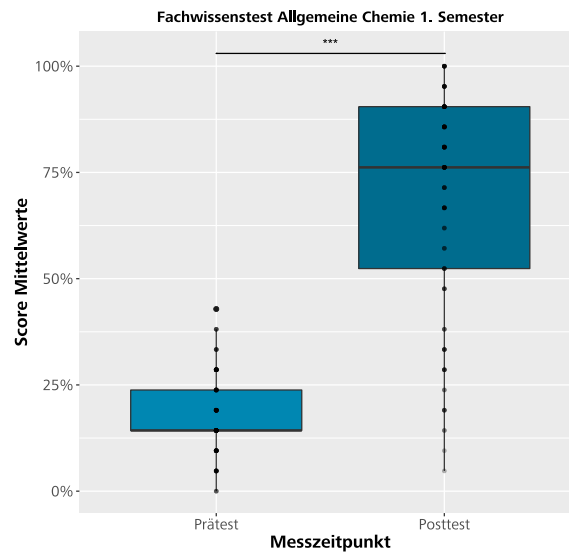


Abb. 1: Score Mittelwerte der Prä- und Posttests

Ausblick

Im Wintersemester 2022/23 startete die Pilotierung der Studie, in welchem die selbstentwickelten Lernvideos eingesetzt werden. Im weiteren Verlauf wird das Kodiermanual zur Messung der Qualität der schriftlichen und videografischen Erklärungen entwickelt. Die Hauptstudie ist für das Wintersemester 2023/24 mit Beginn des Moduls Allgemeine Chemie angesetzt.

Literatur

- Atkinson, R. K., Renkl, A. & Merrill, M. M. (2003). Transitioning From Studying Examples to Solving Problems: Effects of Self-Explanation Prompts and Fading Worked-Out Steps. *Journal of Educational Psychology*, 95(4), 774–783.
- Biehler, R., Liebendörfer, M., Schmitz, A., Fleischmann, Y., Krämer, S., Ostsieker, L. & Schlüter, S. (2020). studiVEMINTvideos – Mathematische Lernvideos zur Studienvorbereitung und Unterstützung im ersten Studienjahr. In H.-S. Siller, W. Weigel & J. F. Wörlner (Hrsg.), *Beiträge zum Mathematikunterricht 2020. 54. Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik* (S. 125–128). WTM-Verlag.
- Findeisen, S., Horn, S. & Seifried, J. (2019). Lernen durch Videos – Empirische Befunde zur Gestaltung von Erklärvideos. *Medienpädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung*, 19(1), 16–36.
- Handke, J. & Schäfer, A. M. (2012). *E-Learning, E-Teaching und E-Assessment in der Hochschullehre*. Oldenbourg Verlag.
- Hoogerheide, V., Loyens, S. M. M. & van Gog, T. (2014). Effects of creating video-based modeling examples on learning and transfer. *Learning and Instruction*, 33, 108–119.
- Kaiser, I. & Mayer, J. (2019). The Long-Term Benefit of Video Modeling Examples for Guided Inquiry. *Frontiers in Education*, 4(104), 1–18.
- Kirschner, P. A., Sweller, J. & Clark, R. E. (2006). Why Minimal Guidance During Instruction Does Not Work: An Analysis of the Failure of Constructivist, Discovery, Problem-Based, Experiential, and Inquiry-Based Teaching. *Educational Psychologist*, 41(2), 75–86.
- Kulgemeyer, C. (2018a). A Framework of Effective Science Explanation Videos Informed by Criteria for Instructional Explanations. *Research in Science Education*, 50(6), 2441–2462.
- Kulgemeyer, C. (2018b). Towards a framework for effective instructional explanations in science teaching. *Studies in Science Education*, 54(2), 109–139.
- Kulgemeyer, C. (2019). Qualitätskriterien zur Gestaltung naturwissenschaftlicher Erklärvideos. In C. Maurer (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Kiel 2018* (S. 285–288).
- Renkl, A. (2014). The Worked Examples Principle in Multimedia Learning. In R. E. Mayer (Hrsg.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (S. 391–412). Cambridge University Press.
- Salden, R. J. C. M., Koedinger, K. R., Renkl, A., Aleven, V. & McLaren, B. M. (2010). Accounting for Beneficial Effects of Worked Examples in Tutorials Problem Solving. *Educational Psychology Review*, 22(4), 379–392.
- Schaarschmidt, N., Albrecht, C. & Börner, C. (2016). Videoeinsatz in der Lehre. Nutzung und Verbreitung in der Hochschule. In W. Pfau, C. Baetge, S. M. Bedenlier, C. Kramer & J. Stöter (Hrsg.), *Teaching Trends 2016. Digitalisierung in der Hochschule: Mehr Vielfalt in der Lehre* (Bd. 5, S. 39–48). Waxmann.
- Slopiniski, A. (2016). Selbstbestimmt motiviertes Lernen durch die Produktion von Lern- und Erklärvideos. *Medienproduktion - Online Zeitschrift für Wissenschaft und Praxis*, 10, 10–14.
- van Harsel, M., Hoogerheide, V., Janssen, E., Verkoeijen, P. & van Gog, T. (2022). How do higher education students regulate their learning with video modeling examples, worked examples, and practice problems? *Instructional Science*, 50(5), 703–728.
- Wolf, K. D. (2015). Bildungspotenziale von Erklärvideos und Tutorials auf YouTube: Audio-Visuelle Enzyklopädie, adressatengerechtes Bildungsfernsehen, Lehr-Lern-Strategie oder partizipative Peer Education? *Medien + Erziehung*, 59(1), 30–36.

Tobias Bergold¹
Annette Marohn¹

¹Universität Münster

NAWI-Konzepte Digitaler Transfer neuer Unterrichtskonzepte

Am Institut für Didaktik der Chemie der Universität Münster wurden in den vergangenen Jahren zahlreiche Unterrichtskonzepte für den Chemie- und Naturwissenschaftsunterricht entwickelt und erforscht. Die Konzepte orientieren sich an aktuellen Herausforderungen, vor denen Chemielehrkräfte stehen, z. B. der Förderung von fachsprachlichen Kompetenzen (chem:LEVEL, Haas & Marohn, 2022) oder der Vermittlung von naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen (choice²learn, Marohn, 2008, 2021).

Die Entwicklung neuer Konzepte und Lernmaterialien führt zu der Frage, in welcher Weise diese in die Unterrichtspraxis transferiert werden können. Eine „klassische“ Möglichkeit bietet der Transfer mit Hilfe von Lehrkräfte-Fortbildungen. Demgegenüber verfolgt das Projekt NAWI-Konzepte einen weiteren, digitalen Weg: die Gestaltung einer Website mit fachdidaktisch gestalteten Erklärvideos. Diese Form bietet Lehrkräften die Möglichkeit, zeitlich flexibel und örtlich unabhängig neue Unterrichtskonzepte kennenzulernen. Das Projekt ist im Design-Based Research Ansatz (Anderson & Shattuck, 2012) verortet.

Theoretische Rahmung

Die theoretische Rahmung des Projektes gliedert sich in zwei Themenbereiche: Transfer und Erklärvideos. Beide Aspekte werden im Folgenden erläutert.

Im Gegensatz zur Medizin oder zur Wirtschaft stellt sich das System Schule als *transferträge* dar; wissenschaftliche Innovationen werden häufig nur sehr langsam übernommen (Gräsel, 2019). Die Gründe dafür sind vielfältig: So zeigt sich im Schulbereich eine relativ große Distanz zwischen Wissenschaft und Praktiker:innen; Erkenntnisse und Ergebnisse aus der (fachdidaktischen und erziehungswissenschaftlichen) Forschung werden häufig kritisch betrachtet (Gräsel, 2019). Um innovative Unterrichtskonzepte in die Praxis der Schulen zu transferieren, können nach Gräsel (2010) - in Anlehnung an Erkenntnisse der Diffusionsforschung - vier Dimensionen von Merkmalen unterschieden werden, welche Einfluss auf den Transfer haben: Die Merkmale der Innovation, der beteiligten Lehrer:innen, der jeweiligen Einzelschule sowie der Transferunterstützung und des Umfeldes. Einen wichtigen Einfluss hat in diesem Zusammenhang die *Transferstrategie*. Gräsel (2010) differenziert zwischen vier Typen: die Top-down-Strategie, die evidenzbasierte Strategie, die partizipative Transferstrategie sowie der Transfer durch Designforschung. Da die Unterrichtskonzepte choice²learn und chem:LEVEL, im Design-Based Research Ansatz entwickelt wurden, soll der Transfer über eben diese Strategie realisiert werden.

Zu diesem Zweck soll eine Website entwickelt werden, welche die beiden Unterrichtskonzepte über das Medium des Erklärvideos didaktisch präsentiert. Dabei kann zwischen Erklärvideos im engeren Sinne (die Erklärung von Konzepten, Inhalten und Zusammenhängen) und Video-Tutorials (Demonstration und Kommentierung von Prozessen und Tätigkeiten) unterschieden werden (Findeisen et al., 2019; Wolf, 2015).

Erklärvideos können durch Erkenntnisse der cognitive theory of multimedia learning (Mayer, 2014) und der cognitive load theory (Paas & Sweller, 2014) mit Hilfe von Gestaltungskriterien zum multimedialen Lernen (Mayer, 2009b) didaktisch gestaltet werden. So können beispielsweise durch optische Hervorhebungen wichtige Aussagen unterstrichen (Mayer, 2009c) oder durch das Weglassen von irrelevanten Elementen der Inhalt kohärenter vermittelt werden (Mayer, 2009a).

Umsetzung des Projektes

Im Rahmen des Projektes NAWI-Konzepte wurde in Kooperation mit Lehrkräften sowie einem Programmierer eine Website erstellt. Gemäß des Forschungsrahmen des Design-Based Research Ansatzes wurden hierzu die drei Phasen *Framing*, *Design-Experiment* und *Re-Framing* durchlaufen (Rott & Marohn, 2016). Die Framing-Phase umfasst Interviews mit Lehrkräften (n=5), um zu erheben, welche Aspekte sie als wichtig für den Transfer von Unterrichtskonzepten erachten. Unter anderem wurde eine schnelle Einsetzbarkeit der Materialien gefordert sowie eine möglichst einfache Vermittlung: „Kurz, knackig, prägnant!“ (Lehrkraft). In der Design-Experiment-Phase wurden in einem ersten sogenannten Mesozyklus (Rott & Marohn, 2016) Erklärvideos erstellt, erprobt, reflektiert und überarbeitet. Dieser Mesozyklus steht unter der Forschungsfrage: *In welcher Weise können Erklärvideos zur Veranschaulichung der Unterrichtskonzepte choice²learn und chem:LEVEL gestaltet werden?* Dabei wurden verschiedene Typen von Erklärvideos realisiert: Die *Konzeptvideos* (Erklärvideos im engeren Sinne) präsentieren das jeweilige Unterrichtskonzept und die fachdidaktischen Hintergründe. Die *Materialvideos* (im Sinne von Tutorials) stellen demgegenüber konkrete Unterrichtseinheiten und Lernmaterialien vor. Dabei werden einzelne Elemente wie etwa Experimente oder intendierte Handlungen oder Schlussfolgerungen der Lernenden erklärt und kommentiert. Bei der Gestaltung der Videos wurden die von Mayer (2009b) aufgestellten Kriterien berücksichtigt. Die Erklärvideos wurden anschließend mit Lehramtsstudierenden erprobt und Rückmeldungen mithilfe eines Fragebogens (n=25) und leitfadengestützter Interviews (n=14) eingeholt. Die Auswertung der Daten erfolgte mithilfe der Qualitativen Inhaltsanalyse (Kuckartz & Rädiker, 2022). Die Erklärvideos wurden auf Grundlage der Erkenntnisse dieser Erhebung technisch und didaktisch überarbeitet.

Im zweiten Mesozyklus wurde die Website realisiert, erprobt, reflektiert und überarbeitet. Dieser Mesozyklus behandelt die Forschungsfrage: *In welcher Weise lässt sich eine Website zum Transfer der Unterrichtskonzepte choice²learn und chem:LEVEL gestalten?* Insgesamt wurden für die Website 33 Videos erstellt. Diese lassen sich differenzieren in zwei Konzeptvideos, sechs Materialvideos, 16 Versuchsvideos, sieben Animationen von chemischen Reaktionen auf der submikroskopischen Ebene sowie zwei Interviews mit den Autor:innen der Unterrichtskonzepte. Darüber hinaus beinhaltet die Website acht Erklärtexte, ein FAQ, das auf Basis der Interviews mit Lehrkräften (n=5) erstellt wurde sowie weitere Funktionen wie etwa eine Stichwortsuche. Die Website umfasst zudem sämtliche Lernmaterialien zu den Unterrichtskonzepten, die kostenfrei zur Verfügung gestellt werden. Bei der Gestaltung wurden Aspekte des Interface Designs angewendet (Thesmann, 2016). Die Website wurde mit Lehrkräften (n=5) auf Basis der Methode des Lauten Denkens (Sandmann, 2014) erprobt und die unterschiedlichen Herangehensweisen der Probandinnen und Probanden an die Website videographisch dokumentiert. In anschließenden Interviews wurden Bewertungen der Lehrkräfte sowie

Hinweise zur Optimierung erfasst. Die Auswertung erfolgte erneut mit Hilfe der Qualitativen Inhaltsanalyse.

In der abschließenden Re-Framing-Phase wird eine Theoriebildung (Rott & Marohn, 2016) zu Faktoren angestrebt, die eine digitale Vermittlung von Unterrichtskonzepten über eine Website unterstützen können.

Ausblick

Aktuell wird das Datenmaterial ausgewertet unter der Forschungsfrage: *Welche Elemente unterstützen Lehrkräfte bei der eigenständigen Erschließung der Unterrichtskonzepte mit Hilfe der Website?* Dabei wird gemäß des Design-Based Research Ansatzes sowohl untersucht, *was* funktioniert hat (What works?) als auch *auf welche Weise* es funktioniert (How does it work?) (Collins et al., 2004). Ziel der Analysen ist - neben der genannten Theoriebildung - die Optimierung der Website. Mittelfristig soll die Website zudem durch weitere Elemente ergänzt werden. Hierzu zählen die übrigen Unterrichtskonzepte, die im Arbeitskreis entwickelt wurden, das Pictogramm-System PICTO.SCIENCE.MÜNSTER (Marohn & Rott, 2020) sowie eine Videodatenbank zu chemischen Experimenten.

Literatur

- Anderson, T., & Shattuck, J. (2012). Design-Based Research. *Educational Researcher*, 41(1), 16–25. <https://doi.org/10.3102/0013189X11428813>
- Collins, A., Joseph, D., & Bielaczyc, K. (2004). Design Research: Theoretical and Methodological Issues. *Journal of the Learning Sciences*, 13(1), 15–42. https://doi.org/10.1207/s15327809jls1301_2
- Findeisen, S., Horn, S., & Seifried, J. (2019). Lernen durch Videos – Empirische Befunde zur Gestaltung von Erklärvideos. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung, Occasional Papers*, 16–36. <https://doi.org/10.21240/mpaed/00/2019.10.01.x>
- Gräsel, C. (2010). Stichwort: Transfer und Transferforschung im Bildungsbereich. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 13(1), 7–20. <https://doi.org/10.1007/s11618-010-0109-8>
- Gräsel, C. (2019). Transfer von Forschungsergebnissen in die Praxis. In C. Donie, F. Foerster, M. Obermayr, A. Deckwerth, G. Kammermeyer, G. Lenske, M. Leuchter, & A. Wildemann (Hrsg.), *Grundschulpädagogik zwischen Wissenschaft und Transfer* (S. 2–11). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-26231-0_1
- Haas, J.-B., & Marohn, A. (2022). Das Unterrichtskonzept chem.LEVEL - Fachsprache fördern auf Basis des Johnstone-Dreiecks. *CHEMKON*, 29(S1), 213–217. <https://doi.org/10.1002/ckon.202100092>
- Kuckartz, U., & Rädiker, S. (2022). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung* (5. Aufl.). Beltz Juventa. http://www.content-select.com/index.php?id=bib_view&mp
- Marohn, A. (2008). „Choice2learn“ – eine Konzeption zur Exploration und Veränderung von Lernervorstellungen im naturwissenschaftlichen Unterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 14, 57–83.
- Marohn, A. (2021). Umgang mit Vielfalt: das Unterrichtskonzept choice2learn. *MNU-Journal*, 1, 85–92.
- Marohn, A., & Rott, L. (2020). Symbole und Zeichnungen. Einsatzmöglichkeiten im naturwissenschaftlichen Unterricht. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 176(31), 40–43.
- Mayer, R. E. (2009a). Coherence Principle. In *Multimedia Learning* (2. Aufl., Nummer 1, S. 89–107). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511811678.007>
- Mayer, R. E. (2009b). *Multimedia Learning*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511811678>
- Mayer, R. E. (2009c). Signaling Principle. In *Multimedia Learning* (2. Aufl., S. 108–117). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511811678.008>
- Mayer, R. E. (2014). Cognitive Theory of Multimedia Learning. In R. E. Mayer (Hrsg.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (2. Aufl., S. 43–71). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139547369.005>
- Paas, F., & Sweller, J. (2014). Implications of Cognitive Load Theory for Multimedia learning. In R. E. Mayer (Hrsg.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (2. Aufl., S. 27–42). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139547369.004>
- Rott, L., & Marohn, A. (2016). Inklusiven Unterricht entwickeln und erproben – Eine Verbindung von Theorie und Praxis im Rahmen von Design-Based Research. *Zeitschrift für Inklusion*, 4. <https://www.inklusion-online.net/index.php/inklusion-online/article/view/325>
- Sandmann, A. (2014). Lautes Denken – die Analyse von Denk-, Lern- und Problemlöseprozessen. In D. Krüger, I. Parchmann, & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 179–188). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-37827-0_15
- Thesmann, S. (2016). *Interface Design*. Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-03857-1>
- Wolf, K. D. (2015). Video-Tutorials und Erklärvideos als Gegenstand, Methode und Ziel der Medien- und Filmbildung. In A. Hartung, T. Ballhausen, Trültzsch-Wijnen, A. Barberi, & K. Kaiser-Müller (Hrsg.), *Filmbildung im Wandel* (S. 121–131). new academic press.

Alexandra Svedkijs¹
 Jens-Peter Knemeyer¹
 Nicole Marmé¹

¹Pädagogische Hochschule Heidelberg

Programmiersprache Snap! im Physikunterricht „Simulation des Bremsweges“

Informationstechnische Kompetenzen im Schulunterricht

Viele Lebensbereiche werden von der voranschreitenden Digitalisierung in Deutschland nachhaltig verändert (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, 2016), so dass informationstechnische Kompetenzen für die zukünftige Arbeitswelt und eine gesellschaftliche Teilhabe von essenzieller Bedeutung sind (Zika et al., 2017). Die informationstechnischen Kompetenzen stellen einen fundamentalen Baustein für die Gesellschaft („digital literacy“) dar (Martin, 2006). Der Anschluss an die digitalisierte Infrastruktur setzt starke Ausprägung dieser Kompetenzen voraus (Höhne et al., 2017). Die informations- und kommunikationstechnologische Kompetenz wird beispielsweise durch das World Economic Forum dem Bereich der Schlüsselkompetenzen im 21. Jahrhundert gleichbedeutend gesehen mit Lese-, Schreib-, Rechenfähigkeit, kultureller Bildung, Bürgerkompetenz, wissenschaftlicher Kompetenz und finanzieller Allgemeinbildung (World Economic Forum, 2015).

Um die nächsten Generationen auf diese Herausforderungen vorzubereiten, sind die Schulen gefordert, einen entsprechend zeitgemäßen und technologisch fortschrittlichen Unterricht anzubieten, in dem Digital- und Informatikkompetenzen eine zentrale Rolle spielen. Die Bildungsangebote sollten mit dem technologischen Wandel synchronisiert werden und selbstgesteuert und bedarfsorientiert sein (acatech, 2016). Der Unterricht soll darauf bedacht sein, digitale Kompetenzen, darunter die informationstechnische Kompetenz zu vermitteln. Insbesondere die naturwissenschaftlichen Fächer scheinen für die Vermittlung der informationstechnischen Kompetenz im Anwendungskontext geeignet, da sie eine problembasierte Einbettung und projektorientiertes Lernen (Schulz-Zander & Preussler, 2017), beispielsweise durch eine digitalisierte Auswertung der Messergebnisse oder Simulation der Experimente ermöglichen sollten.

Integration von IT-Inhalten in den Physikunterricht

Der Einsatz digitaler Medien ist vielfach in den Bildungs- und Lehrplänen im Sinne der Leitperspektive Medienbildung vorgeschrieben. (Kultusministerium Baden-Württemberg, 2016) In den aktuellen Leitperspektiven des Bildungsplanes 2016 des Landes Baden-Württemberg wird ein „fächerintegrierter Unterricht“ unter anderem auch für die informationstechnischen Grundlagen gefordert. Konkret wird es im Profulfach IMP, Klasse 9 „Physikalische Abhängigkeiten und Abläufe modellieren und implementieren (mit visuellen Programmiersprachen)“.

Prinzipiell sollte eine Integration aber auch im regulären Physikunterricht möglich sein. In diesem Beitrag wird mit der Simulation des Bremsweges mit „Snap!“ ein Beispiel für die Kinematik (Physik, Klasse 9/10) vorgestellt, welches auch als Ergänzung möglicher Unterrichtsszenarien für eine interdisziplinäre Förderung digitaler Kompetenzen dienen kann. An der Pädagogischen Hochschule Heidelberg wird es in der Lehramtsausbildung im Rahmen des Projektes Zukunftslabor MINT eingesetzt. Dieses von der Vector Stiftung geförderte Projekt zielt darauf ab, Lehramtsstudierende aller MINT-Fächer grundlegende IT-Kompetenzen zu vermitteln, damit sie IT-Inhalte in ihre Fächer integrieren können.

Blockbasierte Programmiersprache Snap!

Snap! ist eine blockbasierte (visuelle) Programmiersprache, mit der direkt im Browser programmiert werden kann. Durch die Übertragung der Konzepte in visuelle Programme eignen sich blockbasierte Programmiersprachen für die Einführung in die Programmierung auch für Lernende ohne jegliche Vorkenntnisse (Maloney et al., 2010). Um ein Programm zu erstellen, werden Befehle aus einer vorhandenen Bibliothek verwendet und miteinander, wie Puzzle zu einem Programm verknüpft. Das Ergebnis der Programmierung ist unmittelbar auf einer Darstellungsfläche, der „Bühne“, zu sehen. Im Vergleich zu gewöhnlichen Programmiersprachen, die eine komplexe Syntax einsetzen, ermöglichen sie eine einfachere Interaktion mit dem Computer: Die Lernenden können sich verstärkt auf Programmierlogik konzentrieren, anstatt sich mit syntaktischen Fehlern auseinanderzusetzen.

Simulation des Bremsweges mit Snap!

Im Rahmen dieses Projektes wird der Bremsvorgang eines Fahrzeuges simuliert und visualisiert. Neben der Festigung physikalischer Inhalte und Training von IT-Fähigkeiten sollen Schüler:innen auf Gefahrensituation sensibilisiert werden: das Fahrzeug fährt während der Reaktionszeit ungebremst weiter und der eigentliche Bremsweg verlängert sich exponentiell mit der Geschwindigkeit. In der Programmierung wird dieser Abschnitt des Bewegungsvorganges explizit programmiert. Für die Implementierung des Projektes ist eine sinnvolle Festlegung verschiedener Parameter, wie Beschleunigung und Reaktionszeit notwendig. Damit soll ein realitätsnaher Bezug zu physikalischen Prozessen und Gegebenheiten hergestellt werden.

Durchführung und Aufgaben

Für die Simulation (Visualisierung) des Bremsvorgang eines Fahrzeuges benötigen die Schüler:innen ihr Wissen über die gleichförmige und beschleunigte Bewegung, um die Simulation des Anhaltewegs zu programmieren. Dabei soll das Objekt Auto zunächst mit einer vorgegebenen Geschwindigkeit fahren und nach einem Bremssignal anhalten. Die Schüler:innen programmieren den Reaktionsweg mit einer Reaktionszeit von einer Sekunde und anschließend den Bremsweg, der (zur Vereinfachung) aus linearisierten Teilabschnitten für die Änderung der Geschwindigkeit besteht. Damit wird eine Annäherung an die verzögerte Bewegung programmiert. In der Darstellung bewegt sich das Auto immer langsamer und hält anschließend an.



Abb. 1: Bühnenbild



Abb. 2: Quellcodebeispiel: Initialisierung

Das Projekt besteht aus vier Objekten: das Auto, die Ampel, der Mensch und die Bühne. Die vollständige Projektlogik wird im Objekt Auto implementiert. Der Quellcode im Objekt Auto besteht aus drei Abschnitten: (1) Initialisierung der Variablen, (2) gleichförmige Bewegung, (3) Bremsvorgang. Für die Initialisierung werden sowohl die Geschwindigkeit, die Zeit und die Beschleunigung auf Beispielwerte gesetzt. An dieser Stelle können die Beispielwerte auch als Benutzereingaben implementiert werden. Außerdem wird für die gleichförmige Bewegung ein Streckenabschnitt (*deltaStrecke*) pro Sekunde ($s = v \cdot t$) und die notwendige Bremszeit ($t = v/a$) berechnet. Die Umsetzung der gleichförmigen Bewegung spiegelt sich hauptsächlich in der Bewegung des Objektes Auto auf der Bühne. Dazu wird eine Startposition, eine Schleife für die Bewegung und ein Abbruchkriterium für die Schleife implementiert. Das Auto bewegt sich so lange gleichförmig, bis das rote Licht der Ampel wahrgenommen wird. Es folgt noch eine Reaktionszeit von einer Sekunde, in der das Objekt ungebremst fährt. Erst nach der Reaktionszeit wird die Nachricht „Bremsen“ geschickt. Der Bremsvorgang beginnt mit dem Empfang einer Nachricht. Dazu wird die zuvor berechnete Bremszeit innerhalb der Schleife heruntergerechnet. Die Änderung der Geschwindigkeit erfolgt in linearisierten Abschnitten mit einem Delta von einer Sekunde. Dabei wird pro Schleifendurchlauf ein fester Wert der Geschwindigkeit abgezogen. Der zurückgelegte Streckenabschnitt wird in jedem Schleifendurchlauf neu berechnet und auf die aktuelle Position des Autos aufaddiert. Damit entsteht eine Simulation einer verzögerten Bewegung mit einem zeitlichen Maßstab von einer Sekunde. Für eine feinere Darstellung kann die zeitliche Auflösung auch deutlich kleiner (bis ca. 0,1 Sekunde) gesetzt werden.

Das Projekt „Bestimmung des Bremsweges“ kann in drei Komplexitätsstufen durchgeführt werden. Auf der einfachsten Stufe werden vorhandene Blöcke für die Berechnungen in die Lücken im Quellcode eingefügt und die Variablen werden auf Startwerte initialisiert. Damit kann das vollständige Projekt ausgeführt werden. Auf der zweiten Komplexitätsstufe müssen vorhanden Anweisungen mit notwendigen Parametern in der richtigen Reihenfolge in das Programm eingesetzt werden. Auf der dritten Komplexitätsstufe muss das vollständige Programm für vorhandene Objekte implementiert werden. Für die Lehrkraft steht eine vollständige Lösung zur Verfügung. Das gesamte Projekt kann unter www.innovation-tank.de/snap abgerufen werden.

Danksagung

Für die finanzielle Förderung des Projektes Zukunftslabor MINT danken wir der Vector Stiftung.

Literatur

- acatech. (2016). *Kompetenzen für Industrie 4.0. Qualifizierungsbedarfe und Lösungsansätze (acatech POSITION)*. München: Herbert Utz Verlag.
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (Hrsg.). (2016). *Digitale Bildung—Der Schlüssel zu einer Welt im Wandel*.
- European Commission. Joint Research Centre. (2022). *DigComp 2.2, The Digital Competence framework for citizens :with new examples of knowledge, skills and attitudes*. Publications Office. <https://data.europa.eu/doi/10.2760/490274>
- Höhne, B. P., Bräutigam, S., Longmuß, J., & Schindler, F. (2017). Agiles Lernen am Arbeitsplatz – Eine neue Lernkultur in Zeiten der Digitalisierung: Agile Methoden, Kompetenzentwicklung, Fachkräftemangel, Digitalisierung, Industrie 4.0. *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft*, 71(2), 110–119. <https://doi.org/10.1007/s41449-017-0055-x>
- Kultusministerium Baden-Württemberg (Hrsg.). (2016). *Bildungsplan Baden-Württemberg*.
- Martin, A. (2006). A european framework for digital literacy. *Nordic Journal of Digital Literacy*, 1(2), 151–161. <https://doi.org/10.18261/ISSN1891-943X-2006-02-06>
- Maloney J., Rusk N., Resnick M., Eastmond E. (2010) The Scratch programming Language and Environment. In: ACM Transactions on Computing Education, November 2010
- Schulz-Zander, R., & Preussler, A. (2017). Selbstreguliertes und kooperatives Lernen mit digitalen Medien – Ergebnisse der SITE-Studie und der SelMa-Evaluation. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung*, 211–228. <https://doi.org/10.21240/mpaed/retro/2017.08.12.X>
- van Laar, E., van Deursen, A. J. A. M., van Dijk, J. A. G. M., & de Haan, J. (2017). The relation between 21st-century skills and digital skills: A systematic literature review. *Computers in Human Behavior*, 72, 577–588. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.03.010>
- World Economic Forum (Hrsg.). (2015). *New Vision for Education—Unlocking the potential of technology*. World Economic Forum.
- Zika, G., Maier, T., Helmrich, R., Hummel, M., Kalinowski, M., Mönning, A., & Wolter, M. I. (2017). *Qualifikations- und Berufsfeldprojektion bis 2035*. 11.

Valentin Engstler¹
Annette Marohn¹

¹WWU Münster

chemical[esc]ape – mit Spannung entkommen Ein digitaler Escape Room für den Chemieunterricht

Einleitung

Game-Based Learning (GBL) bringt einen hohen motivationalen Effekt mit sich (Hu et al., 2022). Für Le, Weber & Ebner (2013) bedeutet GBL „den Einsatz digitaler Spiele in einem (Fort-) Bildungskontext zur Förderung und Unterstützung von Lernprozessen.“ (S.6). GBL umfasst dabei alle Formen spielerischen Lernens, insbesondere die der digitalen Lernspiele. Ein Beispiel für GBL stellen die Escape Rooms (ER, u.a. auch Escape Games oder Exit Games genannt) dar, die in den letzten Jahren zunehmend Einzug in Schule und Bildungsforschung gefunden haben (Fotaris & Mastoras, 2020).

Trotz einer großen Motivationssteigerung, die diesen Spielen attestiert wird (Fotaris & Mastoras, 2020, Lathwesen & Belova, 2021, Makri, Vlachopoulos & Martina, 2021, Veldkamp et al., 2020b), existieren einige Vorbehalte gegenüber dem schulischen Einsatz von ERs. Ein Grund dafür ist, dass diese Lernspiele als Unterstützung für fachdidaktische Lernziele kaum oder noch gar nicht erforscht sind (Veldkamp et al., 2020b).

Das Projekt chemical[esc]ape soll einen Beitrag zur Beantwortung der Frage leisten, ob der Einsatz von GBL und im Speziellen von ERs lernförderlich sein kann. Dazu soll ein ER für den Einsatz im Chemieunterricht entwickelt und der fachliche und fachdidaktische Lernzuwachs untersucht werden. Um einen Erfolg des Projekts zu gewährleisten, müssen bei der Entwicklung eines neuen ERs bekannte Vorbehalte und Herausforderungen sowie aktuelle Forschungsergebnisse berücksichtigt werden. Dieser Beitrag zeigt auf, welche zentralen Probleme im Zusammenhang mit dem Einsatz von ERs im Unterricht bestehen und wie diesen im Projekt chemical[esc]ape begegnet wird.

Methodik

Das Projekt verläuft im Forschungsrahmen des Design-Based Research, der von Veldkamp et al. (2020a) bereits zur Entwicklung von ERs erprobt wurde und empfohlen wird. Zu Beginn, dem sog. Framing, wird eine Forschungsfrage aus der Literatur abgeleitet, die dem gesamten Verlauf übergeordnet ist. Wie in der Einleitung schon angedeutet wird in diesem Projekt untersucht, in welcher Weise sich ein digitaler ER zu Inhalten des Chemieunterrichts gestalten lässt, der sich am Weg der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung orientiert.

In verschiedenen sog. Mesozyklen erfolgt dann die Konzeption, Entwicklung und Optimierung des ERs mithilfe qualitativer (Video-)Datenanalyse. Abschließend werden im Re-Framing die Forschungsergebnisse in den bestehenden Forschungsstand eingeordnet und zur Theoriebildung verwendet (Rohrbach-Lochner, 2019).

Erster Mesozyklus - Herausforderungen begegnen

Im Fokus des ersten Mesozyklus steht die Konzeption des ERs sowie die Entwicklung eines Prototyps unter Berücksichtigung bestehender Herausforderungen und aktueller Forschungsergebnisse. Dafür werden zunächst die verschiedenen Charakteristika eines ERs identifiziert. Nach Nicholson (2016) handelt es sich bei einem ER um ein live-action Teamspiel, in dem ein übergeordnetes Ziel erreicht werden muss (bspw. aus dem Raum entkommen). Für dieses Ziel müssen in einer begrenzten Zeit Hinweise entdeckt, Rätsel gelöst und Aufgaben bewältigt werden.

Diese Definition bietet prinzipiell eine große Schnittmenge mit dem problemorientierten Chemieunterricht: Schülerinnen und Schüler werden zu Beginn einer Schulstunde mit einer Problemstellung und einem klaren Ziel konfrontiert. Der Weg zum Ziel bleibt jedoch unklar. Um das Problem zu lösen, werden verschiedene Fertigkeiten und/oder Wissensselemente erarbeitet. Die zeitliche Begrenzung ist durch die Länge einer Unterrichtsstunde vorgegeben. Eine weitere Überschneidung bildet das Fördern der Problemlösekompetenz, das als ein zentrales Ziel des problemorientierten Chemieunterrichts gilt (Reusser, 2005) und auch in ERs nachgewiesen wurde (Fotaris & Mastoras, 2020, Lathwesen & Belova, 2021, Makri et al., 2021, Veldkamp et al., 2020b). Der Einsatz von ERs im Unterricht könnte folglich im Rahmen eines problemorientierten Chemieunterrichts eingesetzt werden.

Ein großer Kritikpunkt an ERs liegt jedoch darin, dass bislang kein nachhaltiger Lernerfolg durch Lernspiele nachgewiesen werden konnte. Die Studienlage ist uneindeutig (Makri et al., 2021, Veldkamp et al., 2020b). Veldkamp et al. (2020a) stellen daher die Hypothese auf, dass der Lernerfolg abhängig von dem Spieldesign ist. Dementsprechend könne ein Lernerfolg nur dann generiert werden, wenn das Wissen, das zum Lösen eines Rätsels essentiell ist, den Lernzielen entspricht. Folglich müssen die Rätsel eines ERs genau auf diese Lernziele abgestimmt werden. Diese Hypothese dient im Projekt chemical[esc]ape als eine Gestaltungsgrundlage. Davon abhängig wurden die Inhalte der Bildungsstandards der KMK auf eine mögliche inhaltliche Passung mit einem ER-Szenario überprüft.

Im Spiel chemical[esc]ape verbringen die Lernenden einen fiktiven Praktikumstag am Institut für Didaktik der Chemie in Münster, an dem sie diesen Escape Room bewältigen sollen. Zum Entkommen müssen sie sich die elektrochemische Spannungsreihe der Metalle aneignen, um mithilfe einer selbst entwickelten Spannungsquelle das elektronische Türschloss zu knacken. Hierbei geht es nicht nur um die benötigte Zeit, sondern auch um das naturwissenschaftliche Arbeiten. Hintergrund dieser Entscheidung ist ein weiterer Kritikpunkt an spielerischem Lernen: eine zu starke Fokussierung auf den fachlichen Lernzuwachs. Die Förderung der weiteren Kompetenzbereiche im Fach Chemie – Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung – (KMK, 2020) werden in vielen aktuellen Projekten noch nicht berücksichtigt (s.o.). Dabei zeigen Anwendungen aus anderen Fachrichtungen die Potentiale zumindest im Bereich der Kommunikation und Kollaboration (Fotaris & Mastoras, 2020, Lathwesen & Belova, 2021, Makri et al., 2021, Veldkamp et al., 2020b) sowie im Bereich des Problemlösens auf, das einen Teil der Erkenntnisgewinnung abdeckt. Die Unterstützung anderer Aspekte der Erkenntnisgewinnung oder die Förderung von Bewertungskompetenz durch ERs wurden noch nicht untersucht (ebd.).

Die Konzeption von chemical[esc]ape zielt auf diese Lücke ab. Erkenntnisgewinnung umfasst unter anderem das experimentbasierte Vorgehen zum Aufstellen und Überprüfen von Hypothesen (KMK, 2020). Realisiert wird diese Vorgabe mithilfe des Einsatzes von

Simulationen. Anhand dieser Simulationen kann im Rahmen der empirischen Untersuchungen zudem nachvollzogen werden, inwieweit die Lernenden wissenschaftlich im Sinne der Erkenntnisgewinnung vorgehen.

Kommunikative Kompetenzen können dadurch gefördert werden, dass die Lernenden das Spiel in Gruppen spielen. Dies birgt jedoch die Gefahr, dass der individuelle Lernerfolg durch „Trittbrettfahren“ verhindert wird (Veldkamp et al., 2020a). Das sog. „Trittbrettfahren“ liegt vor, wenn einzelne Personen bei einer Gruppenarbeit keinen Beitrag zum Outcome ihrer Gruppe leisten. Um eine aktive Teilnahme aller Lernenden zu fördern, wird in der Literatur eine Gruppengröße von zwei bis vier Gruppenmitgliedern empfohlen (Makri et al., 2021). Des Weiteren müssen abgegrenzte Lernräume geschaffen werden. Damit die Immersion der Schülerinnen und Schüler nicht gestört wird, ist es notwendig, dass die verschiedenen Lerngruppen nicht unabsichtlich miteinander interagieren. (Veldkamp et al., 2020a) Eine solche Interaktion wäre zum Beispiel die zeitgleiche Bearbeitung eines physischen Rätsels mehrerer Gruppen im selben Klassenraum oder eine Art „Abgucken“ oder „Vorsagen“ aufgrund verschiedener Spielfortschritte unterschiedlicher Gruppen.

Beide Probleme, also die Versicherung einer aktiven Teilnahme aller Lernenden und das Abgrenzen von Lernräumen, sollen im Projekt chemical[esc]ape durch die Gestaltung einer vollständig digitalen Lernspielumgebung gelöst werden. Dieses Design ermöglicht die Implementation eines direkten Feedbacks und eines digitalen Hilfesystems; beides kann die Immersion der Lernenden fördern, weil weniger Ablenkungspotential vorliegt. Die digital geschaffene Ortsunabhängigkeit ermöglicht es zudem, dass Schülerinnen und Schüler sich auf verschiedene Räume aufteilen oder das Spiel zu Hause spielen, solange eine Internetverbindung vorliegt.

In der Kritik stehen ERs oftmals aufgrund ihres zeitlichen und auch finanziellen Aufwands, der nicht im Verhältnis zum Ertrag stünde (Fotaris & Mastoras, 2020). Beispielsweise müssen haptische Materialien für alle Gruppen angeschafft, erstellt oder aufgebaut werden. Manche ERs verlangen eine Vorbereitung des Raumes. Außerdem sind Materialien durch ihre Benutzung häufig nicht wiederverwendbar. Aus diesem Umstand resultiert die Forderung, Materialien nachhaltig und schnell einsetzbar zu entwickeln (Veldkamp, 2020a), was durch die Konzeption von chemical[esc]ape als digitalem ER ebenfalls realisiert wird. Die digitale Umsetzung ermöglicht es zudem, den ER zur unterrichtlichen Nutzung über eine Website frei zugänglich und kostenlos zu veröffentlichen, um möglichst geringe Barrieren für Lehrkräfte zu schaffen.

Der digitale Prototyp wurde mit 16 Spielerinnen und Spielern erprobt, Schwierigkeiten beim Lösen der Rätsel ermittelt und die Konzeption überarbeitet.

Ausblick

Im zweiten Mesozyklus wird der Prototyp des ER aktuell in Zusammenarbeit mit „cubidoo Entertainment“ professionell umgesetzt und anschließend in den Jahrgangsstufen 10 und 12 erprobt, um das Spielerlebnis zu optimieren. Im dritten und letzten Mesozyklus werden Lernprozesse und -ergebnisse von Schülerinnen und Schülern mit Fokus auf *Fachwissenszuwachs*, *Hypothesenprüfung* und *Motivation* analysiert.

Literatur

- Belova, N., Wlotzka, P. & Lathwesen, C. (2021). Escape Rooms - nicht nur in der Freizeit spannend! Ideen für den Einsatz von Escape Rooms im Chemieunterricht. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*(182), 2–7.
- Ebner, M. & Schön, S. (Hrsg.). (2013). *L3T. Lehrbuch für Lernen und Lehren mit Technologien* (2. Aufl.).
- Elbaek, L., Majgaard, G., Valente, A. & Khalid, S. (Hrsg.) (2020). *13th European Conference on Games Based Learning (ECGBL 2019): Odense, Denmark, 3-4 October 2019*. Curran Associates Inc.
- Fotaris, P. & Mastoras, T. (2020). Escape Rooms for Learning: A Systematic Review. In L. Elbaek, G. Majgaard, A. Valente & S. Khalid (Hrsg.), *13th European Conference on Games Based Learning (ECGBL 2019): Odense, Denmark, 3-4 October 2019* (S. 235–243). Curran Associates Inc.
- Hu, Y., Gallagher, T., Wouters, P., van der Schaaf, M. & Kester, L. (2022). Game-based learning has good chemistry with chemistry education: A three-level meta-analysis. *Journal of Research in Science Teaching*, Artikel tea.21765. Vorab-Onlinepublikation. <https://doi.org/10.1002/tea.21765>
- Lathwesen, C. & Belova, N. (2021). Escape Rooms in STEM Teaching and Learning—Prospective Field or Declining Trend? A Literature Review. *Education Sciences*, 11(6), Artikel 308. <https://doi.org/10.3390/educsci11060308>
- Le, S., Weber, P. & Ebner, M. (2013). Game-Based Learning. Spielend Lernen? In M. Ebner & S. Schön (Hrsg.), *L3T. Lehrbuch für Lernen und Lehren mit Technologien* (2. Aufl.).
- Makri, A., Vlachopoulos, D. & Martina, R. A. (2021). Digital Escape Rooms as Innovative Pedagogical Tools in Education: A Systematic Literature Review. *Sustainability*, 13(8), Artikel 4587. <https://doi.org/10.3390/su13084587>
- Nicholson, S. (2016). *The State of Escape: Escape Room Design and Facilities*. Meaningful Play 2016. Lansing, Michigan. <http://scottnicholson.com/pubs/stateofescape.pdf>
- Reusser, K. (2005). Problemorientiertes Lernen.– Tiefenstruktur, Gestaltungsformen, Wirkung. *Beiträge zur Lehrerbildung*, 23. <https://doi.org/10.25656/01:13570> (Beiträge zur Lehrerbildung 23 (2005) 2, S. 159–182).
- Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland; Humboldt-Universität zu Berlin. (2020). *Bildungsstandards im Fach Chemie für die Allgemeine Hochschulreife: Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 18.06.2020* (1. Auflage). Carl Link Verlag.
- Veldkamp, A., Daemen, J., Teekens, S., Koelewijn, S., Knippels, M.-C. P. J. & Joolingen, W. R. (2020). Escape boxes: Bringing escape room experience into the classroom. *British Journal of Educational Technology*, 51(4), 1220–1239. <https://doi.org/10.1111/bjet.12935>
- Veldkamp, A., van de Grint, L., Knippels, M.-C. P. & van Joolingen, W. R. (2020). Escape education: A systematic review on escape rooms in education. *Educational Research Review*, 31, Artikel 100364. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2020.100364>

Amina Zerouali¹
Jenna Koenen¹
Doris Lewalter¹

¹TUM (Technische Universität München)

Erkenntnis GEWINNEN! Konzeption eines digitalen Lernspiels

Ausgangslage und theoretischer Hintergrund

Seit 2005 gilt die Vermittlung von Kompetenzen im Bereich der Erkenntnisgewinnung als elementarer Bestandteil des naturwissenschaftlichen Unterrichts (KMK, 2005a, b, c). Obwohl die Förderung dieser Kompetenzen durch die Lehrpläne in deutschen Bundesländern sowie durch die Bildungsstandards legitimiert und als Lernziel gefordert ist, zeigen Untersuchungen, dass der Fokus im Unterricht nicht auf der Vermittlung von Kompetenzen im Bereich der Erkenntnisgewinnung liegt, was in einem Defizit dieser Kompetenzen bei den Schüler*innen resultiert (Walpuski & Schulz, 2011). Dies spiegelt sich in der experimentellen Kompetenz von Schüler*innen wider und selbst Studierende weisen überwiegend ein mangelndes Experimentierverständnis auf (Hilfert-Rüppell et al., 2013; Sonnenschein, Koenen, Tiemann, 2019). Diese Erkenntnisse sind besorgniserregend, denn ohne adäquate Kompetenzen wird ein erfolgreiches Experimentieren unmöglich (Hamann, 2004). Als weiteres Problem stellt sich das abfallende Interesse von Schüler*innen in Bezug auf naturwissenschaftlichen Unterricht während der Schulzeit dar. So zeigte eine Umfrage bei Jugendlichen, dass das Ansehen des Chemieunterrichts mit zunehmender Jahrgangsstufe abnimmt (Pietsch & Barke, 2014).

Dieser Problemstellung soll durch die Entwicklung eines digitalen Lernspiels entgegengewirkt werden. Fokus und Hauptziel des Lernspiels soll die Vermittlung von Kompetenzen im Bereich der Erkenntnisgewinnung sein. Durch einen didaktisch sinnvollen Einsatz des Lernspiels kann so die Effektivität des Unterrichts in Bezug auf Motivation, Engagement, Lernerfolg, Verankerung von Wissen uvm. gesteigert werden (Kim et al., 2018). Jedoch zeigen Studien aus anderen Ländern, dass Lehrkräfte trotz des starken Motivationspotentials bei Schüler*innen häufig Vorbehalte in Bezug auf digitale Lernspiele haben (Allsop & Jessel, 2015; Parreño, Seguí-Mas & Seguí-Mas, 2016). Sie nehmen Barrieren in Bezug auf den Einsatz wahr und setzen selbst bei einer positiven Einstellung gegenüber digitalen Materialien nur selten digitale Lernspiele im Unterricht ein (Sánchez-Mena & Martí-Parreño, 2016).

Zielstellung und Forschungsfragen

Um die Ursachen für die Vorbehalte und den geringen Einsatz von digitalen Lernspielen im Unterricht zu ergründen wird derzeit eine großflächige deutschlandweite Studie zur Erfassung von Einstellungen und Erfahrungen, sowie der Wahrnehmung von Barrieren von angehenden Lehrkräften in Bezug auf Game-based Learning durchgeführt. Diese Studie fungiert als Grundlage für die Entwicklung des digitalen Lernspiels. Im Rahmen der Datenauswertung sollen mögliche Barrieren von Lehrkräften in Deutschland eruiert werden, um so das Lernspiel mit adäquaten Begleitmaterialien für einen unkomplizierten Einsatz in der Schule zu ergänzen.

Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, inwiefern Kompetenzen im Bereich der Erkenntnisgewinnung schülergerecht, motivierend und lernwirksam mithilfe eines digitalen Lernspiels gefördert werden können. Ziel des Projektes ist somit die Entwicklung eines motivierenden, gegenwartsnahen, digitalen Lernspiels zur Förderung der Kompetenzen im Bereich der Erkenntnisgewinnung.

Daraus ergeben sich in Bezug auf die Einstellungen und Rahmenbedingungen gegenüber digitalen Lernspielen zunächst folgende Forschungsfragen:

F: Welche Eigenschaften und Rahmenbedingungen muss ein digitales Lernspiel erfüllen, um einen einfachen Einsatz durch Lehramtsstudierende zu ermöglichen (Barrieren, Begleitmaterial)?

F1: Welche Einstellungen und Erfahrungen haben Lehramtsstudierende in Bezug auf digitale Lernspiele?

F2: Wie schätzen Lehramtsstudierende ihr Wissen und ihre Kompetenzen in Bezug auf die Verwendung von digitalen Lernspielen im Unterricht ein?

F3: Inwiefern werden Barrieren für den Einsatz von digitalen Lernspielen im Unterricht von Lehramtsstudierenden wahrgenommen (welche sind diese)?

Methode & Design

Die Erfassung der Daten erfolgt im Mixed-Method-Design, quantitativ mittels Fragebogen sowie qualitativ über leitfadengestützte Fokusgruppeninterviews. Der online-basierte Fragebogen setzt sich aus insgesamt 49 Items zusammen, die auf bereits etablierten Instrumenten basieren (Hsu et al., 2017; Watson et al., 2013). Die Items umfassen mit Hinblick auf digitale Lernspiele die Themenbereiche Einstellung und Wahrnehmung, Wissen sowie Verwendung. Davon erfassen insgesamt 25 Items die Wahrnehmung von Barrieren. Diese können drei Überthemen zugeordnet werden:

- Barrieren in Form von Herausforderungen bei der effektiven Implementierung von Lernspielen
- Barrieren in Form von Herausforderungen im Umgang mit Technologie
- Barrieren in Bezug auf das gegenwärtige Bildungssystem

Außerdem soll mithilfe des Instruments erfasst werden, ob Lehramtsstudierende im Rahmen ihres Studiums Kontakt zu digitalen Lernspielen hatten (und wenn ja wie häufig) und ob Sie die Intention haben diese im Rahmen ihrer zukünftigen Tätigkeit als Lehrkraft einzusetzen. Die Stichprobe beläuft sich derzeit auf 86 Studierende unterschiedlicher deutscher Universitäten, wobei die Datenerhebung derzeit noch andauert.

Der qualitative Datensatz setzt sich derzeit aus drei leitfadengestützten Fokusgruppeninterviews mit je $n = 4$ Lehramtsstudierenden des Faches Chemie (TU München) zusammen. Mit Hinblick auf die übergeordnete Forschungsfrage wurde ein Leitfaden entwickelt, mit dessen Hilfe eine Gruppendiskussion angeregt werden sollte. Im Fokus stand dabei, wie Lehramtsstudierende sich das ideale digitale Lernspiel für den Chemieunterricht vorstellen (Kriterien, Gelingensbedingungen, Barrieren). Die Dauer der Interviews betrug im Durchschnitt eine Stunde. Sie wurden mittels eines digitalen Mediums aufgezeichnet und im Anschluss transkribiert. Die gewonnenen Daten der Fokusgruppeninterviews sollen

anschließend mithilfe einer strukturierten qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2015) unter anderem mit Hinblick auf Orientierungsmuster in Bezug auf die Einstellung gegenüber Game-based Learning analysiert werden.

Aktueller Stand und Ausblick

Im nächsten Schritt erfolgt nun die Auswertung der gesammelten Daten. Die quantitativen und qualitativen Ergebnisse werden im Anschluss direkt genutzt, um festzulegen welche Rahmenbedingungen ein digitales Lernspiel erfüllen muss, um einen unkomplizierten, barrierefreien Einsatz durch zukünftige Lehrkräfte zu ermöglichen (z. B. Minimierung von Barrieren und Anfertigung von Begleitmaterial). Im Anschluss daran erfolgt die Konzeption und Entwicklung eines digitalen Lernspiels zur Förderung von Kompetenzen im Bereich Erkenntnisgewinnung. Der besondere Fokus soll dabei auf den Variablen-Kontrollstrategien liegen, da die eindeutige Bestimmung eines Ursache-Wirkungs-Zusammenhangs eines beobachtbaren Phänomens (im Rahmen der Erkenntnisgewinnung) nur möglich ist, wenn Schüler*innen geeignete (Versuchs-)Bedingungen herstellen. Die Kompetenz zur Planung und Durchführung von Untersuchungen fußt somit fundamental auf der Kenntnis und dem Einsatz von Strategien zur Kontrolle von Variablen (Schwchow et al., 2016).

Literatur

- Allsop, Y., & Jessel, J. (2015). Teachers' Experience and Reflections on Game-Based Learning in the Primary Classroom. *International Journal of Game-Based Learning*, 5(1), 1–17.
- Hilfert-Rüppell, D., Looß, M., Klingenberg, K., Eghtessad, A., Höner, K., Müller, R., Strahl, A., & Pietzner, V. (2013). Scientific Reasoning of Prospective Science Teachers in Designing a Biological Experiment. *Lehrerbildung auf dem Prüfstand* 6 (2), 135-154.
- Hsu, C., Tsai, M., Chang, Y., & Liang, J. (2017). Surveying In-Service Teachers' Beliefs about Game-Based Learning and Perceptions of Technological Pedagogical and Content Knowledge of Games. *J. Educ. Technol. Soc.*, 20, 134-143.
- Iosup, A., & Epema, D. H. J. (2014). An experience report on using gamification in technical higher education. In *The 45th ACM Technical Symposium on Computer Science Education, SIGCSE '14, Atlanta, GA, USA - March 05 - 08, 2014*, 27-32. Association for Computing Machinery, Inc.
- Kim, S., Song, K., Lockee, B. & Burton, J. (2017, 28. September). *Gamification in Learning and Education: Enjoy Learning Like Gaming (Advances in Game-Based Learning)* (1st ed. 2018). Springer.
- KMK (Hrsg.), (2005a). Beschlüsse der Kultusministerkonferenz. Bildungsstandards im Fach Biologie für den mittleren Schulabschluss, Beschluss vom 16.12.2004. München: Luchterhand.
- KMK (Hrsg.), (2005b). Beschlüsse der Kultusministerkonferenz. Bildungsstandards im Fach Chemie für den mittleren Schulabschluss, Beschluss vom 16.12.2004. München: Luchterhand.
- KMK (Hrsg.), (2005c). Beschlüsse der Kultusministerkonferenz. Bildungsstandards im Fach Physik für den mittleren Schulabschluss, Beschluss vom 16.12.2004. München: Luchterhand.
- Koenen, J., Emden, M., & Sumfleth, E. (Hrsg.) (2016). *Chemieunterricht im Zeichen der Erkenntnisgewinnung*. Münster: Waxmann.
- Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken*. Weinheim: Beltz
- Schiefele, U., Köller, O. (2003). Selbstreguliertes Lernen im Kontext von Schule und Hochschule. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 17 (3/4), 155-157
- Parreño, J., Seguí-Mas, D., & Seguí-Mas, E. (2016). Teachers' Attitude towards and Actual Use of Gamification. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 228, 682–688.
- Pietsch, S., & Barke, H. D. (2014). Wie Jugendliche die Chemie sehen. *Chemie in unserer Zeit*, 4(48), 312-316.
- Sánchez-Mena, A., & Martí-Parreño, J. (2017). Drivers and Barriers to Adopting Gamification: Teachers' Perspectives. *Electronic Journal of E-Learning*, 15(5), 434–443.
- Schwichow, M., Croker, S., Zimmerman, C., Höffler, T. & Härtig, H. (2016, März). Teaching the control-of-variables strategy: A meta-analysis. *Developmental Review*, 39, 37–63. <http://doi.org/10.1016/j.dr.2015.12.001>
- Walpuski, M., & Schulz, A. (2011). Erkenntnisgewinnung durch Experimente. Stärken und Schwächen deutscher Schülerinnen und Schüler im Fach Chemie. *chim. & ct. did.*, 37 (104), 6-27.
- Watson, W., Yang, S., & Ruggiero, D. (2013). Games in schools: Teachers' perceptions of barriers to game-based learning. In M. Simonson (Ed.), *The annual convention of the association for educational communications and technology* (Vol. 1, pp. 229–238).
- Zin, N. A. M., Jaafar, A., & Yue, W. S. (2009). Digital game-based learning (DGBL) model and development methodology for teaching history. *WSEAS Transactions on Computers*, 8(2), 322–333.

Stefan Kraus¹
Thomas Trefzger¹

¹Universität Würzburg

WebAR-Techniken unterstützen die Optik-Lehre

Kurzfassung

Augmented Reality (AR) als Verschmelzung von virtuellen Elementen mit der Realität ist inzwischen bekannt. Doch wie kann man diese mit maximalem Ertrag und minimalem Aufwand in den Unterricht integrieren? Als ideale Ergänzung zu konventionellen Realexperimenten scheint hier die Verwendung einer flexiblen AR-Simulation, die nicht starre Vorgänge, sondern die Physik hinter dem Versuch simuliert und dabei noch nicht einmal eine Installation auf dem Endgerät voraussetzt. Der Beitrag gibt einen Überblick über Möglichkeiten des Einsatzes von WebAR und die dahinterstehenden Programmier-Techniken bis hin zu einem großen Ausblick auf das geplante Forschungsvorhaben.

Simulationen haben Grenzen

Realexperimente haben Vorteile, die sich durch eine Computer-Simulation nicht ersetzen lassen: So bieten sie immer eine haptische Komponente, die feinmotorische Fähigkeiten der Experimentierenden fordert und fördert. Zudem können sich die Schülerinnen und Schüler auf den Versuch als solches konzentrieren, ohne durch Herausforderungen in der Bedienung der Simulationssoftware abgelenkt zu werden Stichwort: Cognitive Load (Chandler & Sweller, 1991). Auch kann keine Simulation alle Feinheiten der Realität komplett abbilden. Im Realexperiment erleben Lernende die Physik, wie sie wirklich ist.

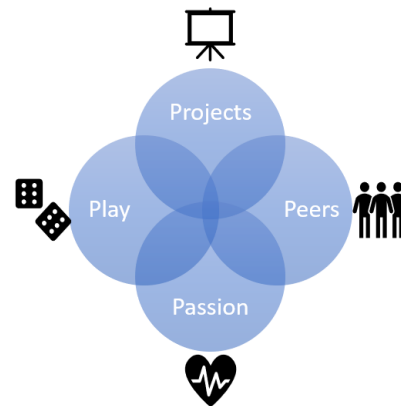


Abb. 1 Give P's a chance (Resnick 2014)

Angelehnt an das Modell "Give P's a chance" lebt der Physikunterricht von spielerischen Experimenten, Projekten, der Arbeit im Team und den Emotionen, die damit verbunden sind (Resnick, 2014). Es wird viel dafür getan, den Physik-Unterricht in diesen Bereichen zu stärken. Zahlreiche Experimente sind allerdings dem Präsenzünterricht vorbehalten. Häufig wird teures und empfindliches Equipment benötigt, das den Schülerinnen und Schülern nicht nach Hause mitgegeben werden kann. Auch ist das Material oft nur in begrenztem Maß vorhanden. Dies führt zur Verwendung von Simulationen, die allerdings meist sehr stark auf einen bestimmten Versuch eingeschränkt sind und kaum Raum für kreatives Experimentieren bieten.

WebAR: AR mit Webtechniken

Native AR-Applikationen erfordern die Installation auf einem mobilen Endgerät. Dies ermöglicht der dedizierten Software eine qualitativ hochwertige Nutzererfahrung, jedoch stellt die Installation eine Hürde im Schulalltag dar. So haben viele Schülerinnen und Schüler keine

Installationsrechte auf ihren Smartphones oder es fehlt schlicht an ausreichendem Speicherplatz. WebAR-Anwendungen hingegen laufen im Browser und werden als normale Website geladen. Eine Installation entfällt. Dies vereinfacht den Schuleinsatz wesentlich.

Ein Beispiel kann über den nachfolgenden QR-Code abgerufen werden. Anschließend muss die Kamera auf den „A-Marker“ gerichtet werden (optimiert für Querformat).

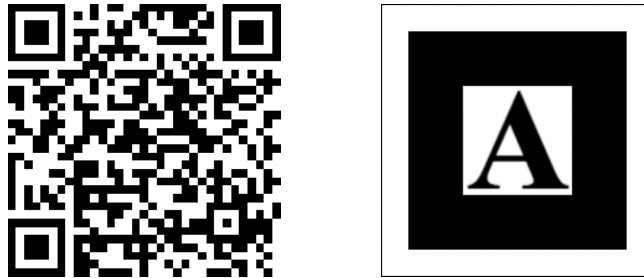


Abb. 2: QR-Code und Target für eine statische Demonstration der THREE.js-Komponenten

Die Applikation

Ziel ist die Entwicklung einer WebAR-Anwendung zur Simulation von Optik-Versuchen für den schulischen Physikunterricht. Dabei legen die Schülerinnen und Schüler mehrere ausgedruckte Marker auf den Tisch, worüber Lichtquellen und Gegenstände wie Linsen und Spiegel eingeblendet werden. Die Anordnung der Marker ist völlig frei wählbar. Der Strahlenverlauf wird physikalisch modelliert und so realistisch wie möglich wiedergegeben. Dabei kommt neben der darstellerischen auch eine haptische Komponente zum Tragen, die das Experimentierlebnis verstärken soll. Zudem ist es möglich, Parameter der beteiligten Objekte wie Wellenlänge oder Brennweite während des Versuchs zu ändern und dabei in physikalische Grenzbereiche vorzustößen.

Eingesetzte Techniken

Die Entwicklung von AR-Anwendungen mittels Web-Techniken erlebt aktuell noch ein Nischendasein, erfreut sich allerdings zunehmender Bedeutung. Die eingesetzten Frameworks bauen auf die WebXR-API auf (W3C, 2022), die durch den Einsatz des Skripts WebVR-Polyfill für alle gängigen Browser implementiert ist (W3C, 2022). Programmiert wird mittels HTML-basierten Bibliotheken wie A-Frame (Diego Marcos & McCurdy, 2022) und JavaScript-Bibliotheken wie AR.js (Etienne & Carpignoli, 2022), das THREE.js (MrDoob, 2022) zur 3D-Darstellung und JSARToolkit5 zur Umsetzung der Augmentierung einsetzt. Im Hintergrund stehen hier die bekannten Programmierschnittstellen WebGL (Mozilla, 2022) und WebRTC (Google Developers, 2022).

Der Einsatz dieser OpenSource-Bibliotheken ermöglicht eine performante Darstellung der augmentierten Inhalte (auch) auf Smartphones innerhalb von Browsern (webbasiert). Dadurch ist keine Installation notwendig, es wird nur wenig Speicherplatz genutzt und die Applikation ist in höchstem Maße plattformunabhängig.

Forschungsinteresse

Die Forschungsfragen dieser Dissertation sind noch nicht abschließend formuliert. Jedoch bietet es sich an, die Praxistauglichkeit von WebAR-Anwendungen, insbesondere den Einsatz auf verschiedensten Plattformen zu testen. Daneben stellen sich auch Fragen zum fachdidaktischen Einsatz einer solchen Applikation:

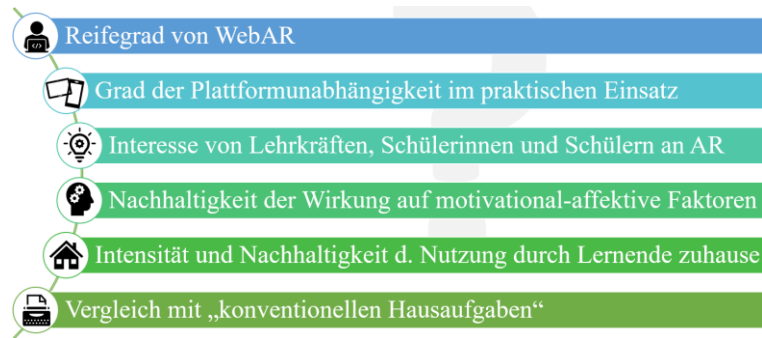


Abb. 3: Mögliche Forschungsgebiete

Einsatzzweck

Zweck der WebAR-Applikation soll keinesfalls der Ersatz von Realexperimenten sein. Vielmehr soll sie eine Ergänzung darstellen und dabei ihre Vorteile in der Vor- und Nachbereitung, aber auch im Unterricht ausspielen. Sowohl finanziell als auch in der Verfügbarkeit des Versuchs sollen hierdurch in vielfältiger Weise *Barrieren abgebaut* werden. Experimente, die sonst nur in einem relativ streng vorgegebenen Rahmen im Unterricht stattfinden, werden nun *zu den Schülerinnen und Schülern nach Hause* gebracht. *Gefahren* von Realexperimenten auch über die Optik hinaus (z. B. radioaktive Strahlenbelastung) lassen sich durch Simulationen vermeiden. Der eine oder andere Versuch wird somit durchführbar. Da sich Parameter im Gegensatz zum Realexperiment beliebig wählen lassen, können *physikalische Grenzbereiche ausgelotet* werden und z. B. Brennweiten während des Versuchs verändert werden. Auch sonst schwer umsetzbare Versuche wie eine Luftlinse unter Wasser lassen sich problemlos darstellen. Der Einsatz könnte *auch im Unterricht* denkbar sein, hier aber nur, wenn sich ein klarer Vorteil gegenüber dem Realexperiment ergibt.

Weiteres Vorgehen

Nach der aktuellen Konzeptionsphase soll bald eine Beta-Version zur Diskussion stehen. Mit dieser soll im Laufe des Schuljahrs eine Prästudie mit Befragungen auf Fortbildungen, Lehrveranstaltungen der Universität und Tagungen durchgeführt werden, die zur Konzeption der Hauptstudie im darauffolgenden Schuljahr führt. Hier ist ein großer angelegter Einsatz in Schulklassen unter der Nutzung von Online-Auswertungstechniken geplant.

Projekt „PUMA“

Diese Arbeit ist Teil des Projekts „PUMA“ (**Physik**unterricht **mit** **A**ugmentierung) des Lehrstuhls für Physik und ihre Didaktik an der Universität Würzburg. Hier entstehen weitere Projekte zur Elektrizitätslehre inkl. Magnetismus. Weitere Informationen finden Sie auf unserer Website (Universität Würzburg, 2022).

Literatur

- Chandler, P., & Sweller, J. (1991). Cognitive Load Theory and the Format of Instruction. Cognition and Instruction.
- Diego Marcos, D., & McCurdy, K. (04.06.2022). Dokumentation von A-Frame. <https://aframe.io/docs/1.3.0/introduction/>
- Etienne, J., & Carpignoli, N. (04.06.2022). Dokumentation von AR.js <https://ar-js-org.github.io/AR-js-Docs/>
- Google Developers. (04.06.2022). Dokumentation von WebRTC. <https://webrtc.org/getting-started/overview>
- Mozilla. (04.06.2022). Dokumentation von WebGL. https://developer.mozilla.org/de/docs/Web/API/WebGL_API
- MrDoob. (04.06.2022). Dokumentation von Three.js. <https://threejs.org/docs/>
- Resnick, M. (2014). Give P's a chance: Projects, peers, passion, play. Verfügbar unter <https://web.media.mit.edu/~mres/papers/constructionism-2014.pdf>
- Universität Würzburg. (12. August 2022). Website des Projekts „PUMA“. <https://www.physik.uni-wuerzburg.de/pid/physik-didaktik/augmented-reality/>
- W3C. (04.06.2022). WebVR Polyfill. (Immersive Web at W3C) <https://github.com/immersive-web/webvr-polyfill>
- W3C. (4.06.2022). WebXR Device API. (Immersive Web at W3C) <https://immersive-web.github.io/webxr/>

David Buschhüter¹
 Jannis Zeller²
 Stefan Oltmanns³
 Andreas Borowski¹
 Christoph Kulgemeyer³
 Josef Riese²
 Christoph Vogelsang⁴

¹Universität Potsdam
²RWTH Aachen
³Universität Bremen
⁴Universität Paderborn

Forschungsdatenmanagement erleichtern durch relationale Datenbanken: Ein Datenmodell für naturwissenschaftsidaktische Forschung

Hintergrund

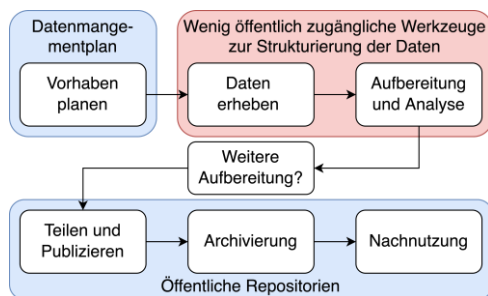


Abb. 1 Darstellung angelehnt an gängige Forschungsdatenzyklen (z. B. Jensen, 2012)

Es existieren heute vielerlei Unterstützungsangebote zur Bereitstellung von Forschungsdaten mit dem Ziel ihrer sekundären Nutzbarkeit entsprechend der FAIR-Prinzipien (Findable, Accessible, Interoperable, Reusable, Wilkinson et al., 2016). So helfen Dienstleister (z. B. GESIS) dabei, dass Forschungsdaten in entsprechenden Repositorien unter Anderem zur Sekundärnutzung nach Projektende zentral bereitgestellt werden (s. Abb. 1). Demgegenüber fehlt es an

einheitlichen und frei zugänglichen Datenstrukturen (häufig implementiert in Form von Datenbanken), die lokal (z. B. an Lehrstühlen) eingesetzt werden können. Eine solche Datenstruktur wäre insbesondere hilfreich,

- um bereits früh eine hohe Datenqualität zu gewährleisten und so die mehrfache und sehr aufwändige (Perry & Netscher, 2022; Press, 2016) Datenaufbereitung möglichst zu vermeiden (s. Abb. 1) und
- um innerhalb einer datenauswertenden Einheit (zum Beispiel Lehrstuhl, Institut, Projektverbund) möglichst schnell auf unterschiedliche verschiedene Forschungsdaten zuzugreifen.

Zusammen mit standardisierten Datenerhebungsplänen (DDP Team, 2022; VerbundFDB, 2022) könnte eine solche Struktur dazu beitragen, eine Nutzung entsprechend der FAIR-Prinzipien von Daten bereits von Beginn an technisch zu implementieren (Wilkinson et al., 2016). Langfristig könnte dies positive Effekte auf Produktivität sowie Datenqualität haben. Nach aktuellem Stand gibt es kaum veröffentlichte Datenmodelle, die sich für die naturwissenschaftsidaktische Forschung eignen. Erste Anhaltspunkte zur Strukturierung liefern sogenannte Ontologien (Kudryavtsev, Gavrilova & Begler, 2020) oder bereits bestehende Datenmodelle für spezifische Forschungsdaten (Sanalan & Irving, 2007). In Anlehnung an (Sanalan & Irving, 2007) schlagen auch wir die Verwendung einer relationalen Datenbank vor.

Relationale Datenbanken können in einer ersten Form als eine Menge von verbundenen Tabellen verstanden werden (genauer s. Schicker, 2017). Dies ermöglicht eine hohe Standardisierung sowie eine explizite Verbindung von Daten und ihren Metainformationen. Im Gegensatz zur lokalen Speicherung von z. B. CSV-Dateien kann auch sichergestellt werden, dass mehrere Personen hochfrequent auf die Daten zugreifen können, diese verändern können und Konsistenz dabei trotzdem gewährleistet wird (Schicker, 2017).

Kontext

Das in dieser Studie konstruierte Datenmodell wurde im Zuge der Aufbereitung der Projektdaten für das Projekt Profile-P+ entwickelt (Vogelsang et al., 2018). Der entsprechende Datensatz eignete sich aufgrund seiner Komplexität (mehrere Messzeitpunkte, Standorte, Kohorten, Kodierungen, Instrumente, Datentypen) und der vorhandenen Metainformationen (z. B. Manuale, Protokolle), um eine substantiell verallgemeinerbare Datenbank zu entwickeln.

Ziel

Ausgehend von diesem Datensatz wurde folgende Zielsetzung generiert: Entwicklung einer relationalen Datenbank der Daten des Profile-P+-Projekts mit möglichst hoher Generalisierbarkeit für andere empirische Studien der Naturwissenschaftsdidaktiken.

Entwicklung des Datenmodells

Abb. 2 stellt dar, wie ausgehend von der Zielsetzung der Archivierung der Paper-und-Pencil-Daten des Profile-P+ Projekts ein möglichst verallgemeinerbares Modell für klassische naturwissenschaftsdidaktische Studien entwickelt wurde. Als Zielkriterium galt es dabei, ein Gleichgewicht zu bewahren aus Einfachheit (z. B. über eine möglichst geringe Anzahl an Tabellen) und Generalisierbarkeit über möglichst viele Studiendesigns hinweg (z. B. Berücksichtigen von mehreren Testheften des gleichen Instruments). Das physikalische

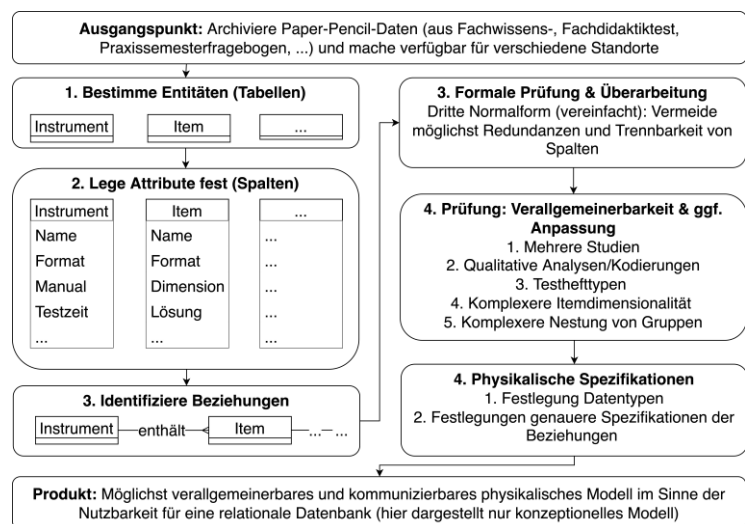


Abb. 2 Darstellung des Prozesses der Entwicklung des Datenmodells

Datenmodell wurde mit MySQL-Workbench 8.0 erstellt. Es ist zu beachten, dass im Folgenden lediglich die Tabellen (Typen von Entitäten) nicht aber die Spalten (Attribute) dargestellt werden. Das entsprechende physikalische Modell (inkl. Attribute und deren Datentypen) steht zur Verfügung unter https://github.com/dbuschhue/rdb_ser_data.

Ergebnis: Datenmodell

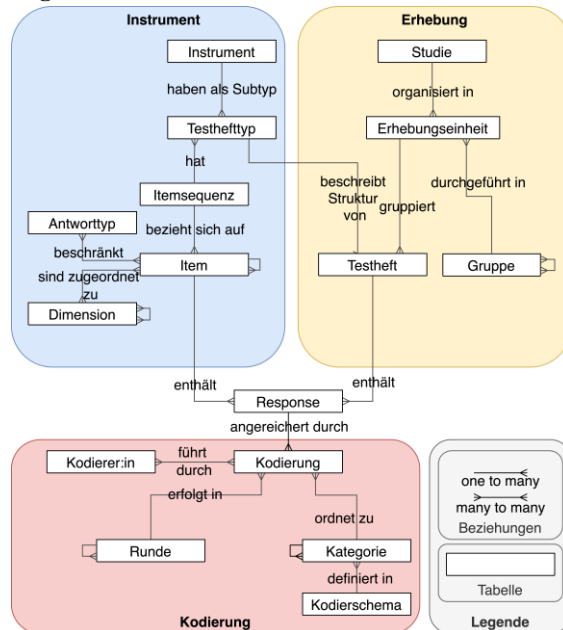


Abb. 3. Darstellung des Datenmodells zur Speicherung von Daten naturwissenschaftsdidaktischer Untersuchungen

In Abb. 3 ist das Datenmodell dargestellt. Dabei wurde die sogenannte Barker-Notation verwendet. Jedes der Rechtecke beschreibt eine Tabelle und steht in Beziehung zu einer anderen Tabelle.

Im Mittelpunkt steht die Response (z. B. die Antwort einer Studierenden auf ein Fachwissensitem). Es können die folgenden drei Bereiche unterschieden werden: Instrument (erlaubt die Speicherung von Informationen zu Erhebungsinstrumenten, Items und Informationen zur Dimensionalität), Erhebung (enthält Informationen zur Studie, sowie zum Studiendesign und die Testhefte), Kodierung (enthält Informationen, die zum Beispiel durch menschliche Kodierung die Response anreichern).

Diskussion

Das oben dargestellte Datenmodell ermöglicht eine einheitliche Speicherung über viele Studien hinweg. Dabei ist jedoch zu beachten, dass die Entwicklung einer Datenbank nicht zu einer eindeutigen Lösung führt und Datenbanken im Zuge neuer Anforderungen häufig weiterentwickelt werden. Die Datenstruktur des Modells ist in den Grundzügen ähnlich zum Modell von Sanalan und Irving (2007).

Zum jetzigen Zeitpunkt ist das Datenmodell nur theoretisch geprüft. Die nächsten Schritte umfassen insbesondere das Importieren der Daten und Testen der Datenbank. Des Weiteren ist denkbar, die Vorgaben des sogenannten STAMP (DDP Team, 2022; VerbundFDB, 2022) explizit zu implementieren. Aufbauend darauf können Front-End-Applikationen, wie Archivierungs-, Löschungs-, und Eingabetools oder Dashboards konstruiert werden, die auf die Datenbank zugreifen. Herausforderungen umfassen insbesondere die Kosten für die Überwachung und Wartung der entsprechenden Datenbank. Mittlerweile gibt es hierzu allerdings bereits Unterstützungsangebote von Seiten vieler Rechenzentren oder Bibliotheken, was die Implementation vielerorts substantiell beschleunigen sollte.

Literatur

- DDP Team. (2022). Informationsveranstaltung: Stamp – Standardisierter Datenmanagementplan für die Bildungsforschung. Zugriff am 3.9.2022. Verfügbar unter: <https://ddp-bildung.org/2022/05/12/information-events/>
- Jensen, U. (2012). Leitlinien zum Management von Forschungsdaten. Sozialwissenschaftliche Umfragedaten. Nr. 2012, 7. GESIS-Technical Reports (S. 82). Köln: GESIS – Leibniz-Institut für Sozialwissenschaften. Zugriff am 3.9.2022. Verfügbar unter: http://www.gesis.org/fileadmin/upload/forschung/publikationen/gesis_reihen/gesis_methodenberichte/2012/TechnicalReport_2012-07.pdf
- Kudryavtsev, D., Gavrilova, T. & Begler, A. (2020). Creating core ontology for social sciences empirical data integration (Poster). Zugriff am 28.10.2022. Verfügbar unter: https://www.researchgate.net/publication/345362424_Creating_core_ontology_for_social_sciences_empirical_data_integration
- Perry, A. & Netscher, S. (2022). Measuring the time spent on data curation. Journal of Documentation, 78(7), 282–304. Zugriff am 28.10.2022. <https://doi.org/10.1108/JD-08-2021-0167>
- Press, Gil. (2016, März 23). Cleaning Big Data: Most Time-Consuming, Least Enjoyable Data Science Task, Survey Says. forbes. Zugriff am 27.10.2022. Verfügbar unter: <https://www.forbes.com/sites/gilpress/2016/03/23/data-preparation-most-time-consuming-least-enjoyable-data-science-task-survey-says/>
- Sanalan, V. & Irving, K. (2007). Database Development for a Large Scale Educational Research Project. In R. Carlsen, K. McFerrin, J. Price, R. Weber & D.A. Willis (Hrsg.), Proceedings of Society for Information Technology & Teacher Education International Conference 2007 (S. 1672–1676). San Antonio, Texas, USA: Association for the Advancement of Computing in Education (AACE). Zugriff am 28.10.2022. Verfügbar unter: <https://www.learntechlib.org/p/24808>
- Schicker, E. (2017). Datenbanken und SQL (Informatik & Praxis Lehrbuch) (5. Auflage). Berlin: Springer Vieweg.
- Verbund Forschungsdaten Bildung (VerbundFDB). (2022). Stamp nutzen – Standardisierter Datenmanagementplan für die Bildungsforschung. Zugriff am 27.10.2022. Verfügbar unter: <https://www.forschungsdaten-bildung.de/stamp-nutzen>
- Vogelsang, C., Borowski, A., Kulgemeyer, C., Riese, J., Buschhüter, D., Enkrott, P. et al. (2018). Profile-P + : Entwicklung von Kompetenz und Performanz im Physiklehramt. In C. Maurer (Hrsg.), Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht- normative und empirische Dimensionen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Regensburg 2017 (S. 875–878). Regensburg: Universität Regensburg. Zugriff am 28.10.2022. Verfügbar unter: https://gdcp-ev.de/wp-content/tb2018/TB2018_875_Vogelsang.pdf
- Wilkinson, M. D., Dumontier, M., Aalbersberg, Ij. J., Appleton, G., Axton, M., Baak, A. et al. (2016). Comment: The FAIR Guiding Principles for scientific data management and stewardship. Scientific Data, 3, 1–9. Zugriff am 28.10.2022. <https://doi.org/10.1038/sdata.2016.18>

David Weiler¹
 Jan-Philipp Burde¹
 Rike Große-Heilmann²
 Andreas Lachner¹
 Josef Riese²
 Thomas Schubatzky³

¹Universität Tübingen
²RWTH Aachen
³Universität Innsbruck

Erste Ergebnisse eines Seminars zur Förderung digitaler Kompetenzen

Einleitung

Das Potential digitaler Medien für die Wissensvermittlung im Fachunterricht wurde mittlerweile disziplinübergreifend erkannt (z.B. Hillmayr et al., 2020). Dies begründet u.a. die Forderung nach entsprechenden fachdidaktischen Lerngelegenheiten im Rahmen der Lehramtsausbildung (SWK, 2022). Dabei sollen sowohl standortspezifische als auch hochschulübergreifende Lerngelegenheiten entwickelt werden (SWK, 2022). Im Verbundprojekt DiKoLeP (Digitale Kompetenzen von Lehramtsstudierenden im Fach Physik) der Universitäten in Aachen, Graz und Tübingen wurde ein solches Lehrkonzept entwickelt, das sowohl standortübergreifende theoretische Anteile (z.B. Designprinzipien, Beispiele für den Einsatz und empirische Befunde zu physikspezifischen digitalen Medien) als auch standortspezifische praktische Anteile (Micro-Teachings oder Erprobungen in Schulklassen) beinhaltet (Schubatzky et al., 2022). Der Fokus dieses Beitrags liegt auf der vorläufigen Evaluation des Seminars, das in Graz und Tübingen umgesetzt wird. Dabei steht die Förderung der Professionellen Handlungskompetenz angehender Lehrkräfte (in Anlehnung an Riese, 2009) in Bezug auf den Einsatz digitaler Medien im Physikunterricht im Vordergrund.

Theoretischer Hintergrund und Seminar-design

Die Professionelle Handlungskompetenz in Bezug auf den Einsatz digitaler Medien setzt sich aus dem Professionswissen und den motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten zusammen (Riese, 2009). Für das Professionswissen spielt das Fachdidaktische Wissen (FDW) und für die motivationalen Bereitschaften und Fähigkeiten die Motivationalen Orientierungen (z.B. Einstellungen zum Lernen mit digitalen Medien, erwartete Schwierigkeiten, Selbstwirksamkeitserwartung...) eine wichtige Rolle. Entsprechend der Modellierung des FDW in Physik nach Gramzow et al. (2013) stellt das FDW über den Einsatz digitaler Medien eine Facette des FDW dar. Mit dem Ziel, diese relevanten Aspekte der Professionellen Handlungskompetenz von angehenden Physiklehrkräften zu fördern, wurde einem Design-Based-Research-Ansatz (Sandoval & Bell, 2004) folgend ein Seminar konzipiert und iterativ weiterentwickelt (Weiler et al., 2021). Für die Ausgestaltung des Seminars wurde sich maßgeblich an den sieben evidenzbasierten Schlüsselmerkmalen des SQD-Modells (Synthesis of Qualitative Evidence) nach Tondeur et al. (2012) zur möglichst optimalen Vorbereitung von angehenden Lehrkräften auf den Einsatz von digitalen Medien im Unterricht orientiert. Neben einer engen *Theorie- und Praxisverzahnung* ist das Seminar dadurch geprägt, dass die Lehrperson als *Rollen Vorbild* beispielhafte Einsatzmöglichkeiten von digitalen Medien aufzeigt. Ferner haben die Studierenden die Möglichkeit, *eigene Erfahrungen* mit digitalen Medien zu sammeln und *kritisch* über die Rolle digitaler Medien für den Physikunterricht zu *reflektieren*. In den

praktischen Anteilen des Seminars steht die *Zusammenarbeit mit den Peers* unter anderem bei der *Planung und Durchführung von Micro-Teachings* im Seminar im Vordergrund. Die Studierenden erhalten in der Planungsphase von der Lehrperson *Feedback* und im Anschluss an die Micro-Teachings ergänzend Feedback von den teilnehmenden Studierenden.

Erhebungsinstrumente und Stichprobe

Im Rahmen der Evaluation des Seminars wird zur Erhebung des FDW zum Einsatz digitaler Medien ein proximales Messverfahren mit dem Testinstrument von Große-Heilmann et al. (2022) verwendet. Für die aktuelle Stichprobe weist das Testinstrument eine für Kompetenz- bzw. Wissenstests akzeptable Reliabilität von $\alpha = 0.53$ auf (Tavakol & Dennick, 2011; Stadler et al., 2021).

Die Motivation zum Einsatz digitaler Medien ($\alpha = 0.81$) wurde mit den bereits auf Validität untersuchten Items von Vogelsang et al. (2019) erhoben. Die wahrgenommene Seminarqualität wurde mit dem SQD-Test von Tondeur et al. (2019) gemessen, der eine Reliabilität von $\alpha = 0.94$ aufweist. Das FDW zum Einsatz digitaler Medien und die Motivation zum Einsatz digitaler Medien werden in einem Pre-Post-Design erhoben, während die wahrgenommene Seminarqualität am Ende des Seminars mit dem Post-Test zusammen ermittelt wird.

Die Teilnahme an dieser Studie war für die Seminarteilnehmenden freiwillig und konnte zu jedem Zeitpunkt beendet werden. So kamen für den ersten Designzyklus im Sommersemester 2021 in Tübingen und im Wintersemester 2021/22 in Graz insgesamt $N = 20$ vollständige Pre-Post-Datensätze zustande. Die Studierenden waren im Schnitt im siebten Semester ($M = 7.4$; $SD = 2.4$).

Im zweiten Designzyklus, der bisher nur die Stichprobe aus dem Sommersemester 2022 umfasst, konnten bisher $N = 12$ vollständige Pre-Post-Datensätze erhoben werden. Die Studierenden waren dabei im Schnitt in ihrem achten Semester ($M = 8.2$; $SD = 2.2$). Es sind weitere Erhebungen im Studienjahr 2022/23 geplant, um den Stichprobenumfang des zweiten Designzyklus zu vergrößern, da mit kleinen bis mittleren Effekten gerechnet wird.

(Vorläufige) Ergebnisse und Überarbeitung

Im ersten Designzyklus kam es sowohl zu einer Zunahme des Fachdidaktischen Wissens zum Einsatz digitaler Medien im Physikunterricht (Steigerung im Mittel um 1.45 von maximal 24 zu erreichenden Punkten) als auch der Motivation (im Mittel um 0.5 auf einer Skala von 1-5), diese einzusetzen (siehe Tab. 1). Die wahrgenommene Seminarqualität wurde überwiegend positiv bewertet ($M = 3.36$ auf einer Skala von 1-4).

Im Anschluss an den ersten Designzyklus wurde das Seminar im Rahmen eines zweiten Designzyklus u.a. auf Basis einer Expertenbefragung zur curricularen Passung der Inhalte des Seminars sowie einer ersten Evaluation der Akzeptanz des Seminars durch die Studierenden weiterentwickelt (Weiler et al., im Druck). Um die Lernwirksamkeit des Seminars zu steigern, wurden darüber hinaus dem ICAP-Framework von Chi & Wylie (2014) folgend bisher eher passive Formate in interaktive Formate überführt. Beispielsweise geben sich die Studierenden im zweiten Designzyklus gegenseitig Peer-Feedback zu ihren Micro-Teachings und diskutieren diese aktiv, statt wie bisher primär Rückmeldungen der Lehrperson zu erhalten. Die vorgenommene stärkere Fokussierung auf Feedback sowie die stärkere Zusammenarbeit mit den Peers entspricht ferner Kernaspekten des SQD-Modells.

Erste Evaluationsergebnisse des zweiten Designzyklus weisen auf einen ähnlichen Lernzuwachs im FDW zum Einsatz digitaler Medien (im Mittel um 1.17 Punkte von maximal 24) bei einer Abnahme der Standardabweichung (von 3.49 auf 2.83) hin. Die Motivation der Studierenden, digitale Medien in ihrem Unterricht einsetzen zu wollen, nimmt im zweiten Designzyklus nur minimal zu (im Mittel um 0.21 Punkte auf einer Skala von 1-5). Die Seminarqualität wird weiterhin grundsätzlich positiv eingeschätzt ($M = 2.97$ auf einer Skala von 1-4).

Tab. 1: Überblick über die Ergebnisse des ersten Zyklus und die vorläufigen Ergebnisse des zweiten Zyklus. Die Motivation zum Einsatz (1-5) und die wahrgenommene Seminarqualität (1-4) sind Likert-skaliert

| Pre-Test | Konstrukt | Post-Test |
|---------------------------------|------------------------|------------------------|
| 1. Designzyklus (N = 20) | | |
| $M = 14.50, SD = 3.78$ | FDW digitale Medien | $M = 16.05, SD = 4.58$ |
| $M = 3.42, SD = 0.69$ | Motivation zum Einsatz | $M = 3.92, SD = 0.71$ |
| - | SQD Seminarqualität | $M = 3.36, SD = 0.39$ |
| 2. Designzyklus (N = 12) | | |
| $M = 14.83, SD = 3.49$ | FDW digitale Medien | $M = 16.00, SD = 2.83$ |
| $M = 3.32, SD = 0.68$ | Motivation zum Einsatz | $M = 3.53, SD = 0.71$ |
| - | SQD Seminarqualität | $M = 2.97, SD = 0.52$ |

Diskussion und Ausblick

Poweranalysen zeigen, dass für die bisher eher geringe Stichprobengröße von $N = 12$ im Rahmen des zweiten Designzyklus nur große Effektstärken zuverlässig nachgewiesen werden können. Vor diesem Hintergrund sind im Wintersemester 2022/23 und im Sommersemester 2023 weitere Erhebungen geplant, um mögliche Effekte u.a. mit Blick auf die Lernwirksamkeit, die Motivationalen Orientierungen und die wahrgenommene Seminarqualität besser erfassen zu können.

Um tiefere Einblicke in die Wirksamkeit des Seminars zu bekommen, ist ferner eine Triangulation der bisher erhobenen quantitativen Daten um qualitative Interview-Daten geplant. Insbesondere ist damit u.a. das Ziel verbunden, typengerechte Lerngelegenheiten zu identifizieren. Dazu sollen durch eine Clusteranalyse der bisher vorliegenden Daten unterschiedliche Einstellungstypen hinsichtlich des Einsatzes von digitalen Medien im Physikunterricht (z.B. Digitalisierungsverweigerer, -enthusiasten, -realisten) unter den Studienteilnehmenden identifiziert werden. Zudem soll mit den Interviews ergründet werden, warum sich Studierende für oder gegen den Einsatz von digitalen Medien im Physikunterricht entscheiden und inwiefern ihre Entscheidung dabei fachdidaktisch begründet ist. Dies geschieht vor dem Hintergrund, dass das Seminar nicht auf eine unreflektiert-positive Einstellung zum Einsatz digitaler Medien im Physikunterricht abzielt, sondern eine kritisch-reflektierte Haltung gegenüber dem Einsatz digitaler Medien gefördert werden soll. Aus der Kontrastierung der Evaluation der Designzyklen des Seminars sollen lokale Lehr-Lerntheorien zum Erwerb digitaler Kompetenzen abgeleitet werden.

Literatur

- Chi, M. T. H., & Wylie, R. (2014). The ICAP framework: Linking cognitive engagement to active learning outcomes. *Educational Psychologist*, 49(4), 219–243. <https://doi.org/10.1080/00461520.2014.965823>
- Gramzow, Y., Riese, J. & Reinhold, P. (2013). Modellierung fachdidaktischen Wissens angehender Physiklehrkräfte. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 19, 7-30.
- Große-Heilmann, R., Riese, J., Burde, J.-P., Schubatzky, T. & Weiler, D. (2022). Fostering Pre-Service Physics Teachers' Pedagogical Content Knowledge Regarding Digital Media. *Education Sciences*, 12(7), 440. <https://doi.org/10.3390/educsci12070440>
- Hillmayr, D., Ziemwald, L., Reinhold, F., Hofer, S. I. & Reiss, K. M. (2020). The potential of digital tools to enhance mathematics and science learning in secondary schools: A context-specific meta-analysis. *Computers & Education*, 153, 103897. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103897>
- Riese, J. (2009). Professionelles Wissen und professionelle Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften. Zugl.: Paderborn, Univ., Diss., 2009. Studien zum Physik- und Chemielernen: Bd. 97. Logos-Verl.
- Riese, J., Gramzow, Y. & Reinhold, P. (2017). Die Messung fachdidaktischen Wissens bei Anfängern und Fortgeschrittenen im Lehramtsstudiengang Physik. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 23(1), 99–112. <https://doi.org/10.1007/s40573-017-0059-2>
- Sandoval, W. A. & Bell, P. (2004). Design-Based Research Methods for Studying Learning in Context: Introduction. *Educational Psychologist*, 39(4), 199–201. https://doi.org/10.1207/s15326985ep3904_1
- Schubatzky, T., Burde, J.-P., Große-Heilmann, R., Riese, J. & Weiler, D. (2022). Das Gesamtuntersuchungsdesign im Verbundprojekt DiKoLeP. In S. Habig & H. van Vorst (Hrsg.), *Unsicherheit als Element von naturwissenschaftlichen Bildungsprozessen*. GDGP virtuelle Jahrestagung 2021.
- Stadler, M., Sailer, M., & Fischer, F. (2021). Knowledge as a formative construct: A good alpha is not always better. *New Ideas in Psychology*, 60, 100832.
- Ständige Wissenschaftliche Kommission der Kultusministerkonferenz (SWK) (2022). Digitalisierung im Bildungssystem: Handlungsempfehlungen von der Kita bis zur Hochschule. Gutachten der Ständigen Wissenschaftlichen Kommission der Kultusministerkonferenz (SWK). www.doi.org/10.25656/01:25273
- Tavakol, M., & Dennick, R. (2011). Making sense of Cronbach's alpha. *International journal of medical education*, 2, 53.
- Tondeur, J., van Braak, J., Sang, G., Voogt, J., Fisser, P. & Ottenbreit-Leftwich, A. (2012). Preparing pre-service teachers to integrate technology in education: A synthesis of qualitative evidence. *Computers & Education*, 59(1), 134–144. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.10.009>
- Tondeur, J., Scherer, R., Siddiq, F. & Baran, E. (2019). Enhancing pre-service teachers' technological pedagogical content knowledge (TPACK): a mixed-method study. *Educational Technology Research and Development*, 68(1), 319–343. <https://doi.org/10.1007/s11423-019-09692-1>
- Vogelsang, C., Finger, A., Laumann, D. & Thyssen, C. (2019). Vorerfahrungen, Einstellungen und motivationale Orientierungen als mögliche Einflussfaktoren auf den Einsatz digitaler Werkzeuge im naturwissenschaftlichen Unterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 25(1), 115–129. <https://doi.org/10.1007/s40573-019-00095-6>
- van Braak, J., Tondeur, J. & Valcke, M. (2004). Explaining different types of computer use among primary school teachers. *European Journal of Psychology of Education*, 19(4), 407–422.
- Weiler, D., Burde, J.-P., Lachner, A., Riese, J., Schubatzky, T. & Große-Heilmann, R. (2021). Entwicklung eines Seminars zur Förderung des Konzeptverständnisses mittels digitaler Medien. *PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*, 1.
- Weiler, D., Burde, J.-P., Lachner, A., Große-Heilmann, R., Riese, J. & Schubatzky, T. (im Druck). Digitale Medien im Physikunterricht: Entwicklung eines Seminarkonzepts. *PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung 2022*.

Unterrichten im virtuellen Klassenraum Entwicklung der App „Teacher VR“

Kurzzusammenfassung

In diesem Artikel wird über die Entwicklung einer Virtual Reality Anwendung (VR App) berichtet, mit deren Hilfe Studierende des Gymnasiallehrerstudiums sich im Umgang mit Unterrichtsstörungen trainieren sollen. Dazu wurden knapp dreißig 360°-Filme in einem hannoveraner Gymnasium gedreht, die jeweils etwa eineinhalb Minuten lang sind. Bei Nutzung der App betrachten die Anwendenden eine Folge von 11 Szenen, die den Verlauf einer Physikstunde nachzeichnen. Nach den meisten Szenen müssen sich die Anwendenden für eine Handlungsoption entscheiden. Abhängig von der Entscheidung wählt die App dann eine Folgeszene aus. Die App und alle Filme sollen perspektivisch als Open Educational Resources auf einer Internet-Plattform des Landes Niedersachsen verfügbar gemacht werden.

Hintergrund

Studien zu mangelndem Praxisbezug von Lehramtsstudiengängen lassen sich in der Literatur zahlreich finden (e. g. Kram & Eickmann, 2012). Während einer typischen Studiendauer von ca. 5 Jahren erhalten die Studierenden in der Regel im Rahmen von ca. drei Praktika Einblick in den Schulalltag sowie die Gelegenheit unter Anwesenheit und Beratung einer erfahrenen Lehrkraft etwa 10 Schulstunden selbst zu unterrichten. Die Durchführung dieser Schulpraktika stellt dabei einen nennenswerten organisatorischen Aufwand und einen nicht zu unterschätzenden Eingriff in den Schulalltag dar.

Eine weit verbreitete Methode, praxisnahe Ausbildungsmodalitäten in die akademische Lehre zu implementieren, ist der Einsatz von Videovignetten (Goreth & Eghtessad, 2022, Reichmann et al., 2022). Hierbei sehen sich die Studierenden in der Regel kurze Filmausschnitte von Unterrichtsszenen an und bearbeiten anschließend zugehöriges Arbeitsmaterial mit Beobachtungsaufgaben, Handlungsoptionen etc. Der Lernerfolg dieser Vorgehensweise wurde bereits verschiedentlich nachgewiesen (e. g. Seidel et al., 2010).

Eine Einschränkung bezüglich der Praxisnähe von Videovignetten ist die Distanz der Anwendenden zum Geschehen: Diese sitzen einem Bildschirm gegenüber und betrachten die Unterrichtssituation von ihrem Arbeitsplatz aus. Diese Einschränkung wird durch den Einsatz von Virtual-Reality-Technologie weitgehend aufgehoben. Durch die VR-Brille wird den Nutzenden jegliche Sicht auf deren physische Umgebung genommen. Stattdessen erhalten sie ein 360°-Videobild der virtuellen Umgebung, in diesem Fall eines Klassenzimmers mit Schüler*innen. Untersuchungen (e. g. Wiepke et al., 2019) zeigen, dass Übungen in virtuellen Klassenräumen von Lehramtsstudierenden als bedeutsam für die Entwicklung professioneller Handlungskompetenz empfunden werden.

Entwicklung der App „Teacher VR“

Die App „Teacher VR“ wurde im Zuge des Projekts ProKID entwickelt. Bei diesem, vom Niedersächsischen Ministerium für Wissenschaft und Kultur (Förderlinie „Innovation Plus“) geförderten Projekt geht es um die Bereitstellung von CC-lizenzierten Materialien zur Lehrkräfteausbildung auf einer Internetplattform. Das Material umfasst neben interaktiven Informations- und Arbeitsblättern auch Audiopodcasts und, als Flaggschiff, die App „Teacher VR“.

Dem Anwendenden dieser App wird auf einer VR-Brille eine Sequenz von elf ca. eineinhalbminütigen 360°-Videoszenen vorgespielt. Die Sequenz entspricht den Phasen eines typischen Unterrichtsverlaufs. Die meisten Szenen liegen dabei in mehreren Varianten vor. Zum Beispiel gibt es sieben Szenen, die die Experimentierphase darstellen und in denen die dargestellten Schüler*innen mehr oder weniger konstruktiv arbeiten. Abbildung 1 gibt eine Übersicht.

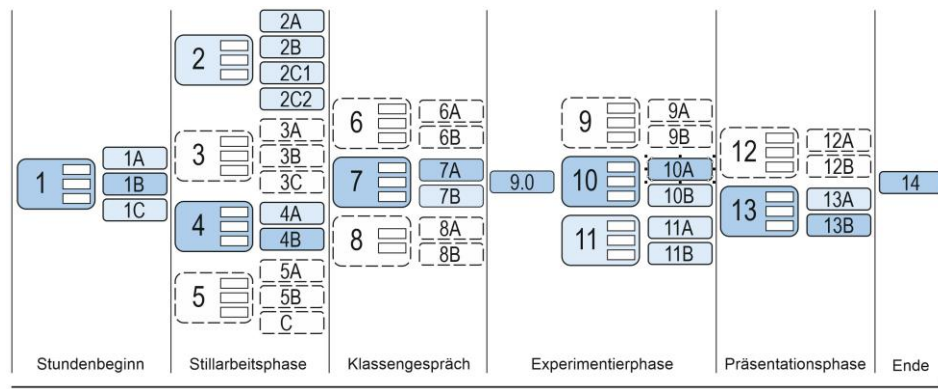


Abb. 1: Übersicht über alle geplanten und realisierten Unterrichtsszenen

Im Rahmen einer vom Autor betreuten Bachelorarbeit (Pohl, 2021) wurden ursprünglich insgesamt 45 Szenen geplant. Davon konnten an zwei Drehtagen in einem hannoveraner Gymnasium 25 realisiert werden. Die in der Abbildung gestrichelt umrahmten Szenen mussten leider entfallen. Die Szene 9.0 wurde außerplanmäßig gedreht. Die Grundthematik der Szenen sind Unterrichtsstörungen im Physikunterricht. An vielen Stellen müssen die Anwendenden Handlungsentscheidungen treffen (kleine schwarze Rechtecke in der Abbildung). Die App wählt bezüglich dieser Entscheidung dann gezielt eine Folgeszene aus. Die Auswahl erfolgt mithilfe eines nicht-laplaceschen Zufallsgenerators. Den zugehörigen Wahrscheinlichkeiten liegen Angaben in der Literatur über die Effektivität bestimmter Reaktionen auf Unterrichtsstörungen sowie Diskussionsergebnisse mit erfahrenen Lehrkräften zugrunde. Dies wird im Folgenden noch genauer erläutert. Durch die unterschiedlichen Kombinationsmöglichkeiten der einzelnen Szenen ergeben sich 288 mögliche Sequenzen. Abbildung 1 hebt als Beispiel die Sequenz der Szenen 1, 1B, 4, ..., 13B, 14 als eine Möglichkeit hervor.

Um zu verdeutlichen, nach welchen Regeln von der App die jeweilige Folgeszene ausgewählt wird, soll im Folgenden der Szenenkomplex 11, 11a und 11b genauer betrachtet werden. Abbildung 2 zeigt die Regieskizze dieser Szenen als Ausschnittvergrößerung von Abbildung 1.

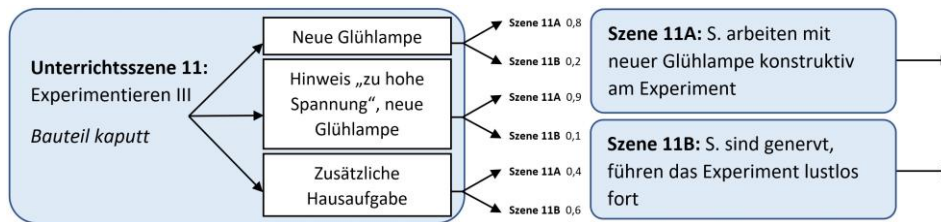


Abb. 2: Regieskizze zu den Szenen 11, 11A und 11B

In Szene 11 regelt eine Schülerin die Spannung unsachgemäß hoch, so dass eine Glühlampe im Schaltkreis durchbrennt. Am Ende der Szene wird folgender Text mit Handlungsoptionen eingeblendet:

Beim Experimentieren hat eine Gruppe die Spannung zu hoch geregelt. Dabei ist eine Glühlampe durchgebrannt. Wie reagieren Sie? Führen Sie die gewählte Handlung – wenn möglich – in der nächsten Szene aus.

1. Ich teile den Schüler*innen mit, dass sie eine neue Glühlampe erhalten.
2. Ich weise die Schüler*innen darauf hin, dass die Glühlampe durchgebrannt ist, weil die maximale Spannung überschritten wurde.
3. Ich gebe den Schüler*innen eine zusätzliche Hausaufgabe, in der diese in ihren eigenen Worten aufschreiben sollen, warum die Glühlampe durchgebrannt ist.

Im Rahmen ihrer Bachelorarbeit hat Pohl (2021) in der Literatur recherchiert, welche Handlungsmuster von Lehrenden als Reaktion auf Unterrichtsstörungen als tendenziell konstruktiv beschrieben werden. In Bezug auf die obige Situation zitiert sie beispielsweise Ruppertsberg (2017), der folgende Vorgehensweise als erfolgversprechend nennt: „Ruhig sprechen, Problem verdeutlichen, an vereinbarte Regeln erinnern“. Wird dieser Vorgehensweise entsprechend die zweite Handlungsoption der obigen Vorschläge gewählt, so spielt die App mit 90-prozentiger Wahrscheinlichkeit Szene 11A, in der die Schüler*innen konstruktiv weiterarbeiten, als Folgeszene ein. Die entsprechende Angabe des Prozentsatzes 0,9 findet sich an dem zugehörigen kleinen Pfeil in Abbildung 2. Diese Wahrscheinlichkeitsangabe erhebt natürlich keinen tieferen wissenschaftlichen Anspruch, es handelt sich lediglich um eine grobe, auf den o. g. Angaben in der Literatur basierenden und mit erfahrenen Lehrkräften diskutierte Vermutung darüber, wie der Unterricht realistisch weitergehen könnte. Entsprechend wird im Eingangstrailer zur App auch betont, dass Teacher VR keine Handlungsrezepte zur Behebung von Unterrichtsstörungen liefern kann und will, sondern es eher darum geht, einen möglichst immersiven Eindruck von realem Unterrichtsgeschehen zu vermitteln.

Ausblick

Die App „Teacher VR“ ist fertig programmiert und wird im Wintersemester 2022/23 erstmals im Vorbereitungsseminar zum Fachpraktikum Physik der Leibniz Universität Hannover eingesetzt. Im nächsten Schritt wird die App dann als OER-Material der Öffentlichkeit CC-lizenziert zur Verfügung gestellt. Hierbei muss vor allem noch das VR-typische Problem des großen Datenumfangs (Faustregel 1 GB pro Minute Drehzeit) gelöst werden. Eine entsprechende Reduktion des Datenvolumens würde dann auch den Einsatz Mobiltelefon-gestützter VR-Brillen gestatten und damit eine erhebliche Erweiterung des Nutzerkreises mit sich bringen.

Literatur

- Gonszcz, M. (2014). *Classroom Management: Präventive Strategien und Maßnahmen der Lehrenden im Umgang mit Unterrichtsstörungen*. Hamburg: Diplomica Verlag
- Goreth, S., & Eghtessad, A. (2022). Das Projekt „Videovignetten in Naturwissenschaft, Technik und Textil“ (VidNuT) zur standortübergreifenden Entwicklung hochschulischer Lehrveranstaltungskonzepte. E. Eichelberger et al. (Hrsg.), *Forschend lernen und lehren im TTG*. Bern: Hep-Verlag, 179–189
- Kram, M., & Eickmann, R. (2012). Praktisch nur Theorie? Praxiskonzepte aus Sicht der im STEP-Projekt interviewten Universitätslehrenden. Bosse, D. et al. (Hrsg.), *Reform der Lehrerbildung in Deutschland, Österreich und der Schweiz. Teil 2. Praxismodelle und Diskussionen*. Immenhausen: Prolog Verlag, 225–238
- Pohl, A. (2021). *Entwicklung einer Sequenz von Unterrichtsszenen für ein virtuelles Klassenzimmer im Rahmen des Projektes ProKID*. Unveröffentlichte Bachelorarbeit an der Leibniz Universität Hannover
- Reichmann, H., Nepper, H. H., Meyer, R., & Eghtessad, A. (2022). Lernumgebungen zur Sensibilisierung für Lernendenvorstellungen. Videovignetten als probates Hilfsmittel zur Schulung von Reaktionsmodi im Unterricht. *MNU-Journal*, 75(5), 356–350.
- Ruppersberg, K. (2017). *Do's and Don't's des Experimentierens im Klassenverband. Classroom Management im Experimentalunterricht*. DOI 10.25656/01:15554
- Seidel, T., Blomberg, G., & Stürmer, K. (2010). „Observer“ – Validierung eines videobasierten Instruments zur Erfassung der professionellen Wahrnehmung von Unterricht. Projekt OBSERVE. Klieme, E. et al. [Hrsg.], *Kompetenzmodellierung. Zwischenbilanz des DFG Schwerpunktprogramms und Perspektiven des Forschungsansatzes*. Weinheim, Basel: Beltz, 296–306. (Zeitschrift für Pädagogik, Beiheft; 56) urn:nbn:de:0111-opus-34384
- Wiepke, A., Richter, E., Zender R., & Richter, D. (2019). Einsatz von Virtual Reality zum Aufbau von Klassenmanagement-Kompetenzen im Lehramtsstudium. *Die 17. Fachtagung Bildungstechnologien, Lecture Notes in Informatics (LNI), Gesellschaft für Informatik*, 133–144

Markus Elsholz¹
Thomas Trefzger¹

¹Universität Würzburg

Das akademische Selbstkonzept von Lehramtsstudierenden im Fächervergleich

Ausgangslage

Als selbstbezogene Kognition bündelt das Selbstkonzept (SK) einer Person ihre Vorstellungen von den eigenen Fähigkeiten in klar umgrenzten Domänen der individuellen Erfahrungswelt (Shavelson, Hubner & Stanton, 1976). Es handelt sich um ein hierarchisch organisiertes, multidimensionales, d. h. domänenspezifisches Konstrukt (Marsh & Craven, 2006), das starke Bezüge zum Identitätsbegriff aufweist (Elsholz, 2019). Es können akademische von nicht akademischen Facetten des Selbstkonzepts unterschieden werden (Marsh & Craven, 1996; Marsh, 2014). Die akademische Erfahrungswelt und die damit verbundene Identitätsarbeit von (angehenden) Lehrkräften findet maßgeblich im Spannungsfeld der Domänen Fachwissenschaft, Fachdidaktik und Erziehungswissenschaften statt (Shulman, 1986; Beijaard, Verloop & Vermunt, 2000; Bromme, 2014). Für Lehramtsstudierende der Physik konnte entsprechend gezeigt werden, dass drei Facetten des akademischen Selbstkonzepts empirisch trennbar sind, die sich auf die akademischen Domänen Fachwissenschaft Physik, Physikdidaktik und Erziehungswissenschaften beziehen (Elsholz, 2019).

Forschungsinteresse

In einer Folgestudie wurde die bestehende Operationalisierung des Konstrukts in den Teilfacetten Fachwissenschaft, Fachdidaktik und Erziehungswissenschaften für weitere naturwissenschaftliche Fachrichtungen (Biologie und Chemie) adaptiert. Folgende Forschungsfragen (FF) wurden untersucht:

- FF1: Lässt sich die in Bezug auf das Physikstudium gefundene Faktorstruktur des Konstrukts auch in Bezug auf andere Fachrichtungen reproduzieren?
- FF2: Inwieweit unterscheiden sich die domänenspezifischen Selbstkonzeptausprägungen zwischen den Fachbereichen?
- FF3: Inwieweit finden sich Unterschiede in den Korrelationen zwischen den Selbstkonzeptfacetten im Vergleich der Fachbereiche?

Stichprobe und Methodik

Das akademische Selbstkonzept wurde im Rahmen der Lehrveranstaltung Lehr-Lern-Labor-Seminar in den Fachbereichen Biologie, Chemie und Physik an der Universität Würzburg erhoben. Für die Analyse stehen zwei Datensätze (DS) zur Verfügung. DS1 umfasst die Daten von $N_1 = 90$ Physik-Lehramtsstudierenden, erhoben im Zeitraum von Sommersemester 2013 bis Wintersemester 2015/16, DS2 umfasst $N_2 = 127$ Datensätze aus dem Zeitraum Sommersemester 2018 bis Wintersemester 2019/20 aus den Fachbereichen Biologie ($n = 42$), Chemie ($n = 51$) und Physik ($n = 34$). Für die Analyse zu FF1 wurde ausschließlich DS2 herangezogen, für die verbleibenden FF wurden die beiden Datensätze kombiniert.

Die Selbstkonzeptfacetten (akSK) für die Domänen Fachwissenschaft (CK), Fachdidaktik (PCK) und die Erziehungswissenschaften (PK) wurden operationalisiert durch Items mit Bezug auf die wahrgenommene Begabung für das Studium („Beg“) und die empfundenen Herausforderungen beim Erlernen neuer Inhalte („Ler“) sowie dem Lösen von Aufgaben („Auf“). Die drei Bezüge wurden jeweils für die drei Domänen des Studiums adaptiert, sodass sich ein gemeinsamer Item-Stamm für alle drei Selbstkonzeptfacetten wiederfindet (vgl. Abb. 1). Eine ausführliche Dokumentation des Messinstruments findet sich bei Elsholz (2019).

Grundlage für die Analysen zu allen genannten Forschungsfragen ist das Modell in Abb. 1. Die dargestellte konfirmatorische Faktorenanalyse (CFA: Brown & Moore, 2015) wurde als Multigruppenmodell gerechnet, um die Daten aus den verschiedenen Fachbereichen vergleichen zu können. Das Modell beinhaltet Phantom-Konstrukte (Little, 2013), die es erlauben, die Korrelationen $r_{x,y}$ zwischen den Selbstkonzeptfacetten direkt zu modellieren. Aufgrund identischer Formulierungen der Stammitems „Beg“, „Ler“ und „Auf“ wurden die entsprechenden Residualkovarianzen modelliert (nicht gezeigt in Abb. 1).

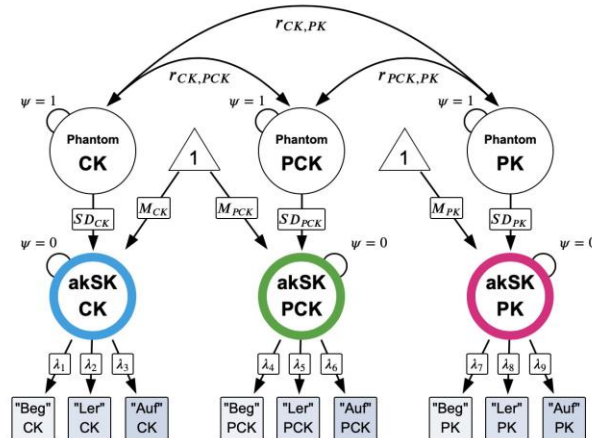


Abb. 1: Das Modell für die konfirmatorische Faktorenanalyse bietet die Grundlage für die Analysen zu allen drei Forschungsfragen. Zugunsten besserer Lesbarkeit in Kombination mit Tabelle 1 weichen die Bezeichnungen teilweise von der Literatur ab.

Ergebnisse

Zur Beantwortung der ersten Forschungsfrage wurde ein stark invariantes Dreigruppenmodell für die Daten aus DS2 aus den Fachbereichen Biologie, Chemie und Physik gerechnet. Die Fit-Indizes ($\chi^2(69) = 72.018$ n.s., $CFI = 0.995$, $RMSEA = 0.032$, $SRMR = 0.074$, vgl. Hu & Bentler, 1999) weisen auf eine sehr gute Modellpassung hin, d. h. bei den Studierenden aus allen drei untersuchten Fachbereichen lassen sich drei Facetten im akademischen Selbstkonzept empirisch trennen, die sich auf die jeweilige Fachwissenschaft, die jeweilige Fachdidaktik und die Erziehungswissenschaften beziehen.

Zur Analyse der Ausprägung des Selbstkonzepts in verschiedenen Fachbereichen und Domänen (FF2) und der Korrelationen zwischen den Selbstkonzeptfacetten (FF3) wurden die beiden Datensätze kombiniert. Tabelle 1 zeigt links die Mittelwerte der latenten Konstrukte

akSK CK/ -PCK/ -PK (vgl. Abb. 1) zusammen mit den jeweiligen Standardabweichungen. Die hochgestellten Ziffern bzw. Buchstaben dienen dem paarweisen Vergleich der SK-Facetten innerhalb eines Fachbereichs (Zeile, Ziffern) bzw. innerhalb einer Selbstkonzeptfacette (Spalte, Buchstaben). Werte mit unterschiedlichen Ziffern bzw. Buchstaben innerhalb einer Zeile bzw. Spalte unterscheiden sich signifikant ($p < .05$). In allen Fachbereichen zeigen sich signifikante Unterschiede in den SK-Ausprägungen in Bezug auf die Domänen CK, PCK und PK ($\Delta\chi^2$ signifikant für jede Zeile), wobei das fachwissenschaftliche SK stets am geringsten ausgeprägt ist und sich signifikant von dem SK bezüglich der Fachdidaktik abgrenzt. Mit Ausnahme des Fachbereichs Chemie übersteigt akSK PCK ebenfalls signifikant das SK bezüglich der Erziehungswissenschaften, dass sich (Ausnahme Chemie) nicht signifikant vom SK bezüglich der Fachwissenschaft absetzt. Innerhalb der SK-Facetten kann festgestellt werden, dass Studierende im Fachbereich Biologie im Vergleich zu Studierenden aus den anderen Fachbereichen signifikant höhere SK-Werte in den Domänen Fachwissenschaft und Fachdidaktik zeigen. Bezüglich der Erziehungswissenschaften zeigen sich keine signifikanten Unterschiede im Fächervergleich.

Tab. 1: Mittelwerte und Korrelationen für die Selbstkonzeptwerte (akSK) in den Domänen Fachwissenschaft (CK), Fachdidaktik (PCK) und Erziehungswissenschaften (PK).

| | Mittelwerte M (SD) | | | | Korrelationen r | | |
|-------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|-------------------|-----------------|--------------|-------------|
| | akSK CK | akSK PCK | akSK PK | $\Delta\chi^2(2)$ | $r_{CK,PCK}$ | $r_{PCK,PK}$ | $r_{CK,PK}$ |
| Physik (n=123) | 4.46 ^{1a} (1.10) | 5.02 ^{2a} (.85) | 4.74 ^{1a} (1.34) | 75.68 *** | .195 | .494 *** | -.301 ** |
| Biologie (n=42) | 4.86 ^{1b} (1.18) | 5.42 ^{2b} (.74) | 5.05 ^{1a} (1.14) | 19.94 *** | .059 | .511 ** | .066 |
| Chemie (n=51) | 4.11 ^{1a} (1.25) | 5.06 ^{2a} (.78) | 4.75 ^{2a} (1.19) | 76.58 *** | -.079 | .371 * | -.419 ** |
| $\Delta\chi^2(2)$ | 12.33 ** | 8.66 * | 2.10 n.s. | | | | |

In allen drei Fachbereichen sind die SK-Ausprägungen bezüglich der Domänen Fachwissenschaft und Fachdidaktik nicht korreliert (Tab. 1, rechts), für die Domänen Fachdidaktik und Erziehungswissenschaften ergeben sich hingegen moderate Korrelationen. Auffallend sind die signifikant negativen Korrelationen für die SK-Werte in den Domänen Fachwissenschaft und Erziehungswissenschaften in den Fachbereichen Physik und Chemie, nicht aber im Fachbereich Biologie.

Fazit und Ausblick

Es ist die Aufgabe von Lehrkräften, im Laufe ihres beruflichen Wirkens neben vielen anderen Einflussfaktoren die Domänen Fachwissenschaft, Fachdidaktik und Aspekte der Erziehungswissenschaften zu einer konsistenten professionellen (Lehrpersonen-)Identität zu integrieren, um ihre eigene Vorstellung zu konstruieren „of ‘how to be’, ‘how to act’ and ‘how to understand’ their work“ (Sachs, 2005, S. 15). Die dargestellten Ergebnisse, insbesondere zu den Korrelationen zwischen den SK-Facetten, deuten darauf hin, dass sich angehende Lehrkräfte bereits während des Studiums im Spannungsfeld der drei fachlichen Domänen systematisch zu positionieren beginnen. Es bleibt Gegenstand weiterer Forschung, durch welche hochschuldidaktischen Maßnahmen und Formate angehende Lehrkräfte bei der Ausbildung ihrer professionellen Identität zielführend unterstützt werden können (Izadinia, 2013).

Literatur

- Beijaard, D., Verloop, N., & Vermunt, J. D. (2000). Teachers' Perceptions of Professional Identity: An Exploratory Study from a Personal Knowledge Perspective. *Teaching and Teacher Education*, 16(7), 749–764.
- Bromme, R. (2014). *Der Lehrer als Experte: Zur Psychologie des professionellen Wissens*. Waxmann.
- Brown, T., A., & Moore, M., T. (2015). Confirmatory Factor Analysis. In R. H. Hoyle (Hrsg.), *Handbook of structural equation modeling* (S. 361–392). Guilford Press.
- Elsholz, M. (2019). Das akademische Selbstkonzept angehender Physiklehrkräfte als Teil ihrer professionellen Identität: Dimensionalität und Veränderung während einer zentralen Praxisphase. Logos Verlag.
- Izadinia, M. (2013). A review of research on student teachers' professional identity. *British Educational Research Journal*, 39(4), 694–713.
- Hu, L., & Bentler, P. M. (1999). Cutoff criteria for fit indexes in covariance structure analysis: Conventional criteria versus new alternatives. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, 6(1), 1–55.
- Little, T. D. (2013). The Measurement Model. In *Longitudinal Structural Equation Modeling* (S. 71-105). The Guilford Press.
- Marsh, H. W. (2014). Academic self-concept: Theory, measurement, and research. In *Psychological Perspectives on the Self, Volume 4* (S. 71-110). Psychology Press.
- Marsh, H. W., & Craven, R. (1996). Academic self-concept: Beyond the dustbowl. In *Handbook of classroom assessment* (S. 131-198). Academic Press.
- Marsh, H. W., & Craven, R. G. (2006). Reciprocal effects of self-concept and performance from a multidimensional perspective: Beyond seductive pleasure and unidimensional perspectives. *Perspectives on psychological science*, 1(2), 133-163.
- Sachs, J. (2005). Teacher education and the development of professional identity: Learning to be a teacher. In P. M. Denicolo & M. Kompf (Hrsg.), *Connecting policy and practice: Challenges for teaching and learning in schools and universities*. Routledge.
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.
- Shavelson, R. J., Hubner, J. J., & Stanton, G. C. (1976). Self-concept: Validation of construct interpretations. *Review of educational research*, 46(3), 407-441.

Natalia Spitha¹
Rüdiger Tiemann¹

¹Humboldt Universität zu Berlin

Simulationsbasierte Aktivitäten für Chemiestudierende

Lernumgebungen für den Chemieunterricht in der Sekundarstufe werden auf Grundlagen der aktuellen Lehr- und Lernforschung als auch der technologischen Fortschritte kontinuierlich bewertet und weiterentwickelt. Dieser Evaluierungs- und Verbesserungszyklus scheint sich jedoch viel weniger auf der Hochschulebene weiter fortzusetzen, wo das Chemiestudium „traditionell“ und eher passiv bleibt. Sowohl die Heterogenität im Vorwissen der ankommenden Studierenden (Busker et al., 2010) als auch die überproportionalen (ca. 50%) Abbruchquoten im Fach Chemie (Heublein et al., 2022) weisen darauf hin, dass eine große Anzahl von Studierenden von einer Umgestaltung des universitären Chemieunterrichts profitieren würde. Die Breite an neueren Strategien zur Förderung der Leistungen von Chemiestudierenden umfasst sowohl kleinere gezielte Interventionen (z.B. adaptives Feedback (Trauten et al., 2020), Scaffolding für die Argumentation (Lieber et al., 2022) und Simulationen für selbstreguliertes Lernen (Schwedler, 2019)) als auch umfangreiche Curriculum-Reformen (Pazicni et al., 2021). Darunter ist die Verwendung von Lernsimulationen eine besonders vielversprechende Strategie, denn die Kombination von Simulationen mit einem geeigneten Scaffolding kann das Lernen komplexer Konzepten vereinfachen und Studierende unterschiedlicher Vorbereitungsniveaus unterstützen (Chernikova et al., 2020; Schwedler & Kaldewey, 2020). In diesem von der Alexander-von-Humboldt-Stiftung geförderten Projekt werden die Auswirkungen einer Reihe von neu entwickelten simulationsbasierten Aktivitäten auf die Motivation und das Lernen von Studienanfänger im Fach Chemie untersucht. In diesem Beitrag werden die Prinzipien hinter der Entwicklung der Aktivitäten und das Studiendesign für ihre erste Umsetzung in einem Chemiekurs für Lehramtsstudierende zusammengefasst.

Studiendesign

Im Rahmen dieser Studie wurden insgesamt sechs simulationsbasierte Lerneinheiten für die Übungsseminare der Einführungskurse in Chemie konzipiert, welche die Themen Atombau (I), periodische Trends (II), chemische Bindung (III), Thermodynamik (IV), Säure und Basen (V) und Redoxreaktionen (VI) betreffen. Die Reihenfolge und die Inhalte der simulationsbasierten Aktivitäten wurden eng an die bestehenden Aufgaben angepasst, die für die Übungen verwendet werden. Durch dieses Design ist die Lernwirksamkeit der digitalen Lerneinheiten direkt vergleichbar zum „traditionellen“ Übungsformat. Jede Lerneinheit besteht aus einer schriftlichen Aufgabenreihe und einer HTML-Website mit Animationen und Simulationen, mit denen die Studierenden bei der Bearbeitung der Aufgabestellungen interaktiv arbeiten. Die Webseite enthält auch entsprechende Konstanten, Gleichungen und fakultative Hinweise, welche die Studierenden konsultieren können. Der Hauptteil jeder Lernumgebung soll während eines 90-minütigen Übungsseminars mithilfe eines Tablets bearbeitet werden, außer einer kürzeren Reihe von Vorbereitungsaufgaben (ca. 10 Min), welche die Studierenden mit den Repräsentationen, der Terminologie und der Simulationssteuerung im Voraus vertraut machen.

Die erste Umsetzung der simulationsbasierten Lernumgebungen soll im Wintersemester 2022-23 im Modul *Allgemeine und Anorganische Chemie* (AAC) erfolgen, welcher die Einführungsveranstaltung für Chemie-Lehramtsstudierende an der Humboldt – Universität zu Berlin ist. Studierende besuchen für diesen Kurs wöchentlich zwei Übungsseminare, die von zwei verschiedenen Kursverantwortlichen geleitet werden und für die unterschiedliche Materialien bearbeitet werden. Jeder der beiden Seminartypen wird zweimal in der Woche angeboten und die Studierenden sind in zwei Gruppen verteilt, so dass jede Gruppe jede Woche beide Seminartypen besucht (Abb. 1a). Die wöchentliche Zeiteinteilung der Übungsseminare ermöglicht ein „Crossover“-Kontrollgruppe-Studiendesign (siehe Abb. 1b), wobei beide Studierendengruppen die Möglichkeit haben, an der simulationsbasierten Aktivität teilzunehmen, während die andere Gruppe in derselben Woche, mit derselben Lehrperson und zum gleichen Thema, an der traditionellen Übungsformat teilnimmt. Die Auswirkungen der beiden Lernumgebungen auf die kognitiven und affektiven Bereiche werden jeweils mit Prä- und Posttests zu chemischen Inhalten und mit einer wöchentlichen Umfrage zur Selbstwirksamkeit erhoben.

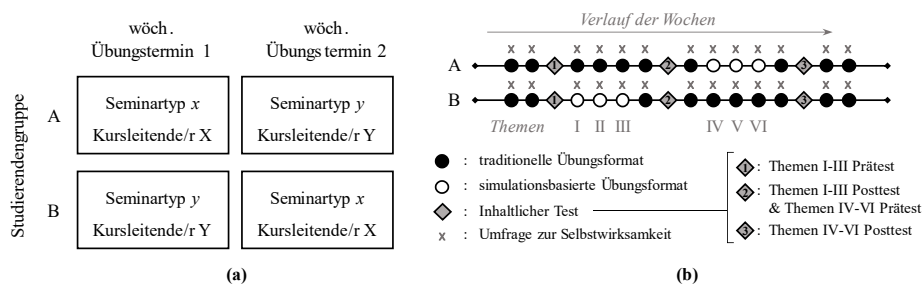


Abb. 1. (a) Wöchentliche Zeiteinteilung der besuchten Übungsseminare für zwei Studierendengruppen im Modul AAC. (b) Einteilung der simulationsbasierten Lerneinheiten und entsprechender Assessments im Laufe des Wintersemesters 2022-23.

In dieser Phase unserer Studie werden die folgenden Forschungsfragen beantwortet:

- Inwiefern beeinflusst die Teilnahme an simulationsbasierten Aktivitäten den fachlichen Lernzuwachs von Studienanfänger in Chemie?
- Inwiefern beeinflusst die Teilnahme an simulationsbasierten Aktivitäten die Selbstwirksamkeit und Motivation von Chemiestudierenden?

Design-Elemente der simulationsbasierten Aktivitäten

Die Simulationen für Interaktives Lernen in Chemie (SILC) und die begleitenden Aktivitäten wurden mit Rücksicht sowohl auf bestimmte Zielkompetenzen als auch auf zuvor ermittelte Bereiche mit Verbesserungspotenzial bei dem existierenden Übungsformat entwickelt. Insbesondere wurden die Aktivitäten zu den folgenden Prinzipien angepasst:

- *Scaffolding* (Reiser, 2004): die Strukturierung der Aktivitäten zielt darauf ab, das Vorwissen der Studierenden visuell und durch Vorbereitungsaufgaben, Hinweise und Fragmentierung der Fragen schrittweise und in produktiver Weise zu aktivieren.
- „dreidimensionales“ Lernen (*3D-Learning Framework*): durch die Strukturierung der Aktivitäten nach naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen (*scientific practices*)

sollen die Studierenden ihr Wissen mit den Kernideen der Chemie und mit fachübergreifenden Konzepten verknüpfen (National Research Council, 2012). Insbesondere liegt für SILC der Schwerpunkt auf der Modellierung und der Konstruktion von Erklärungen.

- Gruppenarbeit: die Aktivitäten werden im eigenen Tempo durchgeführt, bieten aber explizite Punkte für Diskussionen in kleinen Gruppen. Dies soll die Teilnahme aller Studierenden fördern.

Die Aktivitäten begleitet eine Mischung von neu entwickelten, Open-Source Simulationen (D3.js, VPython, HTML) und eingebetteten bzw. modifizierten bestehenden Simulationen.

Schwerpunkte der inhaltlichen Tests

Drei schriftliche Tests werden während des Semesters durchgeführt, die insgesamt einen Prä-Post-Vergleich für jedes Simulationsthema ermöglichen (s. Abb. 1b). Der Schwerpunkt der Beurteilung liegt auf der Fähigkeit der Studierenden, Erklärungen zu konstruieren und Modelle zur naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung zu verwenden. Die Tests bestehen aus einer mehrteiligen Frage pro Aktivitätsthema, die auf eine Kernidee (z.B. Energie) abzielt und auch häufig dokumentierte Fehlvorstellungen aufdecken könnte (z.B., „exothermes“ Brechen von Bindungen (Galley, 2004)). Die Prä- und Post-Fragen sind für jedes Thema weitgehend identisch.

Longitudinale Messung der Selbstwirksamkeit (wöchentliche Umfrage)

Die akademische Leistung und die Identifizierung eines/einer Studierenden mit dem Studienfach (Graham et al., 2013; Heublein, 2014; Hosbein & Barbera, 2020) stehen über das Konstrukt der Selbstwirksamkeit (Bandura, 1986) in engem Zusammenhang mit der Studienmotivation. In dieser Studie wird untersucht, inwiefern die Unterstützung von den simulationsbasierten Aktivitäten die Selbstwirksamkeit fördert (z.B. durch Erfolgserlebnisse und Interesse), was auch später zu Verbesserungen in der Studienmotivation führen könnte (Flowers III & Banda, 2016). Daher werden die Studierenden wöchentlich am Ende eines Seminars einen 13-item Online-Fragebogen ausfüllen, der verschiedene Konstrukte der Studienmotivation (Erfolgserlebnisse und Interessenniveau während der Übung, wahrgenommene Unterstützung und Selbstwirksamkeit in Bezug auf den Kurs) abfragt. Ziel ist zum einen, die Beziehung zwischen diesen Variablen und der – auch wöchentlich abgefragten – Studienmotivation zu validieren und zum anderen, eventuelle Korrelationen zwischen den zeitlichen Veränderungen in der Motivation eines/einer Studierenden und dem Übungsformat, woran er oder sie teilnimmt, aufzudecken.

Verfügbarkeit der SILC-Simulationen

Zum Zeitpunkt der Abfassung dieses Tagungsbeitrags sind fünf von sechs Aktivitäten online unter <https://tcel-hu-berlin.github.io/silc-links> verfügbar.

Förderung

Dieses Projekt wird durch die Unterstützung der Alexander-von-Humboldt-Stiftung ermöglicht.

Literatur

- Bandura, A. (1986). *Social foundations of thought and action: A social cognitive theory* (pp. xiii, 617). Prentice-Hall, Inc.
- Busker, M., Parchmann, I., & Wickleder, M. (2010). Eingangsvoraussetzungen von Studienanfängern im Fach Chemie. *CHEMKON*, *17*(4), 163–168. <https://doi.org/10.1002/ckon.201010134>
- Chernikova, O., Heitzmann, N., Stadler, M., Holzberger, D., Seidel, T., & Fischer, F. (2020). Simulation-Based Learning in Higher Education: A Meta-Analysis. *Review of Educational Research*, *90*(4), 499–541. <https://doi.org/10.3102/0034654320933544>
- Flowers III, A. M., & Banda, R. (2016). Cultivating science identity through sources of self-efficacy. *Journal for Multicultural Education*, *10*(3), 405–417. <https://doi.org/10.1108/JME-01-2016-0014>
- Galley, W. C. (2004). Exothermic Bond Breaking: A Persistent Misconception. *Journal of Chemical Education*, *81*(4), 523. <https://doi.org/10.1021/ed081p523>
- Garard, D. L., Lippert, L., Hunt, S. K., & Paynton, S. T. (1998). Alternatives to traditional instruction: Using games and simulations to increase student learning and motivation. *Communication Research Reports*, *15*(1), 36–44. <https://doi.org/10.1080/08824099809362095>
- Graham, M. J., Frederick, J., Byars-Winston, A., Hunter, A.-B., & Handelsman, J. (2013). Increasing Persistence of College Students in STEM. *Science*, *341*(6153), 1455–1456. <https://doi.org/10.1126/science.1240487>
- Heublein, U. (2014). Student Drop-out from German Higher Education Institutions. *European Journal of Education*, *49*(4), 497–513. <https://doi.org/10.1111/ejed.12097>
- Heublein, U., Hutzsch, C., & Schmelzer, R. (2022). *Die Entwicklung der Studienabbruchquoten in Deutschland*. 13.
- Hosbein, K., & Barbera, J. (2020). Development and evaluation of novel science and chemistry identity measures. *Chemistry Education Research and Practice*, *21*(3), 852–877. <https://doi.org/10.1039/C9RP00223E>
- Lieber, L. S., Ibraj, K., Caspari-Gnann, I., & Graulich, N. (2022). Closing the gap of organic chemistry students' performance with an adaptive scaffold for argumentation patterns. *Chemistry Education Research and Practice*. <https://doi.org/10.1039/D2RP00016D>
- National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas* (T. Keller, Ed.). National Academies Press.
- Pazicni, S., Wink, D. J., Donovan, A., Conrad, J. A., Darr, J. P., Morgan Theall, R. A., Richter-Egger, D. L., Villalta-Cerdas, A., & Walker, D. R. (2021). The American Chemical Society General Chemistry Performance Expectations Project: From Task Force to Distributed Process for Implementing Multidimensional Learning. *Journal of Chemical Education*, *98*(4), 1112–1123. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00986>
- Reiser, B. J. (2004). Scaffolding complex learning: The mechanisms of structuring and problematizing student work. *Journal of the Learning Sciences*, *13*(3), 273–304. https://doi.org/10.1207/s15327809jls1303_2
- Schwedler, S. (2019). Wie schnell sind die Teilchen denn jetzt? Studienanfänger entwickeln dynamische Vorstellungen zur Maxwellverteilung mit BIRC. *CHEMKON*, *26*(1).
- Schwedler, S., & Kaldewey, M. (2020). Linking the submicroscopic and symbolic level in physical chemistry: How voluntary simulation-based learning activities foster first-year university students' conceptual understanding. *Chemistry Education Research and Practice*, *21*(4), 1132–1147. <https://doi.org/10.1039/C9RP00211A>
- Trauten, F., Eitemüller, C., & Walpuski, M. (2020). Evaluation adaptiven Feedbacks in Online-Aufgaben in der Chemie. *GDCP Jahrestagung, Wien, 2019*, 884–887.

Antonia Kirchhoff¹
 Josia Hoppmann¹
 Stefanie Schwedler¹

¹Universität Bielefeld

Lehren mit Simulationen für Chemie-Lehramtsstudierende

Ausgangslage

Im Zuge der digitalen Transformation der Bildungslandschaft sind digitalisierungsbezogene Kompetenzen für Lehrkräfte ein integraler Teil ihres unterrichtlichen Wirkens (KMK, 2016; Maxton-Küchenmeister & Meßinger-Koppelt, 2020). Entgegen der Annahme, junge Lehrkräfte brächten diese Kompetenzen als *digital natives* bereits mit, fehlt es insbesondere Lehramtsstudierenden nachweislich an Affinität für das Arbeiten im digitalen Raum (Vogelsang et al., 2019). Damit steht die universitäre Lehramtsausbildung vor der Aufgabe, angehende Lehrer*innen in der digital gestützten Lehre auszubilden. Entsprechend wurden in den vergangenen Jahren verschiedene Kompetenzmodelle entwickelt. Dabei kann zwischen allgemeinpädagogischen Modellen einerseits (vgl. z. B. TPaCK-Modell und DigiCompEdu) und spezifisch für Lehrkräfte in den Fächern der Naturwissenschaften entwickelten Modellen andererseits (vgl. DiKoLAN, Digitale Kompetenzen für das Lehramt in den Naturwissenschaften; Becker et al., 2020) unterschieden werden. Der DiKoLAN-Rahmen zeigt sieben Kompetenzbereiche auf, die jeweils in Übereinstimmung mit dem TPaCK-Modell (Mishra & Koehler, 2006) in konkrete Kompetenzanforderungen aufgeteilt sind. Die Kompetenzbereiche selbst werden in allgemeinere und fachspezifischere Kompetenzen unterschieden.

Zu den fachspezifischeren Kompetenzen gehört der Bereich *Simulation und Modellierung*, welcher eine besondere Anschlussfähigkeit an die Chemie aufweist. Diese ergibt sich für den Chemieunterricht dabei aus einer dualen Perspektive: Einerseits können modellbasierte Simulationen aus didaktischer Sicht dazu genutzt werden, komplexe Systeme besser zu verstehen (Landriscina, 2014; Schwedler & Kaldewey, 2019). Sie können dabei sowohl zur Visualisierung der notorisch schwer zugänglichen submikroskopischen Ebene (Johnstone, 2000) dienen als auch als Instrumente der Erkenntnisgewinnung dazu genutzt werden, Hypothesen zu testen, Phänomene zu erklären oder Voraussagen für das Verhalten auf makroskopischer Ebene zu machen. Damit eignen sie sich insbesondere zur Vermittlung chemischer Inhalte im Unterricht. Diese Perspektive kann als Lernen *mit* Simulationen bezeichnet werden.

Darüber hinaus müssen Schüler*innen in der epistemologischen Einordnung von Simulationen und ihren Ergebnissen geschult werden (Seoane, Greca & Arriasecq, 2022). Dabei müssen sie verstehen, wie Simulationen epistemologisch funktionieren. Aus dieser Metaperspektive auf Simulationen heraus können sie als mündige Bürger*innen an aktuellen Diskursen teilnehmen. Für solche gewinnen Simulationen derzeit zunehmend an Relevanz; Simulationsergebnisse werden vielfach als Grundlage politischer Entscheidungen genutzt. So prägen die aus Simulationen gewonnenen Daten den Diskurs zu Themen der aktuellen Klimaforschung entscheidend mit. Um diese reflektierende Position einnehmen zu können, braucht es Lehrkräfte, die den Blickwinkel der *scientific literacy* kennen und in ihre Unterrichtsgestaltung übernommen haben. Diese Perspektive kann als Lernen *über* Simulationen bezeichnet werden.

Zusammengenommen müssen Lehramtsstudierende der Chemie also sowohl im didaktisch versierten Einsatz computerbasierter Simulationen als auch in der epistemologischen Interpretation dieser im Hinblick auf die Vermittlung von *scientific literacy* ausgebildet werden. Diese Ausbildung soll schwerpunktmäßig an der Universität Bielefeld in einer eigens entwickelten Lehrveranstaltung vorgenommen werden, die im Rahmen der Lernwerkstatt „ChemieDidaktikDigital“ konzipiert wird.

Die Lernwerkstatt „ChemieDidaktikDigital“

Zielsetzung und Fragestellung

Im Rahmen des universitätsweiten Projekts BiLinked (Bielefelder Lehrinnovationen für kollaborative Entwicklung digitaler Lehr-/Lernformate) wird in der Chemiedidaktik eine Lehrveranstaltung zur Förderung digitalisierungsbezogener Kompetenzen angehender Chemielehrkräfte im Bereich *Präsentation* und *Simulation und Modellierung* entwickelt. Ziel der Lernwerkstatt ist es, die Professionalisierung der Studierenden durch projektbasiertes Lernen um die Facette digitalisierungsbezogener Kompetenzen zu erweitern (Meier et al., 2021, S. 184). Kern der Lehrveranstaltung sind digitale Lerneinheiten, die von den Studierenden selbstgeleitet genutzt werden können. In Bezug auf den Forschungsschwerpunkt des Lernens über Simulationen werden die folgenden Fragen in den Blick genommen:

- Wie kann die Simulations- und Modellierungskompetenz von Lehramtsstudierenden der Chemie gefördert werden?
- Inwiefern verändert sich das Modellverständnis von Simulationen durch die Bearbeitung digitaler Selbstlerneinheiten?

Methodik und design based research

Die Lerneinheiten werden dem *design based research*-Konzept folgend (u.a. Wilhelm & Hopf, 2014) konzipiert und evaluiert. Diese Methode bietet sich zur Entwicklung des Lehrkonzeptes besonders an, um dem Theorie-Praxis-Problem der Designforschung zu entgehen und lehrpraktische Relevanz mit aktuellen Forschungserkenntnissen zu verbinden. Gleichzeitig leistet die in aufbauende Iterationszyklen unterteilte Struktur die Möglichkeit, die Konzeptentwicklungen einer systematisch-empirischen Prüfung zu unterziehen und dabei sukzessive zu verbessern (Wilhelm & Hopf, 2014).

Die allgemein-konzeptionelle Entwicklung erfolgte mit Projektbeginn im Wintersemester 2021/22 angelehnt an die Schritte zur Gestaltung von *e-learning*-Modulen (Arnold et al., 2015) und vor dem Hintergrund gestalterischer Überlegungen der Multimedia-theorie (Mayer, 2017). Es entstanden Lerneinheiten zu den Bereichen *Präsentieren* und *Simulationen*. Die Lerneinheit zum Lernen über Simulationen soll durch eine Interviewstudie im Prä-Post-Design evaluiert werden. Ein problemzentriertes Interview wird dabei durch *concept maps*, die als Erhebungsinstrument genutzt werden, ergänzt.

Die Konzeption der Lerneinheit

In diesem Abschnitt wird die konkrete Entwicklung, Ausgestaltung und Evaluation am Beispiel der Lerneinheit zum Lernen über Simulationen vorgestellt, die ihren Fokus auf der epistemologischen Interpretation von Simulationen im naturwissenschaftlichen Forschungszusammenhang hat. Die Auswahl und Zusammenstellung der in den Einheiten vermittelten In-

halte erfolgte nach intensiver Recherche fachwissenschaftlicher und fachdidaktischer Erkenntnisse (u.a. Terzer & Upmeyer zu Belzen, 2008; Winsberg, 2010; Grüne-Yanoff & Weirich, 2010; Rost & Knuutila 2022). Themenübergreifend sind die Einheiten aus drei aufeinander aufbauenden Abschnitten zusammengesetzt:

Im ersten Abschnitt erfolgt eine erste Einleitung in das jeweilige Thema der Lerneinheit. Mittelpunkt dieses ersten Abschnitts ist ein sogenanntes *advance organizer*-Video (AO-Video; Hoppmann, 2022). Dabei handelt es sich um eine Verbindung der *advance organizer*-Konzeption nach Ausubel (1960) mit der Konzeption eines Erklärvideos. Durch das AO-Video erhalten die Studierenden die Möglichkeit, eine bereits früh im Erkenntnisprozess vermittelte Expert*innenstruktur aufzubauen, um die im Anschluss vermittelten Inhalte anschlussfähiger zu machen. In der Einheit zum Lernen über Simulationen wird ihnen ein Überblick in fünf Inhaltsblöcke (*Definition von Simulationen, Verhältnis zur Realität, Funktionen in der Wissenschaft, Wissenschaftliche Güte und Gesellschaftliche Relevanz*) gegeben.

Der zweite Abschnitt dient dazu, die verschiedenen Inhaltsblöcke des AO-Videos zu vertiefen und die aufgebaute Expert*innenstruktur zu nutzen, um sie mit Inhalt zu füllen (vgl. Abb.1). Die Vertiefung ist dabei durch eine hohe inhaltliche Wahlfreiheit gekennzeichnet.

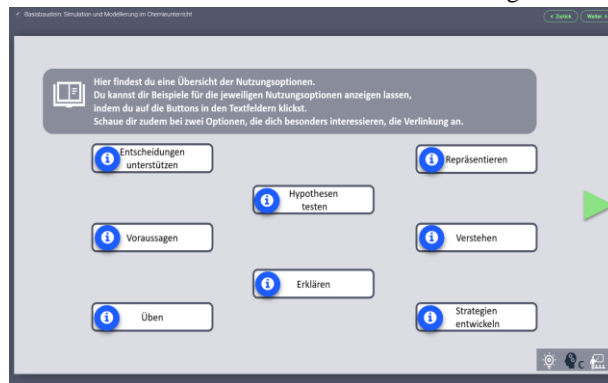


Abb. 1: Vertiefungsaufgabe zum Block „Funktionen in der Wissenschaft“.

Im dritten Abschnitt haben die Studierenden die Möglichkeit, sich an einer ersten Anwendung des erworbenen Wissens im unterrichtlichen Kontext zu versuchen. In der Lerneinheit zum Lernen über Simulationen sollen sie eine PhET-Simulation (PhET, 2022) hinsichtlich ihres Modellcharakters analysieren und dabei beispielsweise arbiträre Designentscheidungen von bewusst dem Ausgangssystem nachempfundenen Elementen unterscheiden.

Pilotierung und Ausblick

In einem ersten Erhebungszyklus wurde die *usability* der Lerneinheitskonzeption im Rahmen einer *think aloud*-Erhebung pilotiert (N=7; Stumpenhagen, 2022). Die Ergebnisse der *usability*-Untersuchung deuten auf geringe Schwierigkeiten in der Interaktion mit der digitalen Lernumgebung hin. Dem *design based research*-Konzept folgend, wurden die sich aus der Pilotierung ergebenden Hinweise zur Überarbeitung umgesetzt. Auch der Einsatz von *concept maps* als Erhebungsinstrument wurde pilotiert.

Zukünftig wird die entsprechend überarbeitete Einheit zur Epistemologie von Simulationen („Lernen über Simulationen“) in einer qualitativen Interviewstudie im Prä-Post-Design erhoben. Dabei wird die zentrale Fragestellung nach dem Einfluss der Lerneinheitbearbeitung auf

das Modellverständnis von Simulationen und die Veränderung der Interpretation von Simulationen als epistemologische Instrumente in den Blick genommen. Zusätzlich werden derzeit aufbauende Lerneinheiten entwickelt, die von den Studierenden noch selbstgeleitet genutzt werden können und sie bei der Gestaltung eigenen Unterrichts unterstützen.

Literatur

- Arnold, P., Kilian, L., Thillosen, A. & Zimmer, G. M. (2015), Handbuch E-Learning – Lehren und Lernen mit digitalen Medien. Bielefeld: Bertelsmann.
- Ausubel, D. P. (1960). The use of advance organizers in the learning and retention of meaningful verbal material. *Journal of Educational Psychology*, 51(5), 267–272.
- Becker, S., Bruckermann, T., Finger, A., Huwer, J., Kremser, E., Meier, M. et al. (2020). Orientierungsrahmen Digitale Kompetenzen für das Lehramt in den Naturwissenschaften - DiKoLAN. In S. Becker, J. Meßinger-Koppelt & C. Thyssen (Hrsg.), *Digitale Basiskompetenzen. Orientierungshilfe und Praxisbeispiele für die universitäre Lehramtsausbildung in den Naturwissenschaften*. Hamburg: Joachim Herz Stiftung, 14 – 43.
- Grüne-Yanoff, T. & Weirich, P. (2010). The Philosophy and Epistemology of Simulation: A Review. *Simulation & Gaming*, 41(1), 20–50.
- Hoppmann, J. (2022). Qualitätskriterien für ein Advance-Organizer-Video. Bielefeld: Unveröffentlichte Bachelorarbeit.
- Johnstone, A. H. (2000). Chemical Education Research: Where from here? *University Chemistry Education* 4 (1), 34 – 38.
- Kulgemeyer, C. (2019). Qualitätskriterien zur Gestaltung naturwissenschaftlicher Erklärvideos. In C. Maurer (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung in Kiel 2018*. Universität Regensburg.
- Kultusministerkonferenz. (2016). *Bildung in der digitalen Welt. Strategie der Kultusministerkonferenz*
- Landriscina, F. (2013). *Simulation and learning: A model-centered approach*. New York, Heidelberg: Springer.
- Maxton-Küchenmeister, J. & Meßinger-Koppelt, J. (2020). Digitale Kompetenzen im naturwissenschaftlichen Lehramtsstudium: Eine Einführung. In S. Becker, J. Meßinger-Koppelt & C. Thyssen (Hrsg.), *Digitale Basiskompetenzen: Orientierungshilfe und Praxisbeispiele für die universitäre Lehramtsausbildung in den Naturwissenschaften*, 4-7.
- Mayer, R. E. (2017). Using multimedia for e-learning. *Journal of Computer Assisted Learning*, 33(5), 403–423.
- Meier, M., Thyssen, C., Becker, S., Bruckermann, T., Finger, A., Kremser, et al. (2021). Digitale Kompetenzen für das Lehramt in den Naturwissenschaften – Beschreibung und Messung von Kompetenzziele der Studienphase im Bereich Präsentation. In *Bildung in der digitalen Transformation*; Wollersheim, H.-W., Pengel, N., Eds.; Münster: Waxmann, 185–190.
- Mishra, P. & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers college record*, 108(6), 1017–1054.
- PhET (2022). Website der Initiative “PhET interactive simulations”. URL: <https://phet.colorado.edu/de/> [17. 10. 22].
- Rost, M. & Knuutila, T. (2022). Models as Epistemic Artifacts for Scientific Reasoning in Science Education Research. *Education Sciences*, 12(4), 276.
- Schwedler, S. & Kaldewey, M. (2020). Linking the submicroscopic and symbolic level in physical chemistry: how voluntary simulation-based learning activities foster first-year university students’ conceptual understanding. *Chemistry Education Research and Practice*, 21(4), 1132–1147.
- Seoane, M. E., Greca, I. M. & Arriasec, I. (2022). Epistemological aspects of computational simulations and their approach through educational simulations in high school. *SIMULATION*, 98(2), 87–102.
- Stumpenhagen, S. (2022). Analyse gestalterischer Kriterien und Usability der digitalen Lerneinheit des Projekts *ChemieDidaktikDigital (CD₂)* zum Thema *Digitales Präsentieren mit Erklärvideos*. Bielefeld: Unveröffentlichte Masterarbeit.
- Terzer, E. & Upmeyer zu Belzen, A. (2007). Naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung durch Modelle – Modellverständnis als Grundlage von Modellkompetenz. *Berichte des Instituts für Didaktik der Biologie der Universität Münster (IDB)*, 16, 33-56.
- Vogelsang, C., Finger, A., Laumann, D. & Thyssen, C. (2019). Vorerfahrungen, Einstellungen und motivationale Orientierungen als mögliche Einflussfaktoren auf den Einsatz digitaler Werkzeuge im naturwissenschaftlichen Unterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 25(1), 115–129.
- Wilhelm, T. & Hopf, M. (2014). Design-Forschung. In *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung*. Berlin, Heidelberg: Springer, 31-42.
- Winsberg, E. B. (2010). *Science in the age of computer simulation*. Chicago: The Univ. of Chicago Pr.

Jenna Koenen¹
Dominik Diermann¹

¹Technische Universität München

Visualisierungen von Vernetzungen im Chemie-Lehramtsstudium – Vorstellung der „Vernetzungskarte“

Theorie

Viele Lehramtsstudierende berichten während oder nach ihrem Studium über eine fehlende Vernetzung und Kohärenz der Studieninhalte (vor allem in der Fachwissenschaft) (Lersch, 2006). Diese Problematik ist unter anderem auch auf die sogenannten Probleme der *Marginalisierung* (gefühlte Abseitsstellung der Lehrerbildung im Vergleich zum Hauptfachstudium), *Fragmentierung* (subjektiv erlebte Trennung von Fachwissenschaft, Fachdidaktik und Bildungswissenschaften) und *Segmentierung* (Dreiteilung der Ausbildung in Universität, Studienseminar und Fortbildungsinstitute) zurückzuführen (z.B. Meier, Ziepprecht & Mayer, 2018). Diese Umstände resultieren schnell in tragem Wissen, geringer Wertschätzung und/oder einem Marginalisierungsgedanken sowie einem sogenannten Abgrenzungskonzept (Winkler, 2015), wonach Studierende die Studieninhalte als getrennt voneinander wahrnehmen. Zudem besteht die Gefahr einer fehlenden Berufsfeldorientierung und einer subjektiv geringen Relevanzwahrnehmung einiger Studieninhalte. Es ergibt sich die Notwendigkeit, über Möglichkeiten nachzudenken, um die Kohärenzwahrnehmung von Lehramtsstudierenden während ihres Studiums zu steigern. Dies kann beispielweise implizit durch gemeinsame Lehrveranstaltungen des Fachs und der Fachdidaktik oder explizit durch das Aufzeigen von inhaltlichen Verbindungen und Vernetzungen geschehen. Dieses Kohärenzerleben bzw. die Wahrnehmung von Verzahnung und Vernetzungen spielt ebenfalls im Angebots-Nutzungs-Modell hochschulischer Kohärenzbildung nach Hellmann et al. (2021) eine große Rolle und scheint zudem positive Effekte auf die Motivation und den Kompetenzerwerb von Studierenden (Goh & Canrinus, 2019) zu haben. Das Verständnis von Vernetzungen zwischen den Studieninhalten aus Fach und Fachdidaktik bzw. vernetztes Lernen während dem Studium bilden die Grundlage für eine professionsorientierte Expertise von Lehramtsstudierenden (Krauss & Bruckmaier, 2014) und sind demnach insgesamt erstrebenswerte Zielsetzungen.

Forschungsfrage und Methode

An dieser Stelle setzt ein neu entwickeltes Tool, die sogenannte „Vernetzungskarte“ an. Diese wurde als Poster präsentiert und soll durch das Aufzeigen von Vernetzungen der Studieninhalte des Chemie-Lehramtsstudiums (curriculare Vernetzung) ein größeres subjektives Kohärenzerleben der Studierenden bewirken.

Dazu wurden die Forschungsfragen

- 1. *Wie lässt sich die Kohärenzwahrnehmung zwischen Chemie und Chemiedidaktik der Studierenden (kontinuierlich im Studium) steigern?*
- 2. *Wie können Vernetzungen zwischen einzelnen Lehrveranstaltungen und deren Inhalte für Studierende und Dozierende aufgezeigt werden?*

formuliert. Die „Vernetzungskarte“ visualisiert hierzu die Vernetzungen zwischen den Inhalten der unterschiedlichen Lehrveranstaltungen im Fach und in der Fachdidaktik Chemie, wobei sie diese anhand konkreter Fachinhalte und Materialien als online Miro-Board darstellt. Die Karte enthält dazu einen Überblick über die Fachinhalte aller Module des Chemie-Studiums geordnet nach deren Vorkommen laut Studienplan (vgl. Abbildung 1). Zudem beinhaltet die Karte inter- und intramodulare Vernetzungen zwischen den Inhalten jeder Lehrveranstaltung als beschriftete Pfeile (vgl. ein Beispiel in Abbildung 2). Studierende können dann selbstgesteuert zwischen den Inhalten der Karte navigieren. Das Tool soll allen Studierenden bereits zu Beginn und während des Studiums frei zur Verfügung stehen. Dadurch werden ihnen verschiedene (curriculare) Vernetzungen innerhalb der Chemie und zwischen Chemie und Chemiedidaktik deutlich gemacht, was als verzahntes Lernangebot (Angebots-Nutzungs-Modell nach Hellmann et al., 2021) das vernetzte Lernen unterstützen soll. Speziell für Studienanfänger*innen dient die Karte als Orientierungshilfe und Überblick über die Organisation, Struktur und Inhalte des Studiums.

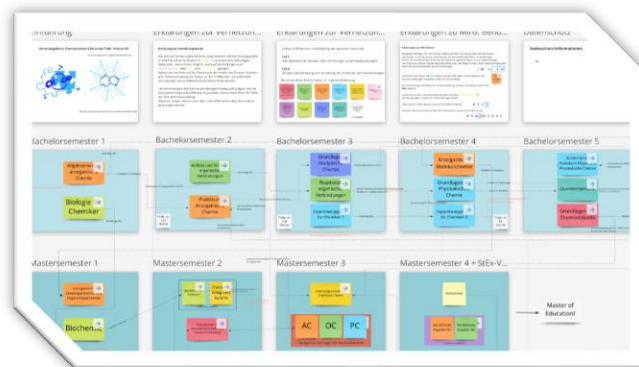


Abb. 1: Screenshot aus der Vernetzungskarte: Übergeordnete Ebene.

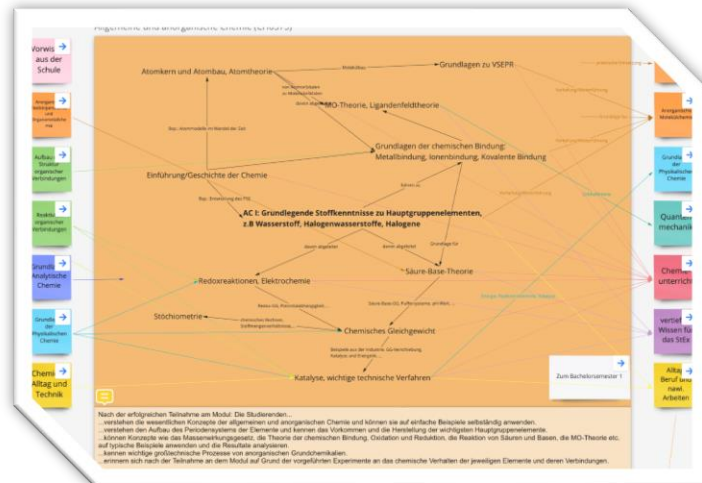


Abb. 2: Screenshot aus der Vernetzungskarte: Beispielhafte Lehrveranstaltung mit Inhalten und beschrifteten Vernetzungspfeile.

Die Vernetzungskarte zeigt darüber hinaus auch für Dozierende das Potential, Kooperationen zwischen Lehrveranstaltung anzuregen bzw. Anreize zur Kohärenzfördernden Zusammenarbeit oder inhaltlichen Abstimmung im Studienplan zu schaffen. Das Tool wurde auf Basis der Modulhandbücher, Vorlesungsunterlagen und Gesprächen mit verantwortlichen Personen entwickelt und in der Entwicklung im Hinblick auf Inhalte, Akzeptanz und Gestaltung durch Dozierenden ($N = 8$) - und Studierendeninterviews ($N = 9$) evaluiert. In semi-strukturierten Interviews wurden Fragen zu den Inhalten, Vernetzungen, Einsatzmöglichkeiten und Verständlichkeit des Tools gestellt. Hiernach wurden die Interviews transkribiert und mittels qualitativer Inhaltsanalyse ausgewertet.

Ergebnisse

Der aktuelle Ergebnisstand aus den Validierungsinterviews legt die Vermutung nahe, dass es sich (nach Anpassungen in Gestaltung und einzelnen Inhalten) bei der „Vernetzungskarte“ um ein akzeptiertes und ein als lernförderlich eingeschätztes Orientierungswerkzeug handelt, welches das Studium erleichtert und die Relevanz der Studieninhalte durch Vernetzungen visualisiert. Die Auflistung der fachlichen Inhalte und Vernetzungen sind überwiegend passend und korrekt. Unpassende Inhalte und Vernetzungen werden aktuell korrigiert. Studierende und Dozierende schätzen die Karte als nachvollziehbar und gewinnbringend ein, um vernetzter zu lernen und einen Überblick über das Studium und dessen Inhalte zu erhalten. Darüber hinaus würden Dozierende auch Kooperationen eingehen und freuen sich über eine Plattform zum Austausch und Überblick (z.B. bietet die Karte wichtige Informationen über die Lernvoraussetzungen und Zielsetzungen der Studierenden). Die zusätzlichen Vorschläge der Interviewteilnehmer*innen zur optischen Gestaltung, Usability und weitere Ideen werden aktuell hinterfragt und ggf. eingearbeitet.

Ausblick

Die „Vernetzungskarte“ wird perspektivisch stetig weiterentwickelt, an verschiedene Chemie-Studiengänge (gymnasiales und berufliches Lehramt unterschiedlicher Fachkombinationen) angepasst und mit verschiedenen vernetzenden Lehr-Lernmaterialien (z.B. Skizzen zur Unterrichtsplanung aus verzahnter fachlicher und fachdidaktischer Perspektive) angereichert. Dadurch kann sie im Studium und der Lehre möglichst gewinnbringend eingesetzt werden, sodass Studierende ihr Potential ausschöpfen können und dadurch ihre fachspezifische Kohärenzwahrnehmung steigern, was letztlich den eingangs genannten Problemen entgegenwirkt. Derzeit finden Diskussionen und Überlegungen zur optimalen Umsetzung und weiteren Einsatzmöglichkeiten statt. Ein geplanter Ansatz besteht darin, verschiedene komplexe Versionen für Studienanfänger (zur Orientierung und Überblick), Fortgeschrittene (zur Identifikation von inhaltlichen Vernetzungen) und Dozierende (zur Abstimmung und Austausch über Lernvoraussetzungen und der Adaption des Studienplans) zu erstellen und über verschiedene Kanäle zu verbreiten.

Literatur

- Goh, P. S. C. & Canrinus, E. T. (2019). Preservice teachers' perception of program coherence and its relationship to their teaching efficacy. *Pertanika Journal of Social Sciences & Humanities*, 27 (2), 27-45.
- Hellmann, K., Ziepprecht, K., Baum, M., Glowinski, I., Grospietsch, F., Heinz, T., Masanek, N., & Wehner, A. (2021). Kohärenz, Verzahnung und Vernetzung - Ein Angebots-Nutzungs-Modell für die hochschulische Lehrkräftebildung. *Lehrerbildung auf dem Prüfstand*, 2, 311–332.
- Krauss, S. & Bruckmaier, G. (2014) *Das Expertenparadigma in der Forschung zum Lehrerberuf*. In: Terhart, Ewald, Bennewitz, Hedda, Rothland, Martin, (Hrsg.) *Handbuch der Forschung zum Lehrerberuf 2.* überarbeitete und erweiterte Auflage. Waxmann, Münster, S. 241-261. ISBN 978-3-8309-3075-4; 978-3-8309-8075-9
- Lersch, R. (2006) *Lehrerbildung im Urteil der Auszubildenden. Eine empirische Studie zu beiden Phasen der Lehrerausbildung* In: C. Allemann-Ghionda, E. Terhart (Hrsg.) *Kompetenzen und Kompetenzentwicklung von Lehrerinnen und Lehrern*. Weinheim u.a.: Beltz 2006, S. 164-181. DOI: 10.25656/01:7376
- Meier, M., Ziepprecht, K. & Mayer, J. (2018) *Lehrerausbildung in vernetzten Lernumgebungen*, Waxmann Verlag GmbH: Münster, New York
- Winkler, I. (2015) *Durch die Brille der anderen sehen. Professionsbezogene Überzeugungen im Lehramtsstudium Deutsch*. In: *Mitteilungen des Deutschen Germanistenverbandes* 62. H. 2. S. 192 – 208

Niklas Prewitz¹
Katharina Groß¹

¹Universität zu Köln

Chemie vernetzt und fachdidaktisch aufbereitet Ein Lernmodul für Studierende

Einleitung

Als zentralen Akteuren im Handlungsfeld Schule kommen Lehrenden vielfältige Aufgaben zu, die mit unterschiedlichsten Anforderungen verbunden sind (LCH, 2014). Die Frage, welche Kompetenzen Lehrkräfte zur Erfüllung dieser Aufgabe benötigen, ist eng verknüpft mit der Frage der Professionalisierung. Neben *Motivationaler Orientierung*, *Selbstregulativen Fähigkeiten* und *Überzeugungen/Werthaltungen*, kommt dabei insbesondere dem *Professionswissen* der Lehrkraft eine bedeutende Rolle zu (Baumert & Kunter, 2006). Es gilt als wesentlichen Prädiktor für den Lernerfolg von Schüler:innen (Borowski et al., 2011; Brunner et al., 2006; Krauss et al., 2008; Kunter et al., 2011). Professionswissen differenziert sich seinerseits in verschiedene Wissensbereiche, wovon insbesondere die Bereiche *Fachwissen (FW)*, *Fachdidaktisches Wissen (FDW)* und *Pädagogisches Wissen (PW)* zentrale Facetten des Professionswissens bilden (Baumert & Kunter, 2006). Durch das Akkumulieren von Wissen in diesen drei Bereichen und insbesondere durch die Verdichtung und Vernetzung dieses Wissens innerhalb und zwischen den Bereichen kann das Professionswissen gesteigert werden (Bonnet & Hericks, 2014). Die universitäre Bildung kann dabei als eine besonders prägende Phase im Prozess der persönlichen Professionalisierung angehender Lehrkräfte angesehen werden, da sie primär den Kompetenzerwerb in den drei genannten Wissensbereichen initiiert (ebd.). Verschiedene Studien offenbaren jedoch ein Problem dieser ersten Ausbildungsphase: Zwar bildet die universitäre Lehrerbildung die drei Wissensbereiche in ihrer Studienstruktur ab, jedoch wird das Wissen meist isoliert vermittelt. Eine Verdichtung und Vernetzung, wie sie zur Ausbildung des Professionswissen erforderlich ist, erfolgt kaum (BMBF, 2018; Hellmann et al., 2019). Zur Beschreibung dieser Problematik hat sich der Begriff der mangelnden Kohärenz etabliert. Kohärenz beschreibt sowohl die Vernetzung zentraler Inhalte innerhalb einer der drei Wissensdomänen als auch zwischen den verschiedenen Domänen sowie die Verknüpfung von Theorie- und Praxisphasen mit Blick auf den späteren Lehrberuf (Hellmann et al., 2019). Um dem Problem der mangelnden Kohärenz innerhalb des Chemielehramtsstudiums zu begegnen, und die angehenden Chemielehrer:innen bei der Ausbildung ihres Professionswissens zu unterstützen, wurde zum Wintersemester 2021/22 ein Mastermodul im Chemielehramtsstudium Gym/Ges an der Universität zu Köln entwickelt und etabliert, welches einen kohärenten Wissensaufbau an exemplarisch gewählten Themen ermöglichen soll. Dabei werden vor allem die Wissensdomänen *Fachwissen* und *Fachdidaktisches Wissen* fokussiert, deren Inhalte sowohl im Sinne der horizontalen als auch der vertikalen Kohärenz zueinander in wechselseitigen Bezug gesetzt werden sollen.

Grundlegende Konzeption

Den forschungsmethodischen Rahmen für die Entwicklung und Evaluation des Moduls bildet ein Design-Based-Research-Ansatz (Reinmann, 2005). Die Grundkonzeption erfolgte theoriegeleitet und wird stetig auf Basis induktiver Erkenntnisse angepasst. Formal lässt sich das

Modul in zwei große Phasen unterteilen, die verschiedene kohärenzfördernde Bereiche fokussieren. Phase 1 dient der Wiederholung, Verdichtung und Vernetzung zentraler Fachinhalte des Grundstudiums, die aus fachdidaktischer Perspektive durch die Erstellung von Concept-Maps (CMs) aufbereitet werden. Ziel dieser Phase ist es, die Studierenden bei der Ausbildung eines *professionsrelevanten Fachwissens* zu unterstützen, was zur Steigerung der vertikalen Kohärenz innerhalb des Fachwissens beiträgt. Phase 2 fokussiert aufbauend auf der fachinhaltlichen Grundlage aus Phase 1 die fachdidaktische Aufbereitung und Vermittlung konkreter Fachinhalte in Form von Microteaching-Einheiten (MTs) und trägt damit zur Verknüpfung der Fachwissensebene mit der Vermittlungsebene bei (horizontale Kohärenz zwischen FW, FDW und praktischer Erprobung).

Konkrete Umsetzung der zwei Phasen des Seminars

In Phase 1 erfolgt die Reaktivierung und Vernetzung des Fachwissens anhand von zwei exemplarischen, zentralen Themen der Chemie (Säure-Base-Reaktionen und RedOx-Reaktionen), die von den Studierenden mittels CMs aufbereitet werden. Die Methode des Concept-Mappings eignet sich besonders, um das vorhandene Wissen zu strukturieren, bedeutende Wissensbereiche zueinander in Bezug zu setzen und damit den vernetzten Wissensstrukturaufbau durch die visuelle Darstellung zu fördern (Diederich & Mester, 2018; Dunker, 2010). So können das prozessorientierte Lernen von Konzepten (Berendt et al., 2011) sowie das konzeptuelle Verständnis der Studierenden (Jüngst & Strittmatter, 1995) gefördert werden, was einen positiven Beitrag zur vertikalen Kohärenz innerhalb der Domäne Fachwissen erwarten lässt. Außerdem können die generierten CMs als Lernprodukt anschließend aus forschungsmethodischer Sicht ausgewertet werden, um so Aussagen zum Wissensstand und Lernprozess der Studierenden abzuleiten (Ruiz-Primo, 2004). Nach der Erstellung erster CMs in Einzelarbeit, bilden die Studierenden Expertengruppen, um im gemeinsamen Austausch den Fokus auf die Vernetzung der Wissensbausteine innerhalb ihres Themenfeldes zu legen. Als Lernprodukt wird eine gemeinsame Gruppen-CM angefertigt. Nach einer Präsentation der verschiedenen Gruppen-CMs werden gemeinsame Anknüpfungspunkte zwischen den verschiedenen Themenfeldern herausgearbeitet. Ziel ist es, dass die Studierenden die übergreifende Konzepte, Methoden und Verbindungsglieder identifizieren und damit für die „Big Ideas“ des Faches Chemie (Kuhn, 2016) sensibilisiert werden. Diese ermöglichen es den Lernenden, die Teilaspekte der Chemie in Relation zum „Großen Ganzen“ zu sehen, d.h. in einen chemischen Gesamtzusammenhang zu bringen, und liefern damit einen wesentlichen Beitrag zur Ausbildung eines vernetzten *professionsrelevanten Fachwissens*, was das konkrete Ziel der ersten Modulphase darstellt. Eine Strukturierungshilfe bei der Herausarbeitung zentraler Konzepte liefern die Basiskonzepte, welche als bereits etablierte Grundkonzepte allen Themenfeldern inhärent sind (Bernholt et al., 2020; Ministerium für Schule und Weiterbildung NRW, 2013). Phase 2 dient der Vernetzung zwischen Fachwissenschaft, Fachdidaktik und Unterrichtspraxis. Aufbauend auf dem vernetzten *professionsrelevanten Fachwissen* aus Phase 1 erhalten die Studierenden die Aufgabe, sich unbekannte Fachinhalte zu erschließen und diese anschließend zu konkreten Unterrichtseinheiten auszuarbeiten, die an das Leistungsniveau der Kommiliton:innen angepasst sind (fachdidaktisches Wissen der Transformation). Diese werden anschließend in MTs praktisch durchgeführt, videographiert und im Hinblick auf die Förderung der fachlich-fachdidaktischen Kompetenz evaluiert. Die Auseinandersetzung mit anspruchsvollen,

neuen Themengebieten ermöglicht nicht nur die Anwendung und weitere Festigung des vernetzten *professionsrelevanten Fachwissens*, sondern fördert sowohl durch die Aufgabe zur didaktischen Rekonstruktion als auch durch die praktische Erprobung und Reflexion der entwickelten MTs das fachlich-fachdidaktische Wissen der Studierenden. In diesem Sinne trägt dieses kohärente Vorgehen zur (Weiter-) Entwicklung und Förderung des fachlich-fachdidaktischen Professionswissens der Studierenden bei (Bonnet & Hericks, 2014; Brunner et al., 2006; Shulman, 1986). Um die Studierenden zur bewussten Auseinandersetzung mit ihrem Lernprozess anzuregen, führen diese ein seminarbegleitendes Prozessportfolio als Reflexionsmedium. Über den Einsatz von Reflexionsaufgaben werden metakognitive Lernprozesse initiiert, was das Tiefenlernen fördert und so zu einer nachhaltigen Wissensakkumulation beiträgt (Hofmann et al., 2016; Wildt & Wildt, 2011). Darüber hinaus wird durch die Portfolios die Auseinandersetzung mit den großen Zusammenhängen weiter forciert (Diederich & Mester, 2018). Schließlich dienen die von den Studierenden angefertigten Prozessportfolios als zusätzliches Erhebungsinstrument, die sowohl die Analyse der CMs als auch die Auswertung der videografierten MTs im Sinne der methodischen Triangulation zielführend unterstützen.

Erste Ergebnisse und Diskussion

Seit der Implementation im Wintersemester 2021/22 wurde das Modul bisher zweimal vollständig durchgeführt, evaluiert und adaptiert. Aktuell findet der dritte Mesozyklus statt. Die zuvor beschriebene Modulkonzeption ist Ergebnis der ersten beiden Mesozyklen. Das gesamte Konzept wird im Hinblick auf die dem Projekt übergeordnete Forschungsfrage „Inwiefern trägt die tiefergehende, iterative Auseinandersetzung mit professionsrelevanten Fachinhalten zur Steigerung der wahrgenommenen Kohärenz innerhalb des *professionsrelevanten Fachwissens* bei?“ evaluiert. Phase 1 zeigt bereits eine gute Performanz hinsichtlich der Vertiefung und Vernetzung des Fachwissens der Studierenden mit dem Ziel der Ausbildung eines *professionsrelevanten Fachwissens*. Dies konnte vor allem mittels einer qualitativen Inhaltsanalyse der seminarbegleitenden Prozessportfolios abgeleitet werden. Die qualitative Inhaltsanalyse erfolgte in Kodierkonferenzen (Kuckartz & Rädiker, 2022), wobei bis zum jetzigen Zeitpunkt $N = 15$ Portfolios kodiert werden konnten. Unterschieden wurden konkret 3 Subphasen innerhalb der Projektphase 1: Das Anfertigen der Einzel-CM (K1), der Gruppenaustausch und das Anfertigen der Gruppen-CM (K2) sowie die Restrukturierung der Fachinhalte anhand der Basiskonzepte und die Anfertigung der BK-CM (K3). Eine exemplarische Darstellung der Ergebnisse der qualitativen Inhaltsanalyse findet sich auf dem diesem Beitrag zu Grunde liegenden Poster (Prewitz & Groß, 2022). Zusammenfassend kann aus den Ergebnissen geschlossen werden, dass eine Reaktivierung und Vernetzung innerhalb und zwischen den Fachinhalten in Phase 1 erreicht werden. Das spezifische, iterative Vorgehen steigert darüber hinaus die Kohärenzwahrnehmung der Studierenden, was als Indikator für eine Steigerung des Professionswissens angesehen werden kann (Hellmann et al., 2019). Darüber hinaus erkennen die Studierenden die Bedeutsamkeit der Betrachtung chemischer Inhalte im Gesamtkontext, insbesondere in Bezug auf grundlegende, wiederkehrende Konzepte, was ebenfalls auf einen Zugewinn an Professionswissen schließen lässt. Auf Grund der oben genannten Erkenntnisse wird die Konzeption von Phase 1 als zielführend für die Reaktivierung und Vernetzung des professionsorientierten Fachwissens angesehen. Hinsichtlich Phase 2 können zum aktuellen Zeitpunkt noch keine empiriebasierten Aussagen getroffen werden, da diese den Fokus des aktuellen Mesozyklus 3 darstellt.

Literatur

- Baumert, J. & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9(4), 469–520. <https://doi.org/10.1007/s11618-006-0165-2>
- Berendt, B., Voss, H.-P. & Wildt, J. (Hrsg.). (2011). *Neues Handbuch Hochschullehre. Lehren und Lernen effizient gestalten [Teil] H. Prüfungen und Leistungskontrollen. Weiterentwicklung des Prüfungssystems in der Konsequenz des Bologna-Prozesses*. Raabe.
- Bernholt, S., Höft, L. & Parchmann, I. (2020). Die Entwicklung fachlicher Basiskonzepte im Chemieunterricht – Findet ein kumulativer Aufbau im Kompetenzbereich Fachwissen statt? *Unterrichtswissenschaft*, 48(1), 35–59. <https://doi.org/10.1007/s42010-019-00065-4>
- BMBF (2018). Eine Zwischenbilanz der „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“: Erste Ergebnisse aus Forschung und Praxis. *BMBF Themen-Magazin*, 78–82.
- Bonnet, A. & Hericks, U. (2014). Professionalisierung und Deprofessionalisierung im Lehrer/innenberuf. Ansätze und Befunde aktueller empirischer Forschun. <https://doi.org/10.25656/01:16026>
- Borowski, A., Kirschner, S., Liedtke, S. & Fischer, H. (2011). Vergleich des Fachwissens von Studierenden, Referendaren und Lehrenden in der Physik. *PhyDid A – Physik und Didaktik in Schule und Hochschule*, 10, 1–9.
- Brunner, M., Kunter, M., Krauss, S., Baumert, J., Blum, W., Dubberke, T., Jordan, A., Klusmann, U., Tsai, Y.-M. & Neubrand, M. (2006). Welche Zusammenhänge bestehen zwischen dem fachspezifischen Professionswissen von Mathematiklehrkräften und ihrer Ausbildung sowie beruflichen Fortbildung? *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9(4), 521–544. <https://doi.org/10.1007/s11618-006-0166-1>
- LCH. (2014, 9. Dezember). *Der Berufsauftrag der Lehrerinnen und Lehrer* [Press release]. <https://www.lch.ch/lch/ueber-uns/berufsgrundlagen>
- Diederich, J. & Mester, T. (2018). Tiefenlernen durch Concept Maps mit Reflexionsanteilen. *Die Hochschullehre*, 4(6), 227–258. http://www.hochschullehre.org/?dl_id=156
- Dunker, N. (2010). *Concept Maps im naturwissenschaftlichen Sachunterricht [Didaktische Rekonstruktion am Beispiel des Lerngegenstandes Feuer]. 1. Aufl. Beiträge zur didaktischen Rekonstruktion. 26.* Didaktisches Zentrum, Carl-von-Ossietzky-Univ.
- Hellmann, K., Kreutz, J., Schwichow, M. & Zaki, K. (Hrsg.). (2019). *Kohärenz in der Lehrerbildung*. Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-23940-4>
- Hofmann, F., Wolf, N., Klab, S., Grassmé, I. & Gläser-Zikuda, M. (2016). Portfolios in der LehrerInnenbildung. Ein aktueller Überblick zur empirischen Befundlage. In M. Boos, A. Krämer & M. Kricke (Hrsg.), *LehrerInnenbildung gestalten. 8. Portfolioarbeit phasenübergreifend gestalten. Konzepte, Ideen und Anregungen aus der LehrerInnenbildung* (S. 23–39). Waxmann.
- Jüngst, K. L. & Strittmatter, P. (1995). Wissensstrukturdarstellung: Theoretische Ansätze und praktische Relevanz. *Unterrichtswissenschaft*, 23. <https://doi.org/10.25656/01:8129> (Unterrichtswissenschaft 23 (1995) 3, S. 194-207).
- Krauss, S., Neubrand, M., Blum, W., Baumert, J., Brunner, M., Kunter, M. & Jordan, A. (2008). Die Untersuchung des professionellen Wissens deutscher Mathematik-Lehrerinnen und -Lehrer im Rahmen der COACTIV-Studie. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 29(3-4), 233–258. <https://doi.org/10.1007/BF03339063>
- Kuckartz, U. & Rädiker, S. (2022). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung: Grundlagentexte Methoden* (5. Aufl.). *Grundlagentexte Methoden*. Beltz Juventa.
- Kuhn, W. (2016). *Ideengeschichte der Physik: Eine Analyse der Entwicklung der Physik im historischen Kontext* (2. Auflage). Springer Spektrum.
- Kunter, M., Baumert, J. & Blum, W. (Hrsg.). (2011). *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften: Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (1. Aufl.). Waxmann Verlag GmbH.
- Ministerium für Schule und Weiterbildung NRW. (2013). *Richtlinien und Lehrpläne für die Sekundarstufe II - Gymnasium, Gesamtschule in Nordrhein-Westfalen* (1. Aufl.). *Schule in NRW: Bd. 4723*. Ritterbach.
- Prewitz, N. & Groß, K. (2022). *Chemie vernetzt und fachdidaktisch aufbereitet - Ein Lernmodul für Studierende*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.22191.61608>
- Reinmann, G. (2005). Innovation ohne Forschung? Ein Plädoyer für den Design-Based Research-Ansatz in der Lehr-Lernforschung. *Unterrichtswissenschaft*, 33. <https://doi.org/10.25656/01:5787> (Unterrichtswissenschaft 33 (2005) 1, S. 52-69).
- Ruiz-Primo, M. A. (2004). Examining Concept Maps as an Assessment Tool. In
- Shulman, L. S. (1986). Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4–14. <https://doi.org/10.3102/0013189X015002004>
- Wildt, J. & Wildt, B. (2011). Lernprozessorientiertes Prüfen im "Constructive Alignment". Ein Beitrag zur Förderung der Qualität von Hochschulbildung durch eine Weiterentwicklung des Prüfungssystems. In B. Berendt, H.-P. Voss & J. Wildt (Hrsg.), *Neues Handbuch Hochschullehre. Lehren und Lernen effizient gestalten [Teil] H. Prüfungen und Leistungskontrollen. Weiterentwicklung des Prüfungssystems in der Konsequenz des Bologna-Prozesses* (H 6.1, 46 S). Raabe.

Verena Spatz¹
Thomas Wilhelm²
Stephanie Pieschl¹

¹Technische Universität Darmstadt
²Goethe-Universität Frankfurt

Fachspezifische Denkweisen zum Studienerfolg – eine vergleichende Interviewstudie

Theoretischer Hintergrund

Für den Studienerfolg sollten Mindsets nach Dweck (1999, 2019) relevant sein. Nach dieser Theorie denken Menschen mit einem Fixed Mindset, dass Intelligenz angeboren und unveränderbar ist. Daher halten sie Anstrengung für unnötig, vermeiden Herausforderungen und Fehler und können bei Feedback defensiv reagieren. Menschen mit einem Growth Mindset hingegen denken, dass Intelligenz veränderbar und somit auch trainierbar ist. Daher halten sie Anstrengungen für wichtig, nehmen Herausforderungen an, nutzen Fehler als Lerngelegenheiten und schätzen Feedback. Allerdings sind diese Idealtypen des Fixed und Growth Mindsets lediglich als extreme Ausprägungen auf einer kontinuierlichen Dimension mit fließenden Übergängen zu verstehen.

Bisherige Forschung konnte zeigen, dass Growth Mindsets über Intelligenz positiv mit Schul- und Studienleistungen assoziiert sind (Costa & Faria, 2018; Blackwell et al., 2007; Degol et al., 2018; Ortiz Alvarado et al., 2019) und dass entsprechende Growth Mindset Interventionen den Schul- und Studienerfolg erhöhen (z.B: Yeager et al., 2019; Aguilar et al., 2014; Broda et al., 2018). Allerdings beschränkte sich bisherige Forschung überwiegend auf generelle, disziplinübergreifende Mindsets. Sofern spezifischere Mindsets betrachtet wurden, standen meist einzelne Kompetenzen oder Disziplinen im Fokus, beispielsweise das Programmieren (Scott & Ghinea, 2014) oder Mathematik (Degol et al., 2018) und Physik (Spatz & Goldhorn, 2021; Goldhorn et al., 2020; Rehberg et al., 2020).

In einem interdisziplinären Projekt soll dagegen mittel- bis langfristig der Einfluss von fachspezifischen Mindsets auf den Studienerfolg untersucht werden. Konkret nehmen wir an, dass disziplinspezifische Mindsets am besten geeignet sind, disziplinspezifische Studienleistungen vorherzusagen, wogegen generelle Mindsets eher generelle Leistungsindikatoren wie beispielsweise die Abiturnote vorhersagen sollten. Wir werden also die Hypothese testen, dass Mindsets Leistung dann am besten vorhersagen, wenn Mindsets und Leistungen auf der gleichen Granularitätsebene gemessen werden. Um diese Hypothese zu testen, benötigen wir entsprechende Instrumente zur Erfassung genereller Mindsets wie auch disziplin- (und ggf. themen-) spezifischer Mindsets. Dazu nehmen wir an, dass Mindsets eine ähnliche hierarchische Struktur aufweisen wie beispielsweise das akademische Selbstkonzept (Marsh, 1990) oder epistemische Überzeugungen (Stahl & Bromme, 2007).

Konzeption der Pilotstudie

Die hier vorgestellte Pilotstudie ist ein erster Schritt für die Entwicklung eines Mindset-Fragebogens, der disziplinspezifische Mindsets messen soll. Grundlegend hierfür sind die folgenden Überlegungen: Generell beziehen sich Mindsets auf Überzeugungen zu „menschlichen

Fähigkeiten“ im Allgemeinen, jedoch wird die Operationalisierung in der Regel auf Überzeugungen zu „Intelligenz“ im Speziellen verkürzt. Intelligenz ist jedoch ein sehr allgemeiner Terminus, der wenig geeignet erscheint um disziplinspezifische Mindsets zu erfassen. Leslie et al. (2015), die zu „Brilliance beliefs“ forschten – d.h. zur Überzeugung, dass angeborenes Talent die wichtigste Voraussetzung für Erfolg genialer Top-Wissenschaftler*innen ist –, gehen demgegenüber explizit davon aus, dass diese Überzeugungen auch disziplinspezifisch sind. Mit allgemeinen Fragen dazu, ob in unterschiedlichen Disziplinen die „Brillanz“ angeboren oder erlernbar ist, fanden sie beispielsweise heraus, dass Fähigkeiten in Mathematik und Physik eher als angeboren angesehen werden, in Pädagogik oder Psychologie dagegen eher als veränderbar. Daher wurden diese sehr unterschiedlich wahrgenommenen Disziplinen für die hier vorgestellte Pilotstudie ausgewählt. Im Gegensatz zu Leslie et al. (2015) wurde jedoch nicht nach Ansichten über exzellente Wissenschaftler*innen gefragt, sondern nach konkreten Faktoren, welche die Befragten als relevant für den Studienerfolg in den unterschiedlichen Disziplinen ansehen. Pro eingeschätzter Disziplin beantworteten alle Proband*innen die beiden Fragen: 1. „Welche Faktoren sind aus Ihrer Sicht wichtig, um dieses Fach erfolgreich zu studieren?“ 2. „Auf einer Skala von 1=„angeboren“ bis 7=„veränderbar“, wie schätzen Sie die genannten Faktoren ein?“ Darüber hinaus sollte exploriert werden, ob sich die Einschätzungen von disziplinären Noviz*innen und Expert*innen sowie die Einschätzungen eigener und fremder Disziplinen unterscheiden.

Methode der Pilotstudie

Diese qualitative Pilotstudie mit $n = 124$ halbstrukturierten Interviews hat ein $4 \times 2 \times 2$ gemischtes quasi-experimentelles Design: Aus Physik, Mathematik, Psychologie und Pädagogik (Zwischensubjekt-Faktor: eigene Disziplin, je ca. $n = 30$) wurden Noviz*innen (Studierende) und Expert*innen (mit Master-, Diplom- oder Staatsexamens-Abschluss) (Zwischensubjekt-Faktor: Expertise; je ca. $n = 15$) zum eigenen und einem kontrastierenden Fach (Innersubjekt-Faktor: eingeschätzte Disziplin) befragt. Physiker*innen und Mathematiker*innen schätzten als kontrastierende Disziplin die Psychologie ein; Psycholog*innen und Pädagog*innen die Physik ein. Die Daten wurden in einem dreischrittigen Verfahren umfangreich aufbereitet: Zunächst bildeten mehrere Rater*innen unabhängig voneinander beliebig viele Kategorien (\emptyset 39) um die 493 genannte Faktoren der ersten 104 Interviews zu kategorisieren. Danach fassten zwei Rater*innen diese Ergebnisse in 40 inhaltliche Kategorien zusammen (plus die beiden Kategorien „irrelevant“ und „nicht zuzuordnen“). Schließlich sortierten die beiden Rater*innen unabhängig voneinander und blind alle genannten 660 Faktoren aus den 124 Interviews in diese 40+2 Kategorien ein. Dabei gab es nur wenige Unstimmigkeiten, die durch Diskussionen gelöst werden konnten. Als Resultat dieser Aufbereitung liegt der Datensatz nun in einer Struktur vor, welche Aussagen über die durchschnittliche Anzahl genannter Faktoren in jeder Kategorie erlaubt. Weiterhin kann die durchschnittlich angenommene Veränderbarkeit der genannten Faktoren getrennt nach den Bedingungen (4 eigene Disziplinen, 2 Expertisegrade, 2 eingeschätzte Disziplinen) analysiert werden – sowohl über einzelne Faktoren wie auch über alle Faktoren einer Kategorie.

Ergebnisse der Pilotstudie

Aus dem komplexen Datensatz werden hier nur ausgewählte, vorläufige Ergebnisse herausgegriffen. Zunächst zeigt sich, dass alle Gruppen die Befragung ernst nahmen und aggregiert

über alle 40+2 Kategorien eine ausreichende Anzahl aussagekräftiger Faktoren angeben, die zum Studienerfolg beitragen sollten. Dabei nannten Psycholog*innen signifikant mehr Faktoren als Personen aus allen anderen Disziplinen (Haupteffekt eigene Disziplin) und es wurden insgesamt mehr Faktoren für den Studienerfolg in der eigenen Disziplin als in der kontrastierenden Disziplin genannt (Haupteffekt eingeschätzte Disziplin).

Weniger eindeutige Ergebnisse gibt es in Bezug auf die Einschätzung der durchschnittlichen Veränderbarkeit aggregiert über alle 40+2 Kategorien. Hier hängt es jeweils von der eigenen Disziplin ab, inwieweit die eigene Expertise und/oder die eingeschätzte Disziplin einen signifikanten Unterschied macht (Interaktionseffekte). Positiv fällt auf, dass in allen Bedingungen die durchschnittliche Veränderbarkeit der genannten Faktoren aggregiert über alle 40+2 Kategorien oberhalb des Skalenmittelpunkts liegt (> 4). Das heißt, dass Proband*innen aller Disziplinen und aller Expertisegrade sowohl die Erfolgsfaktoren für die eigene als auch für die kontrastierende Disziplin im Durchschnitt als eher veränderbar einschätzen.

Weitere Befundmuster lassen sich eher auf der Ebene der einzelnen 40+2 Kategorien qualitativ beschreiben: Es scheint vom Fach und der eigenen Expertise abzuhängen, ob sich die Beurteilung der eigenen und der kontrastierten Disziplin unterscheiden. Beispielsweise beurteilen Pädagogikexpert*innen Physik ähnlich wie Physiker*innen. Pädagogiknoviz*innen und alle Psycholog*innen hingegen beurteilen die Erfolgsfaktoren für die Physik als weniger erlernbar als die Erfolgsfaktoren in ihrem eigenen Fach. Viele genannte Faktoren werden in vielen Disziplinen gleichermaßen als sehr relevant angesehen, beispielsweise „Interesse an Fachinhalten“ in allen Fächern oder „mathematische Kompetenzen“ in Psychologie, Physik und Mathematik. Dagegen nennen die Proband*innen „logisches Denken“, „Durchhaltevermögen“ und „Frustrationstoleranz“ insbesondere bezüglich der Disziplinen Physik und Mathematik. Nur wenige genannte Faktoren scheinen sehr spezifisch für einzelne Disziplinen. Beispielsweise wird eine „naturwissenschaftliche Grundbildung“ nur für die Disziplin Physik genannt, „Empathie“ dagegen nur von Physiker*innen und Mathematiker*innen für die kontrastierende Disziplin Psychologie. Interessant ist außerdem, dass Intelligenz und kognitive Fähigkeiten generell in den meisten Interviews überhaupt nicht erwähnt werden, obwohl Intelligenz das zentral relevante Merkmal von Mindsets nach Dweck ist.

Diskussion und Fazit

Zu beachten ist, dass es sich bei der vorgestellten Studie nur eine qualitative Pilotstudie mit einer Gelegenheitsstichprobe handelt, die bisher weder Aussagen zum Vorhandensein hierarchisch strukturierter Mindsets noch zu deren Vorhersagekraft auf den Studienerfolg erlaubt. Dennoch kann man zusammenfassend das folgendes Ergebnismuster festhalten: Intelligenz und damit zusammenhängende kognitive Fähigkeiten werden selten als notwendige Faktoren für den Studienerfolg genannt. Stattdessen werden insbesondere motivationale Faktoren angeführt. Dabei werden alle genannten Erfolgsfaktoren im Durchschnitt als moderat veränderbar angesehen. Insgesamt deuten die Ergebnisse darauf hin, dass es weniger einfache Haupteffekte, sondern eher komplexe Wechselwirkungen zwischen der eigenen Disziplin, der eigenen Expertise und der eingeschätzten Disziplin gibt.

In einem weiteren Schritt soll eine quantitative Pilotstudie, die aktuell durchgeführt wird, zeigen, inwiefern die dargestellten Ergebnismuster über die Gelegenheitsstichprobe hinaus generalisierbar sind.

Literatur

- Aguilar, L., Walton, G., & Wieman, C. (2014). Psychological insights for improved physics teaching. *Physics Today*, 67(5), 43–49. <https://doi.org/10.1063/PT.3.2383>
- Blackwell, L. S., Trzesniewski, K. H., & Dweck, C. S. (2007). Implicit Theories of Intelligence Predict Achievement Across an Adolescent Transition: A Longitudinal Study and an Intervention. *Child Development*, 78(1), 246–263. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2007.00995.x>
- Broda, M., Yun, J., Schneider, B., Yeager, D. S., Walton, G. M., & Diemer, M. (2018). Reducing inequality in academic success for incoming college students: A randomized trial of growth mindset and belonging interventions. *Journal of Research on Educational Effectiveness*, 11(3), 317–338. <https://doi.org/10.1080/19345747.2018.1429037>
- Costa, A., & Faria, L. (2018). Implicit theories of intelligence and academic achievement: A meta-analytic review. *Frontiers in Psychology*, 9, 829. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00829>
- Degol, J. L., Wang, M.-T., Zhang, Y., & Allerton, J. (2018). Do Growth Mindsets in Math Benefit Females? Identifying Pathways between Gender, Mindset, and Motivation. *Journal of Youth and Adolescence*, 47(5), 976–990. <https://doi.org/10.1007/s10964-017-0739-8>
- Dweck, C. S. (1999). *Self-theories: Their role in motivation, personality, and development*. Psychology Press.
- Dweck, C. S., & Yeager, D. S. (2019). Mindsets: A View From Two Eras. *Perspectives on psychological science: a journal of the Association for Psychological Science* 14 (3), S. 481–496. <https://doi.org/10.1177/1745691618804166>
- Goldhorn, L., Wilhelm, T., Spatz, V., & Rehberg, J. (2020). Fixed und Growth Mindset: Selbstbilder von Schüler*innen in Physik. *PhyDid B - Didaktik Der Physik - Beiträge Zur DPG-Frühjahrstagung*. <https://ojs.dpg-physik.de/index.php/phydid-b/article/view/1030>
- Leslie, S.-J., Cimpian, A., Meyer, M., & Freeland, E. (2015). Expectations of brilliance underlie gender distributions across academic disciplines. *Science*, 347(6219), 262–265. <https://doi.org/10.1126/science.1261375>
- Marsh, H. W. (1990). A multidimensional, hierarchical model of self-concept: Theoretical and empirical justification. *Educational Psychology Review*, 2(2), 77–172. <https://doi.org/10.1007/BF01322177>
- Ortiz Alvarado, N. B., Rodríguez Ontiveros, M., & Ayala Gaytán, E. A. (2019). Do mindsets shape students' well-being and performance? *The Journal of Psychology: Interdisciplinary and Applied*, 153(8), 843–859. <https://doi.org/10.1080/00223980.2019.1631141>
- Rehberg, J., Wilhelm, T., Spatz, V., & Goldhorn, L. (2020). Pilotierung eines Mindsetfragebogens mit Physik-(Lehramts-)Studierenden. In: S. Habig (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Wien 2019. (S. 397). Universität Duisburg-Essen.
- Scott, M. J., & Ghinea, G. (2014). On the domain-specificity of mindsets: The relationship between aptitude beliefs and programming practice. *IEEE Transactions on Education*, 57(3), 169–174. <https://doi.org/10.1109/TE.2013.2288700>
- Spatz, V., & Goldhorn, L. (2021). When It's More Difficult, I Just Cram More! An Exploratory Interview Study on Students' Mindsets in Physics. *European Journal of Science and Mathematics Education*, 9(1), 1–18. <https://doi.org/10.30935/scimath/10948>
- Stahl, E., & Bromme, R. (2007). The CAEB: An instrument for measuring connotative aspects of epistemological beliefs. *Learning and Instruction*, 17(6), 773–85. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2007.09.016>
- Yeager, D. S., Hanselman, P., Walton, G. M., Murray, J. S., Crosnoe, R., Muller, C., Tipton, E., Schneider, B., Hulleman, C. S., Hinojosa, C. P., Paunesku, D., Romero, C., Flint, K., Roberts, A., Trott, J., Iachan, R., Buontempo, J., Yang, S. M., Carvalho, C. M., Hahn, P. R., ... Dweck, C. S. (2019). A national experiment reveals where a growth mindset improves achievement. *Nature*, 573(7774), 364–369. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1466-y>

Jan Speiser¹
 Falk Rieß¹
 Kai Bliesmer²

¹Universität Oldenburg
²Universität Koblenz-Landau

Volkshochschulkurs „Nature of Science“ physikdidaktisch entwickeln und erproben

Im Bereich non-formalen Lernens existieren in Deutschland vielfältige Möglichkeiten, sich auch außerhalb der Schule mit naturwissenschaftlichen Inhalten auseinanderzusetzen; sei es in Science Centern, Schülerlaboren, Museen, Nationalparkhäusern und vielem mehr. Auffällig ist hierbei, dass sich dortige Bildungsangebote vornehmlich an Kinder und Jugendliche richten. Speziell für Erwachsene gibt es so gut wie keine Bildungsangebote. Deshalb ist die Physikdidaktik in Oldenburg eine Kooperation mit der dortigen Volkshochschule eingegangen. Ziel ist die Entwicklung und Erprobung eines Kurses an der VHS zum Themengebiet Nature of Science, gespickt mit wissenschaftsgeschichtlichen Inhalten. Im Beitrag wird von der didaktischen Strukturierung des Angebots sowie der Beforschung der Durchführung berichtet.

Naturwissenschaftliche free-choice Erwachsenenbildung

Neben dem formalen Bildungsbereich, der die Schule, die Universität (Studium) und Betriebe (Ausbildung) umfasst, hat sich in den letzten Jahren in Deutschland ein vielgestaltiges Spektrum non-formaler Lernorte für die naturwissenschaftliche Bildung etabliert. Dies sind Orte, die speziell zum Zwecke der Bildung eingerichtet wurden, aber auf Freiwilligkeit setzen und somit free-choice learning (Falk & Dierking, 2002) anstreben. Hierzu zählen u. a. Museen, Science Center, Schülerlabore und Nationalparkhäuser. Wenngleich diese Orte prinzipiell allen Menschen offenstehen, so sind dortige Bildungsangebote zumeist auf Kinder und Jugendliche zugeschnitten. Sie werden daher eher als außerschulische Bildungsangebote wahrgenommen; mit der Betonung also auf eine Ergänzung schulischen, also formalen Unterrichts. Erwachsene fungieren in diesen Kontexten oftmals nur als Begleitpersonen; spezielle Angebote für die naturwissenschaftliche Erwachsenenbildung sind die Ausnahme (Stadler, 2008). Da aber der Besuch formaler Bildungseinrichtungen in der Regel vor dem dreißigsten Lebensjahr abgeschlossen ist, stellt sich die Frage, welche naturwissenschaftlichen free-choice Bildungsangebote Erwachsenen gemacht werden können, um der allgegenwärtigen Forderung nach lebensentfaltendem Lernen (Faulstich, 2008) Rechnung zu tragen. Hier sehen wir uns als Physikdidaktik gefordert, einen Beitrag zu leisten.

Nature of Science und Wissenschaftsgeschichte an der Volkshochschule

Als Kontaktfläche zu Erwachsenen, die free-choice learning betreiben möchten, eignen sich Volkshochschulen ausgesprochen gut. Denn ihre Angebote richten sich speziell an Erwachsene, die Orte sind sehr gut eingebunden in die Bildungsregion, gut bekannt und ihre Werbekanäle eingespielt. Daher ist die Physikdidaktik Oldenburg eine Zusammenarbeit mit der dortigen VHS eingegangen. Eine solche Zusammenarbeit zur Entwicklung und Durchführung eines naturwissenschaftlichen Bildungsangebots ist ausgesprochen selten; stellen doch Echarti und Kollegen (2020) gemäß Volkshochschulstatistik heraus, dass lediglich 0,36 % aller angebotenen Kurse naturwissenschaftlicher Art sind. Inhaltlich haben wir uns für den Kurs ein

naturwissenschaftliches Querschnittsthema ausgesucht: Nature of Science (NOS). Mit Blick auf Schülerinnen und Schüler existieren viele Argumente, Lehr-Lern-Angebote zu konzipieren, die sich NOS widmen (Driver et al., 1997; Lederman et al., 2020; Höttecke & Schecker, 2021). Diesbezüglich ist für uns hinsichtlich unserer Zielgruppe der Erwachsenen vor allem das Argument der demokratischen Teilhabe vordringlich. Denn gesellschaftliche Krisen wie die Corona-Pandemie und der Klimawandel illustrieren der Bevölkerung zurzeit, dass naturwissenschaftliche Erkenntnisse politische Entscheidungen motivieren und somit ihre Lebenswelten beeinflussen. Aus diesem Grund ist von Bildungswert zu vermitteln, wie naturwissenschaftliches Wissen generiert und dessen Qualität gesichert wird – und auch, dass es keine absoluten Wahrheiten repräsentieren kann. Deshalb ist ein entsprechendes Bildungsangebot von der Physikdidaktik in Oldenburg für die VHS entwickelt und erprobt worden.

Entwicklung eines VHS-Kurses und Begleitforschung

Da sich die Erwachsenenbildung selten im Blickfeld der Fachdidaktik befindet (Bierbaum & Euler, 2008; Brandt, 2011), wurde beschlossen, die Entwicklung des Angebots explizit auf ein genuin fachdidaktisches Fundament zu stellen: Eingesetzt wird hierzu das Modell der Didaktischen Rekonstruktion (Duit et al., 2012). Um eine didaktische Strukturierung für den VHS-Kurs zu entwickeln, sind im Vorfeld sowohl fachliche Klärungen betrieben als auch Lernendenvorstellungen von NOS recherchiert worden. Mit Blick auf Letzteres ist zu erwähnen, dass es fast keine Untersuchungen zu den diesbezüglichen Vorstellungen von Erwachsenen gibt. Deshalb ist bei der didaktischen Strukturierung von der Prämisse ausgegangen worden, dass die Vorstellungen von Kindern und Jugendlichen denen von Erwachsenen ähneln. Unter dieser Prämisse ließ sich Literatur zu entsprechenden Schülervorstellungen (McComas, 1998) heranziehen und für die Didaktische Rekonstruktion fruchtbar machen. Als inhaltliche Fokussierung wurde im Kurs auf die Theorien von Popper (2005) und Kuhn (1973) gesetzt, welche die Mechanismen der Erkenntnisgewinnung in der Wissenschaft beschreiben; um jene zu kontextualisieren, wurde als wissenschaftshistorisches Beispiel die Entstehung des Coulomb-Gesetzes an einem Drehwaagen-Replikat (Heering, 1994) thematisiert. Insgesamt ist so ein Kurs entstanden, der aus vier wöchentlichen Terminen zu je 90 Minuten besteht. Diese waren wie folgt aufgebaut:

Termin 1: Kennenlernen, Prä-Fragebogen und Einstiegsexperimente

Am ersten Termin wird durch Kennenlernübungen zunächst die Gruppendynamik gestärkt, da sich die Teilnehmenden i. d. R. nicht kennen. Anschließend bearbeiten die Erwachsenen den Prä-Fragebogen zur Erhebung ihrer Vorstellungen von NOS, um die o. g. genannte Prämisse überprüfen zu können. Im Anschluss experimentieren die Lernenden in Kleingruppen mit einem Laserpointer, um die Frage nach der Subjektivität von physikalischen Phänomenen aufzuwerfen.

Termin 2: Beobachtungen in den Naturwissenschaften

Die Beobachtung hat in der Naturwissenschaft einen herausragenden Stellenwert, besitzt allerdings keinen Absolutheitsanspruch (Popper, 2005). Daher erleben die Lernenden in einer



Abb. 1. Tricky Tracks:
Was ist hier passiert?

interaktiven Stationsarbeit an diesem Termin experimentell die Subjektivität ihrer Beobachtungen: z. B. durch das Sichtbarmachen von UV-Licht mittels Handykamera oder von Maxima einer stehenden Mikrowelle mittels einer Käsescheibe im Mikrowellenherd. Auch optische Täuschungen und Tricky Tracks (Lederman & Abd-El-Khalick, 1998) sowie die Interpretation von Schattenbildern nach Grygier (2008) werden an diesem Termin als diesbezügliche Methoden eingesetzt.

Termin 3: Black-Box-Experimente

Im dritten Termin untersuchen die Lernenden den Innenaufbau einer eigens entwickelten Holzkiste, ohne in diese hineinschauen zu dürfen (Günter, 2008). Die Untersuchung der Box dient als Analogie zur Untersuchung der Mikrowelt, die ebenfalls nicht direkt, sondern nur indirekt betrachtet werden kann. Indem die Teilnehmenden die Box mit Laserpointer, Kugeln, Magneten untersuchen, stellen sie in Kleingruppen Theorien über das Innere auf, die dann mit anderen Gruppen diskutiert werden.



Abb. 2. Geöffnete Black-Box

Termin 4: Entdeckung des Coulombschen Gesetzes und Post-Fragebogen

Die Theoriegeladenheit von Beobachtungen wird am finalen Termin anhand eines wissenschaftshistorischen Beispiels verdeutlicht: Die Entdeckung des Coulombschen Gesetzes. Dazu werden eine Replik der originalen Torsionsdrehwaage sowie Originalveröffentlichungen von Coulomb herangezogen, um durch historische Akkuratess eine Motivation bei den Teilnehmenden zu generieren. Zum Abschluss wurde der Post-Fragebogen bearbeitet.

Ergebnisse der Begleitforschung

Es wurden zehn Erwachsene eingeladen, um das Angebot zu beforschen. Hierzu wurden Beobachtungsnotizen direkt im Feld angefertigt sowie Prä- und Post-Fragebögen eingesetzt. Es hat sich anhand der Fragebögen gezeigt, dass die anfangs formulierte Prämisse nicht haltbar ist: Die Vorstellungen der Erwachsenen von NOS unterscheiden sich durchaus von den in der Literatur beschriebenen Vorstellungen der Schüler:innen. Hieraus leitet sich ein Bedarf nach fachdidaktischer Forschung bzgl. der Vorstellungen Erwachsener ab. Das gilt nicht nur für den Bereich NOS, sondern könnte auch für andere Inhaltsbereiche der Fall sein. Sollen in Zukunft also naturwissenschaftliche Bildungsangebote für Erwachsene entwickelt werden, so ist denkbar, dass diesbezügliche Vorstellungsforschung angezeigt ist. Bei der Durchführung des Angebots ist deutlich geworden, dass die Erwachsenen mit Blick auf den naturwissenschaftlichen Inhalt zunächst sehr skeptisch sind und sich Berührungsängste erkennen lassen. Erst nach einiger Zeit wurde das Angebot positiv angenommen; es wurde als interessant und spannend beschrieben. Bei solchen Angeboten für Erwachsene ist also eine gewisse "Aktivierungsenergie" aufzubringen, was insbesondere durch einen guten Einstieg gelingen kann, in dem auf eine Verbesserung Gruppendynamik Wert gelegt wird. Hinsichtlich der Lernangebote ist geplant, die didaktische Strukturierung auf Basis der erfassten Vorstellungen stärker an die Zielgruppe zu adaptieren. Hierzu ist eine weitere Didaktische Rekonstruktion nötig.

Literatur

- Bierbaum, H. & Euler, P. (2008). Blickwechsel auf die Naturwissenschaften in der Erwachsenenbildung. *REPORT-Zeitschrift für Weiterbildungsforschung*, 3, 9-18.
- Brandt, P. (2011). Stichwort: Stiefkind Fachdidaktik. *Zeitschrift für Erwachsenenbildung*, 18, 20–21.
- Driver, R. (1997). Young people's images of science. Open University Press.
- Duit, R., Gropengießer, H., Kattmann, U., Komorek, M. & Parchmann, I. (2012). The Model of Educational Reconstruction – a Framework for improving Teaching and learning Science. In D. Jorde & J. Dillon (Hrsg.), *Science Education Research and Practice in Europe. Retrospective and Prospective* (S. 13-37). Sense Publishers.
- Echarti, N., Huntemann, H., Reichart, E. & Lux, T. (2020). *Volkshochschul-Statistik. Forschungsbericht: 59. Folge, Berichtsjahr 2020*. Deutsches Institut für Erwachsenenbildung.
- Falk, J. H. & Dierking, L. D. (2002). *Lessons Without Limit. How Free Choice Learning is Transforming Education*. Altamira Press.
- Faulstich, P. (2008). Temporalstrukturen lebenslangen Lernens. Lebenslängliche Zumutung oder lebensentfaltendes Potenzial. *DIE Zeitschrift für Erwachsenenbildung*, 15(1), 32-34.
- Günter, J. (2008) Blackboxes. Analogien zu Problemstellungen in den Naturwissenschaften. *Naturwissenschaften im Unterricht. Physik*, 19, 24-28.
- Grygier, P. (2008) Wie zuverlässig ist unsere Wahrnehmung? Einführender Unterricht über die Natur der Naturwissenschaften. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, 103, 17-23.
- Heering, P. (1994) The replication of the torsion balance experiment. The inverse square law and its refutation by early 19th-century geman Physicists. In C. Blondel & M. Dörries (Hrsg.), *Restaging Coulomb. Usages, Controverses et Réplifications, Autour de la balance de torsion* (S. 57-66). Leo S. Olschki.
- Höttecke, D. & Schecker, H. (2021). Unterrichtskonzeptionen für Nature of Science (NOS). In T. Wilhelm, H. Schecker & M. Hopf (Hrsg.), *Unterrichtskonzeptionen für den Physikunterricht. Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis* (S. 401–433). Springer.
- Kuhn, T. (1973). *Die Struktur wissenschaftlicher Revolution*. suhrkamp.
- Lederman, N.G. & Abd-El-Khalick, F. (1998) Avoiding de-natured science: Activities that promote understanding of the nature of science. In W.F. McComas (Hrsg.), *The nature of science in science education* (S. 83-126) Kluwer.
- Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F. & Lederman, J. S. (2020). Avoiding De-Natured Science: Integrating Nature of Science into Science Instruction". In W. F. McComas (Hrsg.), *Nature of Science in Science Instruction. Rationales and Strategies* (S. 295–326): Springer.
- McComas, W. F. (1998) The principal elements of the nature of science. In W. F. McComas (Hrsg.), *The nature of science in science education* (S. 53-70) Kluwer.
- Popper, K. (2005). *Logik der Forschung*. Springer.
- Stadler, M. (2008). Naturwissenschaften in der Erwachsenenbildung: was, wie und wozu vermitteln? *REPORT - Zeitschrift für Weiterbildungsforschung*, 3, 44–53.

Julia Wiedmann¹
 Marc Rodemer¹
 Stefan Rumann¹
 Inga Gryl¹

¹Universität Duisburg-Essen

Zuwachs sachunterrichtsdidaktischen Wissens durch das Praxissemester?

Einleitung

Dem Praxissemester wird in der Lehrkräfteausbildung eine wesentliche Rolle zugeschrieben. Innerhalb dieser studienintegrierten Praxisphase hospitieren Studierende in Schulen und übernehmen einzelne Unterrichtssequenzen oder -stunden. Doch wie förderlich diese Praxisphase für die Studierenden ist, ist in vielen Bereichen noch unerforscht.

An der Schnittstelle zwischen Universität und Schulpraxis setzt das Projekt „ProViel“ (Professionalisierung für Vielfalt), Teilprojekt Qualitätssicherung und -entwicklung, der Universität Duisburg-Essen an. Es wird die Förderlichkeit des Praxissemesters für die Entwicklung fachdidaktischen Wissens angehender Sachunterrichts-Lehrkräfte untersucht.

Praxissemester

Die Förderlichkeit des Praxissemesters wurde bereits vor seiner Einführung in den 2010er Jahren diskutiert. Hierbei kam unter anderem die Frage auf, wie die Kompetenzentwicklung der Studierenden über diesen Zeitraum erhoben werden kann. Grundlage dieser Debatten waren die fehlende curriculare Einbettung von Praxisphasen und die unzureichende organisatorische Vorbereitung dieses Studieninhaltes seitens der Schulstandorte (Weyland & Wittmann, 2015). Dennoch wird in der Forschung die Auffassung geteilt, dass das Praxissemester förderlich für die Professionalisierung der angehenden Lehrkräfte ist. Die unterrichtspraktischen Erfahrungen sollen zur Entwicklung des fachdidaktischen Wissens beitragen (Franken, 2020, König et al., 2018).

Professionswissen: Fachdidaktisches Wissen

Das Professionswissen einer Lehrkraft setzt sich aus dem Fachwissen, dem pädagogischen sowie dem fachdidaktischen Wissen zusammen. Seit über 30 Jahren beschäftigt sich die Forschung mit der Erfassung und Darstellung dieser drei zentralen Wissensbereiche für den Lehrer*innenberuf (Baumert & Kunter, 2006, Shulman, 1986).

Das fachdidaktische Wissen ist für die Unterrichtsqualität und den Lernerfolg der Lernenden ausschlaggebend (Carlson et al., 2019). Im aktuellen Diskurs wurde diese Professionswissensfacette hauptsächlich im naturwissenschaftlichen Bereich des Sachunterrichts beforscht (vgl. Cooper et al., 2022, Schiering et al., 2019). Franken (2020) hat in diesem Kontext begonnen, das fachdidaktische Wissen im Sachunterricht zu konzeptualisieren. Es konnten drei Facetten erarbeitet werden, die das fachdidaktische Wissen beschreiben: Schüler*innenvorstellungen, Instruktions- & Vermittlungsstrategien und Wissen über Curriculum (Franken, 2020). Diese Facetten sollen für den vielperspektivischen Sachunterricht geschärft, präzisiert und valide erfassbar gemacht werden.

Material und Methode

Das Forschungsanliegen innerhalb des Projektes ist es, herauszufinden, inwieweit das Praxissemester bei Sachunterrichts-Studierenden zum Kompetenzzuwachs im Bereich des fachdidaktischen Professionswissens beiträgt. Eigene Vorarbeiten deuten darauf hin, dass ein

Multiple-Choice-Testinstrument das fachdidaktische Wissen im Hinblick auf den vielperspektivischen Sachunterricht nur bedingt valide abbilden kann. Daher wurde ein qualitatives Testinstrument auf Basis von Vignetten (Brovelli et al., 2013, Beck et al., 2008) entwickelt und im Sommersemester 2022 mit 31 Studierenden pilotiert.

Die Studierenden absolvieren die 90-minütige Online-Datenerhebung unmittelbar vor Antritt des Praxissemesters und nach Abschluss der Praxisphase in der Nachbereitungsveranstaltung. Die schriftlichen Unterrichtsvignetten beschäftigen sich mit drei exemplarischen Unterrichtsgegenständen (vgl. Abb. 1). Diese wurden unter Berücksichtigung des Leitgedankens der Bildung für nachhaltige Entwicklung ausgewählt, sodass die für den Sachunterricht zentrale vielperspektivische Betrachtungsweise der Unterrichtsgegenstände ermöglicht werden kann. An jeden thematischen Block gliedern sich drei Fragen an, die sich jeweils auf eine der fachdidaktischen Wissensfacetten beziehen (vgl. Abb. 1).

| | Schüler*innen-voraussetzungen | Instruktions- und Vermittlungsstrategien | Curriculum |
|--|--|--|--------------------------------------|
| Vignette 1: Schulhofgestaltung - Kartographie | V1F1: Lernschwierigkeiten/ kognitiver Anspruch | V1F2: Elementarisierungen/ Didaktische Reduktion | V1F3: Einordnung Klassenstufe |
| Vignette 2: Landwirtschaft - Wachstumsbedingungen | V2F1: Motivation und Interesse (Medien) | V2F2: Aufgaben- und Fragestellungen | V2F3: Einordnung Lehrplan |
| Vignette 3: Wasser-Boden-Wechselbeziehung | V3F1: Schüler*innenvorstellungen/ Präkonzepte | V3F2: Denk- und Arbeitsweisen | V3F3: Einordnung Perspektivrahmen |

Abb. 1: Konzeption der Vignetten

Die Proband*innen werden in diesem Zusammenhang aufgefordert, zu fiktiven Unterrichtssituationen fachdidaktische Entscheidungen zu treffen. Dabei zielen die Teilfragen jeweils auf eine bestimmte Facette des fachdidaktischen Wissens ab. Die nachfolgende Vignette zeigt ein Beispiel der Facette „Schüler*innenvoraussetzungen“. Je nach Beantwortung und Wahl der Einstiegsmethode, kann auch eine Verbindung zur Facette „Instruktions- und Vermittlungsstrategien“ („Medien“) hergestellt werden (vgl. Abb. 2).

**Vignette 2:
Landwirtschaft - Wachstumsbedingungen**

Situation:
In einer Fachzeitschrift haben Sie einen Beitrag gelesen, der sich mit der Implementation der Nachhaltigkeitsziele in den Sachunterricht beschäftigt. Durch die Thematisierung des Tomatenanbaus möchten Sie hauptsächlich die geographische und die naturwissenschaftliche Perspektive des Sachunterrichts ansprechen. Dem Entwurf liegt die Frage „Tomaten wachsen im Sommer in Deutschland, im Winter jedoch nicht. Woher kommen sie im Winter?“ zugrunde. In dem Artikel wird ein Sachtext zum Tomatenanbau in Spanien vorgeschlagen. Die vorgeschlagene Stundenplanung sagt Ihnen zu, startet jedoch direkt ins Thema.


Arbeitsblatt 5

Tomaten

Leuchtend rote Tomaten gibt es das ganze Jahr über im Supermarkt zu kaufen. Doch Tomaten brauchen viel Wärme, um zu reifen. In Deutschland können sie ab Mitte Juni bis in den Herbst im Freien geerntet werden.

Damit Tomaten auch im Winter und Frühjahr in den Supermarkt kommen, wird viel Aufwand betrieben.

Oft stammen sie aus wärmeren Ländern. Viele Tomaten, die man in Deutschland kaufen kann, werden zum Beispiel in Gärtnereien in Südspanien angebaut. Von dort müssen sie mit dem LKW nach Deutschland gebracht werden. Das ist schädlich für das Klima, denn für diese weite Strecke wird viel Treibstoff gebraucht.



(Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit 2018: 5)

Schüler*innenvoraussetzungen
Motivation und Interesse (& Medien):

Es fehlt Ihnen ein Einstieg in die Unterrichtsstunde. Welcher Zugang bietet sich an, um anregend in den Unterricht einzusteigen? Wie werden insbesondere die Interessen der Schülerinnen und Schüler gefördert? (Grundbedürfnisse zur Interessenausbildung: 1. Selbstbestimmung, 2. Kompetenzerleben, 3. Bedürfnis sozialer Eingebundenheit)

Abb. 2: Beispielvignette zu Schüler*innenvoraussetzungen: V2F1

Die Auswertung der Vignetten erfolgt mithilfe einer evaluativen qualitativen Inhaltsanalyse nach Kuckartz (2018), um den Studierenden eine Rückmeldung über ihren aktuellen Status und die Entwicklung des fachdidaktischen Professionswissens bereitstellen zu können. Nach Abschluss der Pilotierung wurde das Kodiermanual sowohl induktiv als auch deduktiv erstellt. Auf Basis der Qualität der fachdidaktischen Begründungen konnten die Studierenden insgesamt 34 Punkte erreichen. Die erste Interrater-Reliabilität des Kodiermanuals lag bei 53 % der Antworten bei einem gewichteten Kappa-Wert von .789. Nach einer mündlichen Validierung zwischen den beiden Ratern und einer erneuten Kodierung einer Teilstichprobe konnte der gewichtete Kappa-Koeffizient auf einen Wert von .852 verbessert werden. Als weiteres Qualitätsmaß zur Beurteilung der Ergebnisse der Pilotierung wurde Cronbachs Alpha errechnet. Dieser liegt für die Pilotierung der Vignetten bei .82.

Erste Ergebnisse

Die Ergebnisse der Studierenden zeigen einen Mittelwert von $M = 20.3$ Punkten ($SD = 6.23$, $min = 5.5$, $max = 28.5$).

Als inhaltlicher Einblick in die Vignettenbeantwortung wurden zwei Zitate ausgewählt:

„Der Sachtext zum Tomatenanbau wird durch ein Bild unterstützt. Dieses Bild kann im Rahmen einer Vorwissensaktivierung für einen Einstieg in die Unterrichtsstunde genutzt werden. Hierbei können die Kinder gefragt werden: Was fällt euch zu diesem Bild ein? Was verbindet ihr mit diesem Bild? [...] Anschließend fühlen sich die SchülerInnen durch ihre Äußerungen in das Unterrichtsgeschehen sozial eingebunden. Zu den Äußerungen kann direktes Feedback gegeben werden, wodurch das Kompetenzerleben der SchülerInnen gefördert wird. Dabei wird auch die Selbstbestimmung angesprochen, dadurch dass diese Aufgabe einen offenen Zugang zu dem Thema bietet und die SchülerInnen selbstbestimmt Gedanken formen und äußern können“ (Eigene Erhebung, 2022).

Diese Antwort der teilnehmenden Person enthält alle zentralen Aspekte, die im Kodiermanual festgeschrieben wurden: Wahl der Einstiegsmethode, Berücksichtigung der Grundbedürfnisse zur Interessensausbildung und Begründung der Grundbedürfnisse. Aus diesem Grund wurde diese beispielhafte Antwort mit der vollen Punktzahl bewertet.

„Man könnte verschiedene Tomatensorten mitbringen und diese optisch untersuchen, mit Bildern zuordnen in welchen Gerichten Tomaten drin sind und so einen Bogen zur Thematik spannen. Durch die verschiedenen Sorten hat man die Möglichkeit direkt auf geographische Gegebenheiten einzugehen“ (Eigene Erhebung, 2022).

In der Variante eines weiteren Teilnehmenden wurde eine Einstiegsmethode gewählt, jedoch wurden die Aspekte Grundbedürfnisse sowie die Begründung dieser nur randständig betrachtet. Darüber hinaus fehlt es an einer fachdidaktischen Begründung für die Wahl der Einstiegsmethode, wodurch lediglich auf die Sichtstruktur eingegangen wurde. Demzufolge wurde diese Bearbeitung mit einer deutlich geringeren Punktzahl bewertet.

Diskussion und Ausblick

Bei der inhaltsanalytischen und statistischen Auswertung hat sich gezeigt, dass der entwickelte Vignettentest zur Erfassung des fachdidaktischen Wissens von Sachunterrichts-Studierenden geeignet ist. Dennoch hat sich ergeben, dass zwei der drei Vignettenblöcke einer inhaltlichen Überarbeitung bedürfen, da die vielperspektivische Betrachtungsweise der Unterrichtsgegenstände im Sachunterricht noch zu wenig repräsentiert wird. Nach Anpassung der betreffenden Vignetten wird der Test im November 2022 ein zweites Mal pilotiert und im Sommersemester 2023, nach Anpassung des Kodiermanuals, final eingesetzt.

Literatur

- Baumert, J., & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9(4), 469–520.
- Beck, E. (Hg.) (2008). *Pädagogische Psychologie und Entwicklungspsychologie: Vol. 63. Adaptive Lehrkompetenz. Analyse und Struktur, Veränderbarkeit und Wirkung handlungssteuernden Lehrerwissens*. Münster, New York, München, Berlin: Waxmann.
- Brovelli, D., Bölsterli, K., Rehm, M., & Wilhelm, M. (2013). Erfassen professioneller Kompetenzen für den naturwissenschaftlichen Unterricht. Ein Vignettentest mit authentisch komplexen Unterrichtssituationen und offenem Antwortformat. *Unterrichtswissenschaft*, 41(4), 306–329.
- Carlson, J., Daehler, K. R., Alonzo, A. C., Barendsen, E., Berry, A., Borowski, A., Carpendale, J., Kam Ho Chan, K., Cooper, R., Friedrichsen, P., Gess-Newsome, J., Henze-Rietveld, I., Hume, A., Kirschner, S., Liepertz, S., Loughran, J., Mavhunga, E., Neumann, K., Nilsson, P. Park, S., Rollnick, M., Sickel, A., Schneider, R. M., Kjong Suh, J., van Driel, J., & Wilson, C. D. (2019). The Refined Consensus Model of Pedagogical Content Knowledge in Science Education. In A. Hume, R. Cooper, & A. Borowski (Hg.), *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science*. Singapur: Springer Nature, 77-94.
- Cooper, R., Fitzgerald, A., & Carpendale, J. (2022). A Reading Group for Science Educators: an Approach for Developing Personal and Collective Pedagogical Content Knowledge in Science Education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 53(8), <https://doi.org/10.1007/s10763-022-10260-y>.
- Franken, N. (2020). *Kognitive und affektiv-motivationale Kompetenzen von Lehramtsstudierenden der Fächer Biologie, Chemie und Sachunterricht im Kontext des Praxissemesters*. Dissertation, Bergische Universität, Wuppertal.
- König, J., Darge, K., Kramer, C., Ligtvoet, R., Lünemann, M., Podlecki, A.-M., & Strauß, S. (2018). Das Praxissemester als Lerngelegenheit: Modellierung lernprozessbezogener Tätigkeiten und ihrer Bedingungsfaktoren im Spannungsfeld zwischen Universität und Schulpraxis. In J. König, M. Rothland, & N. Schaper (Hg.), *Learning to Practice, Learning to Reflect? Ergebnisse aus der Längsschnittstudie LTP zur Nutzung und Wirkung des Praxissemesters in der Lehrerbildung*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 87-114.
- Shulman, L. S. (1986). Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.
- Weyland, U., & Wittmann, E. (2015). Langzeitpraktika in der Lehrerausbildung in Deutschland. Stand und Perspektiven. *Journal für LehrerInnenbildung*, 15(1), 8-21.

Mathias Lutz¹
 Hendrik Lohse-Bossenz²
 Markus Rehm¹

¹Pädagogische Hochschule Heidelberg
²Universität Greifswald

Der Einfluss des Professionswissens angehender Chemielehrkräfte auf deren diagnostische Urteile beim Umgang mit Lernendenvorstellungen

Ausgangslage und theoretischer Hintergrund

Das Diagnostizieren in Unterrichtssituationen stellt an Lehrkräfte eine zentrale berufliche Anforderung (Südkamp & Praetorius, 2017). Die *diagnostische Kompetenz* und das Fällen daraus resultierender adäquater *diagnostischer Urteile* werden als ein „zentraler Prozess und Kompetenzbereich von Lehrkräften“ diskutiert (Sommerhoff et al., 2022).

Kritik wird allerdings an der bisherig verbreiteten Vorgehensweise zur Erhebung der diagnostischen Kompetenz geübt: bei der Erfassung der Diagnosekompetenz wird in vielen Forschungsarbeiten die Urteilsakkurtheit als Gütekriterium für diagnostische Urteile gewählt. Ein jüngerer Forschungszweig legt den Fokus vermehrt auf den Diagnoseprozess und die Informationsverarbeitung (Becker et al., 2020; Heeg et al., 2021; Hoppe et al., 2020).

Für den Chemieunterricht schließt das Diagnostizieren und die damit verbundene Informationsverarbeitung u.a. die Fähigkeit ein, Lernendenvorstellungen als Lernvoraussetzungen von Schüler:innen wahrnehmen und ihren Einfluss auf den Unterrichtserfolg einschätzen zu können. Dies trägt im hohen Maße zur Qualität eines adaptiven Chemieunterrichts bei. Leuders et al. (2022) kommen auf der Grundlage aktueller Befunde zum Schluss: der Diagnoseprozess bzw. die darauf bezogene Informationsverarbeitung von Lehrkräften wird durch den Kontext sowie durch bestimmte Personencharakteristika (PC) beeinflusst. Ein solches Charakteristikum stellt das Professionswissen mit den Wissensbereichen *fachdidaktisches Wissen (PCK)* und *Fachwissen (CK)* dar. Mittlerweile besteht auch Konsens über den Einfluss des Professionswissens auf das Denken und Handeln von Lehrkräften (Blömeke et al., 2014; Brunner et al., 2006; Kulgemeyer & Riese, 2018) und damit auch auf den Informationsverarbeitungsprozess, der den diagnostischen Urteilen zu Grunde liegt: Eine Unterrichtssituation bietet der Lehrkraft eine Fülle an Informationen (Reizen) an, das entsprechende (Fach)Wissen einer Person hilft dabei, die relevanten Informationen wahrzunehmen und zu verarbeiten (Loibl et al., 2020). Insbesondere das PCK und das CK einer Lehrkraft scheinen dementsprechend einen wichtigen Einfluss auf die Qualität des diagnostischen Urteils zu haben (Blömeke et al., 2014; Dreher & Leuders, 2021; Schreiter et al., 2022). Explizit beim Diagnostizieren von Lernendenvorstellungen konnten empirische Studien bereits einen Zusammenhang zwischen den diagnostischen Urteilen und Wissensfacetten des PCK und CK aufzeigen (Hoppe et al., 2020; Rath, 2017).

Wie dieser Zusammenhang bei Chemielehrkräften aussieht, gilt es noch zu untersuchen. Welchen Einfluss das PCK und das chemiespezifische CK auf das Diagnostizieren, den zu Grunde liegenden Informationsverarbeitungsprozess und die resultierenden diagnostischen Urteile haben, ist bislang offen. Darüber hinaus ist noch ungeklärt, ob und an welchen Stellen diese Wissensbereiche den Prozess der Genese eines diagnostischen Urteils

beeinflussen. Insbesondere an dieses Desiderat knüpft das vorliegende Forschungsprojekt an. Mit dem gewählten Forschungsansatz wird dem Einfluss des Professionswissens auf die diagnostischen Urteile und den Informationsverarbeitungsprozess nachgegangen.

Ziel der Studie und Forschungsfragen

Als Teilprojekt des landesgeförderten Forschungs- und Nachwuchskollegs DiaKom (Diagnostische Kompetenzen von Lehrkräften) knüpft dieses Forschungsvorhaben an das übergeordnete Forschungsziel an, Erklärungswissen über die Genese diagnostischer Urteile von Lehrkräften zu generieren. Der Fokus dieses Beitrages liegt auf dem Fachbereich der Chemie und setzt sich zum Ziel, die diagnostischen Urteile von angehenden Chemielehrkräften im Umgang mit Lernendenvorstellungen im Themengebiet „Stoffe und ihre Eigenschaften“ zu untersuchen. Ein besonderer Schwerpunkt liegt hierbei auf dem Prozess der Urteilsbildung, welcher nach dem DiaKom-Rahmenmodell als Informationsverarbeitung modelliert wird (Loibl et al., 2020).

Zunächst wird der Einfluss des chemischen CK und PCK auf diagnostische Urteile von Lehrkräften untersucht. Darüber hinaus wird durch eine gezielte Manipulation einzelner chemischer Wissensbereiche ein differenzierter Einblick in den Prozess der Urteilsbildung und die Verflechtung der Wissensbereiche während der Informationsverarbeitung angestrebt. Gerade die Prozesse der Wahrnehmung, Interpretation und Entscheidungsfindung sind im Fachbereich der Chemie noch weitgehend unerforscht. Daher wird folgenden drei Forschungsfragen (FF) nachgegangen:

- FF1: Gibt es Zusammenhänge zwischen dem chemischen CK/PCK angehender Lehrkräfte und deren diagnostischer Urteile beim Umgang mit Lernendenvorstellungen und die damit verbundene Gestaltung von Lernsituationen im Chemieunterricht?
- FF2: Beeinflusst eine gezielte Manipulation des chemischen CK und PCK das diagnostische Urteil von angehenden Lehrkräften?
- FF3: Welche Wissensbereiche des chemischen CK und PCK nutzen angehende Lehrkräfte beim Begründen ihrer diagnostischen Urteile über Lernendenvorstellungen?

Hypothesen

Das chemische CK und das PCK korrelieren mit der Güte der diagnostischen Urteile beim Erkennen und dem Umgang mit Lernendenvorstellungen im Bereich „Stoffe und ihre Eigenschaften“.

- H1: Studierende mit höher ausgeprägtem CK und PCK treffen akkuratere diagnostische Urteile beim Umgang mit Lernendenvorstellungen als Studierende mit vergleichbar geringer ausgeprägtem CK und PCK.

Die Interventionen zum Thema Lernendenvorstellungen haben einen Einfluss auf die Identifikation und den Umgang mit Lernendenvorstellungen im Bereich „Stoffe und ihre Eigenschaften“.

- H2: Studierende treffen unmittelbar nach der Intervention akkuratere diagnostische Urteile beim Umgang mit Lernendenvorstellungen als Studierende der Kontrollgruppe.

Die Teilnehmer der Interventionsgruppen rufen zur Begründung ihrer diagnostischen Urteile Wissensbereiche der vermittelten Inhalte der Interventionen ab und nutzen diese, um Lernendenvorstellungen zu diagnostizieren.

- H3: Studierende nutzen, im Gegensatz zu der Kontrollgruppe, zum Begründen ihrer diagnostischen Urteile beim Umgang mit Lernendenvorstellungen Wissensbereiche aus den entsprechenden Interventionen.

Aufgrund der verschiedenen Forschungsschwerpunkte des Forschungsanliegens dieses Projektes ist ein Forschungsdesign mit quantitativen und qualitativen Forschungsmethoden angebracht. Dieses wird im Folgenden erläutert.

Forschungsdesign und Instrumente

Das Forschungsprojekt gliedert sich in drei Forschungsphasen, entsprechend der Forschungsfragen. Zielgruppe sind angehende Chemielehrkräfte der Pädagogischen Hochschulen in Baden-Württemberg.

In der ersten Forschungsphase wird eine einmalige Paper-Pencil-Fragebogenerhebung durchgeführt. Die Wissensbereiche *chemisches Fachwissen* und *fachdidaktisches Wissen* werden über bestehende Wissenstests (Dollny, 2011; Tempel, 2017; Witner & Tepner, 2011) erhoben, die diagnostischen Urteile zu Handlungsentscheidungen in unterrichtsnahen Situationen über einen bestehenden Vignettentest (Feige, 2021). Es werden nach einer Poweranalyse mit G*Power unter Annahme einer mittleren Effektstärke etwa n=140 Studierende befragt.

Für die zweite Forschungsphase wird eine Interventionsstudie mit Querschnittsuntersuchung im Prä-Post-Design gewählt. Verglichen werden drei Interventionsgruppen I1, I2 und I3 mit unterschiedlichen Interventionsinhalten (I1: Schulung CK, I2: Schulung PCK und I3: Schulung CK+PCK) und eine Kontrollgruppe, erhoben wird mit adaptierten Erhebungsinstrumenten aus Forschungsphase 1. Das Teilprojekt knüpft mit der Forschungsfrage unter anderem an dem Desiderat an, inwiefern Seminarveranstaltungen an der Hochschule die Kompetenzentwicklung im Fach Chemie beeinflussen (Franz, 2018). Angestrebt wird eine Teilnehmeranzahl von n=170 (Poweranalyse mit G*Power, Annahme einer mittleren Effektstärke).

In der dritten Forschungsphase wird vorrangig der Diagnoseprozess der angehenden Lehrkräfte in den Blick genommen. Dafür werden neben den Ergebnisindikatoren auch Prozessindikatoren erhoben: Neben der Erhebungsinstrumente aus Forschungsphase 2 werden parallel zur Bearbeitung der Vignetten Stimulated Recall Interviews durchgeführt, in welchen die Teilnehmer ihre diagnostischen Urteile erklären, begründen und ihre Wissensanwendung erläutern (Messmer, 2014). Um Rückschlüsse auf die Informationsverarbeitung zu gewinnen werden die Interviews mithilfe der qualitativen Inhaltsanalyse ausgewertet (Mayring, 2010; Mayring & Fenzl, 2014). Die Teilnehmer bilden ein Subsample der Teilnehmer aus Forschungsphase 2. Angestrebt wird eine Teilnehmeranzahl von n=20, je 5 Teilnehmer aus jeder Interventionsgruppe der zweiten Forschungsphase.

Literatur

- Becker, S., Spinath, B., Ditzen, B. & Dörfler, T. (2020). Der Einfluss von Stress auf Prozesse beim diagnostischen Urteilen – eine Eye Tracking-Studie mit mathematischen Textaufgaben. *Unterrichtswissenschaft*, 48(4), 531–550. <https://doi.org/10.1007/s42010-020-00078-4>
- Blömeke, S., König, J., Busse, A., Suhl, U., Benthien, J., Döhrmann, M. & Kaiser, G. (2014). Von der Lehrerbildung in den Beruf – Fachbezogenes Wissen als Voraussetzung für Wahrnehmung, Interpretation und Handeln im Unterricht. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 17(3), 509–542. <https://doi.org/10.1007/s11618-014-0564-8>

- Brunner, M., Kunter, M., Krauss, S., Klusmann, U., Baumert, J., Blum, W., Neubrand, M., Dubberke, T., Jordan, A., Löwen, K. & Tsai, Y.-M. (2006). Die professionelle Kompetenz von Mathematiklehrkräften: Konzeptualisierung, Erfassung und Bedeutung für den Unterricht ; eine Zwischenbilanz des COACTIV-Projekts. In *Untersuchungen zur Bildungsqualität von Schule* (S. 54–62). Waxmann; Waxmann, 2006. (Erstveröffentlichung 2006)
- Dollny, S. (2011). *Entwicklung und Evaluation eines Testinstruments Zur Erfassung des Fachspezifischen Professionswissens Von Chemielehrkräften. Studien Zum Physik- und Chemielernen Ser: v. 127*. Logos Verlag Berlin.
- Dreher, A. & Leuders, T. (2021). Fachspezifität von Unterrichtsqualität – aus der Perspektive der Mathematikdidaktik. *Unterrichtswissenschaft*, 49(2), 285–292. <https://doi.org/10.1007/s42010-021-00116-9>
- Feige, E.-M. (2021). *Entwicklung und Validierung eines Testinstruments zur Erfassung des chemiedidaktischen Wissens von angehenden Lehrkräften zu Schülervorstellungen*. Opus online.
- Franz, E.-K. (2018). Effektive Kompetenzdiagnose in der Lehrerbildung – Zusammenfassung, Diskussion und Ausblick. In J. Rutsch, M. Rehm, M. Vogel, M. Seidenfuß & T. Dörfler (Hrsg.), *Effektive Kompetenzdiagnose in der Lehrerbildung* (S. 179–193). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-20121-0_9
- Heeg, J., Bittorf, R. M. & Schanze, S. (2021). Erforschung potenzieller Entwicklungsverläufe diagnostischer Fähigkeiten angehender Chemielehrkräfte hinsichtlich Lernendenvorstellungen – Die Bedeutung individueller Vorstellungen über Lernendenvorstellungen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 27(1), 17–44. <https://doi.org/10.1007/s40573-021-00124-3>
- Hoppe, T., Renkl, A. & Rieß, W. (2020). Förderung von unterrichtsbegleitendem Diagnostizieren von Schülervorstellungen durch Video- und Textvignetten. *Unterrichtswissenschaft*, 48(4), 573–597. <https://doi.org/10.1007/s42010-020-00075-7>
- Kulgemeyer, C. & Riese, J. (2018). From professional knowledge to professional performance: The impact of CK and PCK on teaching quality in explaining situations. *Journal of Research in Science Teaching*, 55(10), 1393–1418. <https://doi.org/10.1002/tea.21457>
- Leuders, T., Loibl, K., Sommerhoff, D., Herppich, S. & Praetorius, A.-K. (2022). Toward an Overarching Framework for Systematizing Research Perspectives on Diagnostic Thinking and Practice. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 43(1), 13–38. <https://doi.org/10.1007/s13138-022-00199-6>
- Loibl, K., Leuders, T. & Dörfler, T. (2020). A Framework for Explaining Teachers' Diagnostic Judgements by Cognitive Modeling (DiaCoM). *Teaching and Teacher Education*, 91, 103059. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2020.103059>
- Mayring, P. (2010). *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken* (11. Aufl.). Pädagogik. Beltz.
- Mayring, P. & Fenzl, T. (2014). Qualitative Inhaltsanalyse. In *Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung*. Springer VS, 2014.
- Messmer, R. (2014). Stimulated Recall als fokussierter Zugang zu Handlungs- und Denkprozessen von Lehrpersonen. Vorab-Onlinepublikation. <https://doi.org/10.17169/fqs-16.1.2051> (Forum Qualitative Sozialforschung / Forum: Qualitative Social Research, Vol 16, No 1 (2015)).
- Rath, V. (2017). *Diagnostische Kompetenz von angehenden Physiklehrkräften: Modellierung, Testinstrumentenentwicklung und Erhebung der Performanz bei der Diagnose von Schülervorstellungen in der Mechanik. Studien zum Physik- und Chemielernen: Bd. 220*. Logos Verlag Berlin GmbH.
- Schreiter, S., Vogel, M., Rehm, M. & Dörfler, T. (2022). Die Rolle des Wissens angehender Mathematiklehrkräfte beim Diagnostizieren schwierigkeitsgenerierender Aufgabenmerkmale. Erkenntnisse aus Eye-Tracking Stimulated Recall Interviews. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 43(1), 101–133. <https://doi.org/10.1007/s13138-022-00203-z>
- Sommerhoff, D., Leuders, T. & Praetorius, A.-K. (2022). Forschung zum diagnostischen Denken und Handeln von Lehrkräften – Was ist der Beitrag der Mathematikdidaktik? *Journal für Mathematik-Didaktik*, 43(1), 1–12. <https://doi.org/10.1007/s13138-022-00205-x>
- Südkamp, A. & Praetorius, A.-K. (Hrsg.). (2017). *Pädagogische Psychologie und Entwicklungspsychologie: Bd. 94. Diagnostische Kompetenz von Lehrkräften: Theoretische und methodische Weiterentwicklungen*. Waxmann.
- Tempel, B. (2017). *Vermittlung von Modellkompetenz in den Unterrichtsfächern Biologie und Chemie: Modellierung, Validierung und Messung Professioneller Unterrichtswahrnehmung zukünftiger Lehrkräfte mithilfe eines Vignettentests*. Opus online.
- Witner, S. & Tepner, O. (2011). ProwiN-Test zum Fachwissen von Chemielehrkräften. In Borowski, H. E. Fischer, M. Jüttner, S. Kirschner, B. J. Neuhaus, E. Sumfleth et al. (Hrsg.), *ProwiN-Testinstrumente*.

Adrian Schmidt¹
 Rüdiger Tiemann²
 Gunnar Friege¹

¹Leibniz Universität Hannover
²Humboldt-Universität zu Berlin

Reviewstudie: Gelingensindikatoren effektiven Problemlösens

Theoretischer Hintergrund

Technologische und soziale Entwicklungen führen zu einer ständigen Anpassung der für die gesellschaftliche und wirtschaftliche Teilhabe erforderlichen Kenntnisse und Fähigkeiten. Unter zunehmender Digitalisierung gilt dies insbesondere für die MINT-Bildung, weshalb mittels der 21st Century Skills Kompetenzen hergeleitet wurden, die Richtungen für die Weiterentwicklung von Lehr- und Lerninhalten liefern (Ananiadou and Claro, 2009). Unter den Skills hat sich das Problemlösen als relevant herausgestellt. Doch obwohl die in PISA-Studien ermittelte Problemlösefähigkeit von deutschen Schüler:innen über dem internationalen Durchschnitt liegt, ist der Anteil mit der geringsten Problemlösekompetenz relativ groß (Zehner et al., 2019).

Zur mangelnden Kompetenz kommt die Unklarheit über funktionierende Lehr- und Lernstrategien und eine anhaltende Differenzierung der Forschung zum Problemlösen. So unterliegen Problemlösestrategien einem Bandbreiten-Genauigkeits-Dilemma: Einige Strategien sind in einer Vielzahl von Situationen anwendbar, während sie für deren Lösung oft zu unspezifisch sind, und andere sind für fachspezifische Probleme hocheffektiv, aber für allgemeine Anwendungen thematisch begrenzt. Darüber hinaus werden mit Unterrichtskonzeptionen wie Productive Failure, Problem-Based Learning (PBL) oder Inquiry-Based Learning bisherige Unterrichtsansätze aktuell ergänzt (Loibl et al., 2017).

Zusätzlich ist die einschlägige Literatur weder vollständig noch umfassend. Auf der einen Seite gibt es Überblicksstudien, die das Problemlösen im MINT-Unterricht (mit-) untersuchen, ohne auf die Auswirkungen in bestimmten Disziplinen wie Physik oder Chemie einzugehen (Furtak et al., 2012). Andererseits gibt es einige Studien, wie (Hattie et al., 2013), die zeigen, dass Problemlösen eine hochwirksame Unterrichtsstrategie ist, dies jedoch nur für den Mathematikunterricht belegen. Studien, die das Problemlösen im Physik- oder Chemieunterricht untersuchen, sind selten, liegen oft schon einige Jahre zurück (Hsu et al., 2004) oder sind vom Umfang her begrenzt (Ince, 2018).

Forschungsfragen und Studiendesign

Aus den strukturellen und inhaltlichen Lücken in Bezug auf das Problemlösen und dem fehlenden Fokus auf die Physik und Chemie ergeben sich folgende drei Forschungsfragen:

- Inwieweit hat sich das Problemlösen im Chemie- und Physikunterricht im Zuge gewandelter Ansprüche an naturwissenschaftliche Bildung gewandelt (z.B. durch die leichtere Verwendung digitaler Tools, aber auch durch geänderte globale Herausforderungen)?
- Wie positionieren sich die identifizierten Problemlösungsstrategien in Chemie und Physik im Bandbreite-Genauigkeits-Spektrum?
- Lassen sich verallgemeinerbare Ansätze effektiven Problemlösens im Chemie- und Physikunterricht identifizieren, die als Gelingensindikatoren in ein MINT-förderliches Bildungsumfeld transferiert werden können?

Diesen Fragen wird qualitativ und quantitativ mit Hilfe eines umfassenden systematischen Reviews (Mixed-Methods) nachgegangen. Dies beinhalten zunächst eine systematische Suche und Auswertung vorhandener Übersichtsliteratur (Reviews, Metaanalysen) und dann eine Analyse der verwandten und weiteren Primärliteratur.

Methoden des systematischen Reviews

Das systematische Review wurde nach den PRISMA-Richtlinien (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses) (Page et al., 2021) konzipiert und anhand eines Review-Protokolls geplant (Xiao and Watson, 2019). Die Literatur wurde nach folgenden Kriterien über eine Titel-Abstract-Schlagwort-Suche gesucht:

Einschlusskriterien:

(1) Thema "Problem Solving", "Inquiry-based Learning/Teaching", "Problem-based Learning/Teaching", "Scientific Reasoning", "Productive Failure", oder "Heuristics"; sowie deutsche Äquivalente (2) Fachgebiet Physik- oder Chemiedidaktik; (3) Altersgruppe der Studienteilnehmer in Sekundarstufe oder College (Alter von 10-21); (4) auf Deutsch oder Englisch verfasst; (5) veröffentlicht zwischen 2002 und 2022.

Datenbanken, wiss. Zeitschriften & Bücher:

Web of Science (WoS), Scopus, Education Resources Information Center (ERIC), FIS Bildung, APA PsychINFO, Taylor Francis;
Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, American Journal of Physics, Physics Review Physics Education Research, Journal of Research in Science Teaching, Science Education, International Journal of Mathematics and Science Teaching (IJSME), Physik und Didaktik in Schule und Hochschule (PhyDidA), Empirische Pädagogik (EP); Springer- und Routledge-Bücher.

Die Review-Literatur wurde nach den gleichen Kriterien und den zusätzlichen Begriffen ("Review" ODER "Metaanalyse") gesucht. Darüber hinaus wurde die zitierte und zitierende Literatur der gefundenen Reviews mittels Vorwärts- und Rückwärtssuche extrahiert. Die Ergebnisse wurden in Cadima importiert (Kohl et al., 2018) und parallel von zwei Reviewer:innen aus der Physik- bzw. Chemiedidaktik gescreent (Inter-Rater-Reliabilität: Cohen's kappa > 0,6) (Multon and Coleman, 2018).

In einem nächsten Schritt wird ein Screening der Volltexte durchgeführt werden, in dem die umfassende Literatur auf eine anschließend codier- und in Hinblick auf die Forschungsfragen auswertbare Größenordnung reduziert wird. Neben der qualitativen Analyse werden dann auch quantitative Daten anhand der Effektgröße der Interventionen und der Vielfalt ihrer Anwendung (fachspezifischer vs. interdisziplinärer Einsatz) extrahiert werden.

Ergebnisse

Im ersten Schritt wurden 53 Reviews als relevant eingestuft und inhaltlich ausgewertet. Zunächst fällt auf, dass eine große Anzahl von Studien weniger als 20 Studien begutachten (Firman et al., 2019; Chen and Kalyuga, 2020; Astuti et al., 2021), was auf die begrenzten Suchzeiträume von 5-10 Jahren (Astuti et al., 2021) oder Datenbanken (Firman et al., 2019) zurückzuführen sein könnte. Inhaltlich fällt auf, dass viele Übersichtsarbeiten zwar das Problemlösen im Physik- oder Chemieunterricht (mit-)analysieren, dies aber in eine breitere Analyse aller Naturwissenschaften einbetten (Pedaste et al., 2015; Engelmann et al., 2016; Belland, 2017). Für problembasiertes Lernen (PBL) mit einer Effektgröße von 0,87 (Funa and Prudente, 2021) oder forschendes Lernen (Firman et al., 2019; Heindl, 2019) werden positive Auswirkungen auf das Lernen von Schülerinnen und Schülern im naturwissenschaftlichen

Unterricht anerkannt. Problemlösen gefolgt von forschendem Lernen (PS-I) wird als vorteilhaft gegenüber I-PS für domänenspezifische Probleme erkannt ($g = 0,36$) (Sinha and Kapur, 2021) und im Allgemeinen erweist sich der Einsatz digitaler Werkzeuge als positiv auf den Lernerfolg ($g = 0,65$) (Hillmayr et al., 2020). Daraus lässt sich schließen, dass ein generell positiver Effekt des Problemlösens auf das naturwissenschaftliche Lernen anerkannt ist und dass aktuelle Forschungsergebnisse vorliegen.

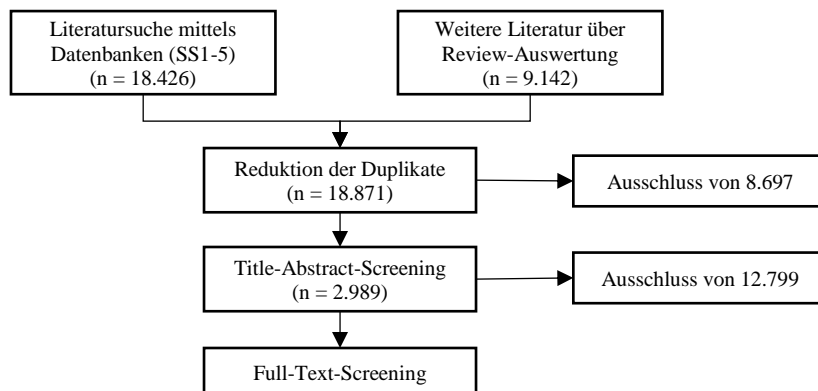


Abb. 1 – PRISMA-Flowchart der Suche der Literatursuche und des Screenings

Unsere anschließende Suche der Primärliteratur (Abb. 1) lieferte 18.871 Artikel. Von diesen lassen sich 46,1% eindeutig der Physik, 29,2 der Chemie und 13,9% beiden Disziplinen zuordnen. Interessant ist eine Auswertung der Publikationsjahre für den Begriff "Problemlösen": Prozentual gesehen finden sich viele Publikationen mit reinem Physikbezug in den Jahren um 2006, mit einem anschließenden starken Abfall der Zahlen bis 2010, aber einem anschließenden stetigen Anstieg bis 2019. Für die Chemie sind die Publikationszahlen um 2006 relativ niedrig und es ist ein stetiger Anstieg bis heute zu beobachten.

Eine erste Inhaltsanalyse der eingeschlossenen Studien (2.989) liefert Hinweise auf die ersten Forschungsfragen: Zum einen lassen sich ca. 35,9% der eingeschlossenen Studien domänenspezifisch in den Bereich der Physik (u.a. Raine and Symons, 2012; Gok, 2015) und 31,3% in Chemie (u.a. Rodríguez Ortega et al., 2019) einordnen. Von diesen wiederum weisen erste Studien auf neuere technologiebezogene Ergebnisse zum Problemlösen hin, was zusammen mit einem erhöhten Publikationsaufkommen in den letzten Jahren auf aktuelle Entwicklungsveränderungen im Problemlösen hinweist.

Zusammenfassung und Ausblick

Mit den bisherigen Ergebnissen lässt sich feststellen, dass es eine übereinstimmende Einschätzung positiver Einflüsse des Problemlösens auf den allgemeinen Schüler:innenerfolg im MINT-Unterricht gibt und dass insbesondere die Methoden des problem- und forschungsbasierten Lernens von Vorteil sind. Eine bibliometrische Analyse der Literatur belegt, dass Problemlösen ein nach wie vor aktives und wachsendes Forschungsfeld ist, wobei die Zahl der Studien mit reinem Physikbezug größer als die der Studien mit reinem Chemiebezug ist. Die bisherige Datenlage lässt außerdem vermuten, dass die nachfolgenden inhaltlichen Auswertungen explizite Hinweise zu den Forschungsfragen, insbesondere zu funktionierenden Lehr- und Lernmethoden liefern werden.

Literatur

- Ananiadou, K., and Claro, M., '21st Century Skills and Competences for New Millennium Learners in OECD Countries. OECD Education Working Papers, No. 41', *OECD Publishing (NJ1)*, 2009.
- Astuti, N. H., Rusilowati, A., and Subali, B., 'STEM-based learning analysis to improve students' problem solving abilities in science subject: A literature review', *Journal of Innovative Science Education*, Vol. 10, No. 1, 2021.
- Belland, B. R., *Instructional Scaffolding in STEM Education. Strategies and Efficacy Evidence*, Springer International Publishing, 2017.
- Chen, O. H., and Kalyuga, S., 'Exploring factors influencing the effectiveness of explicit instruction first and problem-solving first approaches', *European Journal of Psychology of Education*, Vol. 35, No. 3, 2020.
- Engelmann, K., Neuhaus, B. J., and Fischer, F., 'Fostering Scientific Reasoning in Education--Meta-Analytic Evidence from Intervention Studies', *Educational Research and Evaluation*, Vol. 22, 5-6, 2016.
- Firman, M. A., Ertikanto, C., and Abdurrahman, A., 'Description of meta-analysis of inquiry-based learning of science in improving students' inquiry skills', *Journal of Physics: Conference Series*, 2019.
- Funa, A. A., and Prudente, M. S., 'Effectiveness of Problem-Based Learning on Secondary Students' Achievement in Science: A Meta-Analysis', *International Journal of Instruction*, Vol. 14, No. 4, 2021.
- Furtak, E. M., Seidel, T., Iverson, H., and Briggs, D. C., 'Experimental and Quasi-Experimental Studies of Inquiry-Based Science Teaching: A Meta-Analysis', *Review of Educational Research*, Vol. 82, No. 3, 2012.
- Gok, T., 'An Investigation of Students' Performance after Peer Instruction with Stepwise Problem-Solving Strategies', *International Journal of Science and Mathematics Education*, Vol. 13, No. 3, 2015.
- Hattie, J., Beywl, W., and Zierer, K., *Lernen sichtbar machen*, Schneider-Verl. Hohengehren, 2013.
- Heindl, M., 'Inquiry-based learning and the pre-requisite for its use in science at school: A meta-analysis', *Journal of Pedagogical Research*, Vol. 3, No. 2, 2019.
- Hillmayr, D., Ziemwald, L., Reinhold, F., Hofer, S., and Reiss, K., 'The potential of digital tools to enhance mathematics and science learning in secondary schools. A context-specific meta-analysis', *Computers & Education*, 2020.
- Hsu, L., Brewster, E., Foster, T. M., and Harper, K. A., 'Resource letter RPS-1: Research in problem solving', *American journal of physics*, Vol. 72, No. 9, 2004.
- Ince, E., 'An Overview of Problem Solving Studies in Physics Education', *Journal of Education and Learning*, Vol. 7, No. 4, 2018.
- Kohl, C., McIntosh, E. J., Unger, S., Haddaway, N. R., Kecke, S., Schiemann, J., and Wilhelm, R., 'Online tools supporting the conduct and reporting of systematic reviews and systematic maps: a case study on CADIMA and review of existing tools', *Environmental Evidence*, Vol. 7, No. 1, 2018.
- Loibl, K., Roll, I., and Rummel, N., 'Towards a Theory of When and How Problem Solving Followed by Instruction Supports Learning', *Educational Psychology Review*, Vol. 29, No. 4, 2017.
- Multon, K. D., and Coleman, J. S. M., 'Inter-Rater Reliability', in B. B. Frey (ed.), *The SAGE Encyclopedia of Educational Research, Measurement, and Evaluation*, SAGE Publications, Inc, 2018.
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., McGuinness, L. A., Stewart, L. A., Thomas, J., Tricco, A. C., Welch, V. A., Whiting, P., and Moher, D., 'The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews', *The BMJ*, Vol. 372, 2021.
- Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., Jong, T. de, van Riesen, S., Kamp, E. T., Manoli, C. C., Zacharia, Z. C., and Tsourlidaki, E., 'Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle', *Educational Research Review*, Vol. 14, 2015.
- Raine, D., and Symons, S., 'Problem-based learning: undergraduate physics by research', *CONTEMPORARY PHYSICS*, Vol. 53, No. 1, 2012.
- Rodríguez Ortega, P. G., Gilbert-López, B., Esteo Donaire, S., and Montejo, M., 'Study of the Effect of Volume Contraction in Methanol-Water Mixtures Used as Solvents for Analytical Purposes: A Student-Centered Project for Practical Learning', *Journal of Chemical Education*, Vol. 96, No. 4, 2019.
- Sinha, T., and Kapur, M., 'Robust effects of the efficacy of explicit failure-driven scaffolding in problem-solving prior to instruction: A replication and extension', *Learning and Instruction*, Vol. 75, 2021.
- Xiao, Y., and Watson, M., 'Guidance on Conducting a Systematic Literature Review', *Journal of Planning Education and Research*, Vol. 39, No. 1, 2019.
- Zehner, F., Weis, M., Vogel, F., Leutner, D., and Reiss, K., *Kollaboratives Problemlösen in PISA 2015: Deutschland im Fokus*, 2019.

Annika Sophie Krüger¹
Stefan Rumann¹
Marc Rodemer¹

¹Universität Duisburg-Essen

Förderung von Modellverständnis im Sachunterricht mit verschiedenen Lernformen

Einleitung und theoretischer Hintergrund

Deutschlandweit sind Lehr-Lern-Labore mit naturwissenschaftlichem Schwerpunkt für die Grundschule nur vereinzelt verbreitet. In diesem Projekt wurde daher ein außerschulischer Labortag zum curricular verankerten Thema "Wasser und Wasserkreislauf" für Drittklässler*innen entwickelt. Hier können Schüler*innen naturwissenschaftliche Experimente selbstständig und im Klassenverband durchführen. Dies ist eine Möglichkeit, Schüler*innen das Experimentieren zu ermöglichen, da Lehrkräfte in ihrem Unterricht eher selten praktisch experimentieren und arbeiten (Gottwald, 2016). Dabei kann zudem der Förderung des Modellverständnisses eine entscheidende Rolle zugeschrieben werden. Das Modellverständnis ist bei den meisten Schüler*innen eher naiv ausgeprägt (Grünkorn et al., 2014). Besonders junge Schüler*innen haben Probleme, die Aggregatzustände und die zugrundeliegenden Prozesse des Wasserkreislaufs in einem geeigneten Modell zu erfassen (Gogolin & Krüger, 2018). Im Unterricht werden, trotz der bereits angebrachten Argumente, Modelle oft nur zu Anschauungszwecken verwendet (Krell et al., 2013) und das, obwohl die Nützlichkeit des Modellierens weithin anerkannt ist (Louca et al., 2011; Schwarz & Gwekwerere, 2007). Problematisch ist, dass Schüler*innen so mit Materialien konfrontiert werden, die implizit Modellverständnis erfordern, obwohl eine explizite Förderung nötig wäre (Gogolin & Krüger, 2018; Upmeyer zu Belzen & Krüger, 2019). Es wird daher argumentiert, dass zum Erreichen eines umfassenden Modellverständnisses in der Grundschulbildung ein breit gefächertes Zugang zum Thema gewählt werden sollte (Louca et al., 2011).

Insgesamt gibt es bisher wenig Forschung zu geeigneten Lernsettings, die das Modellverständnis im Grundschulalter fördern. Es ist bekannt, dass instruktive Lernsettings effektives Lernen fördern und die kognitive Belastung reduzieren (Große & Renkl, 2014; Sweller et al., 2011). In diesem Zusammenhang besagt die Cognitive-Load-Theorie, dass alle für das Lernen relevanten Informationen bereitgestellt werden sollten, um eine kognitive Überlastung zu vermeiden (Kirschner et al. 2006; Sweller et al., 2011). Es wird jedoch kritisiert, dass die Bereitstellung aller relevanten Informationen zu sogenanntem "trägem" Wissen führen kann, das in Transferaufgaben oder neuen Problemkontexten nicht angewendet werden kann (Renkl et al., 1996). Ein weiteres vielversprechendes Lernsetting für kognitive Aktivierung, das bisher kaum systematisch untersucht wurde, ist das Lernen aus Fehlern (für einen Überblick siehe Metcalfe, 2017). Hier werden die Lernenden aufgefordert, Fehler im Lernmaterial zu erkennen und zu begründen, warum die Darstellungen falsch sind. Theoretisch führt das Nachdenken über Fehler zu einem besseren Verständnis, da das Bewusstsein für falsche Alternativen im Gegensatz zur richtigen Lösung geschärft wird (Oser et al., 2012). Obwohl das Lernen aus Fehlern ein Ansatz ist, der in der Bildungsforschung bislang wenig Beachtung gefunden hat, weisen einige Studien auf seine Wirksamkeit für langfristiges Lernen und den Transfer auf neue Problemkontexte hin (Booth et al., 2013;

Große & Renkl, 2007). Ziel der hier vorgestellten Studie ist daher die Untersuchung der Effektivität des Lernens aus Fehlern im Kontext des Modellverständnisses zum Thema „Wasser und Wasserkreislauf“.

Ziele und Forschungsfrage

Das Hauptziel ist es zu untersuchen, welchen Einfluss das Lernen aus Fehlern auf den Lernzuwachs der Schüler*innen im Vergleich zur Kontrollgruppe hat. Da für diese Untersuchung kein geeignetes Testinstrument zur Verfügung steht, wurde ein Test zum Fachwissen und Modellverständnis entwickelt. Insgesamt wird das Projekt von folgender Forschungsfrage geleitet:

FF: Inwiefern beeinflusst das Lernen aus Fehlern den Lernzuwachs im Vergleich zur Kontrollgruppe ohne vorherige Fehlersuche?

Auf Grundlage der Literatur erwarten wir in beiden vorgestellten Lernsettings einen Lernzuwachs. Die Schüler*innen der „Fehler-Suche“-Lerngruppe sollten jedoch im langfristigen Lernen bessere Ergebnisse erzielen.

Methode und Design

Um die Forschungsfrage zu beantworten, wurde im Juni 2022 eine Pilotierungsstudie mit vier Klassen von zwei verschiedenen Grundschulen durchgeführt. An dieser Studie haben $N = 100$ Schüler*innen der dritten Klasse im Rahmen des Projekttags zum Thema „Wasser und Wasserkreislauf“ teilgenommen. Insgesamt wurden von den Schüler*innen selbstständig sieben verschiedene Experimente durchgeführt, welche sich mit den Aggregatzuständen und ihren Änderungen sowie den Prozessen des Wasserkreislaufs beschäftigten. Der neu konzipierte Fachwissenstest wurde den Experimenten vorgeschaltet. Der Test beinhaltet Fragen zum Fachwissen und Fragen, die implizit Rückschlüsse auf das Modellverständnis in Bezug auf den Wasserkreislauf und die Aggregatzustandsänderungen zulassen. Der Test setzt sich aus 44 Single-Select Items zusammen, die auf 11 übergeordnete Fragen aufgeteilt wurden. Für jedes Item sollen die Schüler*innen entscheiden, ob dieses im Bezug auf die Frage richtig oder falsch ist. Wenn sie noch über kein Wissen über dieses Thema verfügen, kreuzen sie „Ich weiß nicht“ an. Es wurde eine Rasch-Analyse durchgeführt und die Item-Reliabilität überprüft.

Im Rahmen eines quantitativen Prä-/Post-Designs wird der überarbeitete Test der Pilotierung verwendet. Von Oktober 2022 bis März 2023 wird der Projekttag mit mehreren Klassen durchgeführt.

Der Prä-Test findet in der Schule statt, während der Post-Test im Lehr-Lern-Labor in der Universität Duisburg-Essen stattfindet. Der Projekttag ist in drei Phasen gegliedert: 1.) in die Einführungsphase, in der das Thema kontextualisiert wird und Phänomene des Wasserkreislaufs problematisiert werden, 2.) in die Experimentierphase, in der die Schüler*innen in Kleingruppen, mithilfe einzelner Experimente, das Wissen zu den zuvor gestellten Fragen erarbeiten, und 3.) in die Schlussphase, in der die Schüler*innen ihre Beobachtungen aus den Experimenten in ein umfassendes Schaubild des Wasserkreislaufs integrieren. In dieser dritten Phase werden die Schüler*innen nach dem Zufallsprinzip einer von zwei Gruppen zugewiesen. Während die Schüler*innen in der „Kontrollgruppe“ ein vollständiges und korrektes Modell erhalten, erhalten die Schüler*innen aus der „Fehler-Suche“-Gruppe die Aufgabe, einen gezielt eingebauten Fehler zu erkennen, zu markieren und

zu korrigieren. Zur Sicherung der Beobachtungen werden an den einzelnen Stationen passende Arbeitsblätter eingesetzt und das Modell abschließend einmal mit den Schülerinnen und Schülern gemeinsam besprochen.

Ergebnisse und Analysen

Im Folgenden werden erste Ergebnisse für die Qualität des erstellten Testinstruments vorgestellt. Für die Analyse wurden die Daten dichotomisiert. Dafür wurde jede richtige Antwort mit 1 und jede falsche Antwort mit 0 kodiert. Die Option „Ich weiß nicht“ wurde wie eine falsche Antwort behandelt und daher ebenfalls mit 0 kodiert. Um die Qualität des Testinstruments zu bewerten, wurde eine Rasch-Analyse durchgeführt. Die Parameter der einzelnen Antwortmöglichkeiten liegen im akzeptablen Bereich ($.79 \leq wMNSQ \leq 1.36$; $-2.00 \leq t\text{-Wert} \leq 2,22$) (Wright et al., 1994). Die Item- und Personen- Reliabilität von .76 und .60 liegen in einem guten bis „fragwürdigen“ Bereich. Die Items decken eine Aufgabenschwierigkeit von -3,52 bis 2,22 Logits ab. Die Personenparameter reichen von -1,80 bis 2,16 Logits. Es wird deutlich, dass eine ausreichende Anzahl an Items vorhanden ist, um zwischen Probanden mit einer niedrigen bis mittleren Personenfähigkeit unterscheiden zu können (-4 bis 1 Logit). Bei einer höheren Personenfähigkeit (1 bis 1,25 Logit) ist eine zuverlässige Unterscheidung jedoch nicht mehr möglich. Bis auf eine kleine Lücke bei 1,5 Logit weist die erstellte Wright Map keine Lücken in der Verteilung der Itemschwierigkeiten auf. Somit sind die entwickelten Items dazu in der Lage, die Personenfähigkeiten in der aktuellen Stichprobe abbilden können. Für die Hauptstudie wird dieser Test angepasst, um den leichten Deckeneffekt zu beseitigen, die Lücken zu schließen und die Reliabilität zu erhöhen. Es werden schwierigere Items entwickelt, um eine höhere Differenzierung für höhere Personenfähigkeiten zu erreichen.

Diskussion und Ausblick

In diesem Projekt wird ein außerschulischer Labortag zum Thema „Wasser und Wasserkreislauf“ etabliert und mit vier Grundschulklassen erprobt. Während die meisten außerschulischen Labore ältere Schüler*innen ansprechen, konnten wir bislang zeigen, dass eine solche außerschulische Aktivität auch für Drittklässler*innen (9 Jahre) geeignet ist. Der entwickelte Test misst in ausreichendem Maße das Vorwissen von Drittklässler*innen zum Thema „Wasser und Wasserkreislauf“. Für die Hauptstudie werden Anpassungen vorgenommen. Darauf aufbauend wird der Test genutzt, um Rückschlüsse auf den Wissenszuwachs durch das Modellverständnis ziehen zu können. Die Ergebnisse der Hauptstudie werden sich speziell mit dem Bereich "Lernen aus Fehlern" beschäftigen. Besonders in der Grundschule bieten diese Erkenntnisse eine Chance, einen neuen Lernansatz zu integrieren. Das Ziel ist es somit, den Schülerinnen und Schülern einen wirksamen Lernansatz bieten zu können und diesen in den Regelunterricht der Grundschule zu integrieren.

Literatur

- Gogolin, S., & Krüger, D. (2018). Students' understanding of the nature and purpose of models. *Journal of Research in Science Teaching*, 55(9), 1313–1338. <https://doi.org/10.1002/tea.21453>
- Gottwald, A. (2016). Der Untersuchungsgegenstand: Ausgangslage und theoretische Grundlagen. In *Sprachförderndes Experimentieren im Sachunterricht*, 27–84. Springer VS.
- Große, C. S., & Renkl, A. (2007). Finding and fixing errors in worked examples: Can this foster learning outcomes? *Learning and Instruction*, 17(6), 612–634. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2007.09.008>
- Grünkorn, J., Belzen, A. U. zu, & Krüger, D. (2014). Assessing Students' Understandings of Biological Models and their Use in Science to Evaluate a Theoretical Framework. *International Journal of Science Education*, 36(10), 1651–1684. <https://doi.org/10.1080/09500693.2013.873155>
- Haupt, O. J., Domjahn, J., Martin, U., Skiebe-Corrette, P., Vorst, S., Zehren, W., & Hempelmann, R. (2013). Schülerlabor – Begriffsschärfung und Kategorisierung. *Der Mathematische Und Naturwissenschaftliche Unterricht*, 6(66), 324–330.
- Kirschner, P. A., Sweller, J., & Clark, R. E. (2006). Why Minimal Guidance During Instruction Does Not Work: An Analysis of the Failure of Constructivist, Discovery, Problem-Based, Experiential, and Inquiry-Based Teaching. *Educational Psychologist*, 41(2), 75–86. https://doi.org/10.1207/s15326985sep4102_1
- Krell, M., Upmeier zu Belzen, A., & Krüger, D. (2013). Students' Levels of Understanding Models and Modelling in Biology: Global or Aspect-Dependent? *Research in Science Education*, 44(1), 109–132. <https://doi.org/10.1007/s11165-013-9365-y>
- Louca, L. T., Zacharia, Z. C., & Constantinou, C. P. (2011). In Quest of productive modelingbased learning discourse in elementary school science. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(8), 919–951. <https://doi.org/10.1002/tea.20435>
- Metcalf, J. (2017). Learning from Errors. *Annual Review of Psychology*, 68, 465–489. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-010416-044022>
- Oser, F. K., Näpflin, C., Hofer, C., & Aerni, P. (2012). Towards a Theory of Negative Knowledge (NK): Almost-Mistakes as Drivers of Episodic Memory Amplification. In J. Bauer & C. Harteis (Eds.), *Professional and Practice-based Learning. Human Fallibility* (Vol. 6, pp. 53–70). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-90-481-3941-5_4
- Renkl, A. (2014). Toward an instructionally oriented theory of example-based learning. *Cognitive Science*, 38(1), 1–37. <https://doi.org/10.1111/cogs.12086>
- Renkl, A., Mandl, H., & Gruber, H. (1996). Inert knowledge: Analyses and remedies. *Educational Psychologist*, 31(2), 115–121. https://doi.org/10.1207/s15326985sep3102_3
- Schwarz, C. V., & Gwekwerere, Y. N. (2007). Using a guided inquiry and modeling instructional framework (EIMA) to support preservice K-8 science teaching. *Science Education*, 91(1), 158–186. <https://doi.org/10.1002/sce.20177>
- Sweller, J., Ayres, P., & Kalyuga, S. (2011). *Cognitive Load Theory*. Springer New York. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-8126-4>
- Upmeier zu Belzen, A., & Krüger, D. (2019). Modelle als methodische Werkzeuge begreifen und nutzen: Empirische Befunde und Empfehlungen für die Praxis. In J. Groß, M. Hammann, P. Schmiemann, & J. Zabel (Eds.), *Biologiedidaktische Forschung: Erträge für die Praxis* (Vol. 11, pp. 129–146). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-58443-9_8
- Wright, B. D., Linacre, J. M., Gustafson, J. E., & Martin-Lof, P. (1994). *Reasonable meansquare fit values.: Rasch measurement transactions* (Vol. 8).

Julia Elsner¹
Claudia Tenberge¹
Sabine Fechner¹

¹Universität Paderborn

Videoanalyse des Modellierprozesses von Grundschüler*innen

Hintergrund und Motivation

Die derzeitige Forschungslage zeigt auf, dass Schüler*innen im Primarbereich physikalische Phänomene wie den Wasserkreislauf modellieren können (Forbes et al., 2014; Forbes et al., 2019; Lange et al., 2014). Trotz der positiven Befunde lassen sich einige Schwierigkeiten beim Modellieren im Primarbereich feststellen: So können Forbes et al. (2014) empirisch herausfinden, dass einige Modelle, die von den Schüler*innen erstellt worden sind, aufgrund von Lücken in der Modelldarstellung nicht für die Erklärung eines Phänomens ausreichen (Forbes et al., 2014). Analog zeigen Forbes et al. (2019) auf, dass Grundschüler*innen zwar mithilfe der gebildeten Modelle Phänomene erklären können, allerdings lassen sich in Bezug auf die Qualität der Erklärung deutliche Unterschiede feststellen: Während einige Schüler*innen bei der Erklärung des Phänomens eher spezifische Elemente im Modell fokussieren und wenige Zusammenhänge zwischen diesen erkennen können, können andere größere Verbindungen im Modell herstellen und eine ganzheitliche Erklärung formulieren (Forbes et al., 2019). Um diesen Schwierigkeiten entgegenzutreten, sind in Anlehnung an Forbes et al. (2019) Scaffolding-Maßnahmen seitens der Lehrperson notwendig. Wie diese Maßnahmen konkret aussehen könnten und ob diese auch auf das Modellieren chemiebezogener Phänomene angewendet werden können, bleibt derzeit weitestgehend offen und ist Anlass für das folgende Promotionsvorhaben. Daher wird im Folgenden zunächst der theoretische Rahmen als Grundlage für das Forschungsvorhaben und Basis für die geplante Videoanalyse vorgestellt. Im Anschluss daran wird das Forschungsvorhaben detailliert beschrieben und ein Einblick in die Videoanalyse des Modellierprozesses von Grundschüler*innen gegeben.

Theoretischer Rahmen

Der Begriff „Modellieren“ wird in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung polyvalent definiert. So wird das Modellieren in Anlehnung an das National Research Council (2012) beispielsweise als Tätigkeit genutzt, um Probleme zu lösen oder ein Verständnis darüber zu erlangen, wie Wissenschaftler*innen arbeiten. In ähnlicher Weise verwenden Sins et al. (2005) das Modellieren im Sinne einer naturwissenschaftlichen Methode, um über Phänomene wissenschaftlich nachzudenken und Erkenntnisse reflektieren zu können. Krüger et al. (2018) bzw. Upmeier zu Belzen et al. (2019) stellen die Bedeutsamkeit des Modellierens für die Erkenntnisgewinnung heraus. Ergänzend zu Sins et al. (2005) stehen hiernach insbesondere die Reflexion über den Prozess der Erkenntnisgewinnung und den Zweck von Modellen im Vordergrund. Louca et al. (2011) stellen hingegen deutlicher die Rolle der Lehrperson beim Modellieren heraus, wobei die didaktische Instruktion als bedeutsam für den Modellierprozess erscheint. Constantinou et al. (2019) führen diese Positionen zusammen und definieren Modellieren allumfassend als Kompetenz. Angelehnt an den Kompetenzbegriff nach Weinert (2001) wird Modellieren als ein mehrdimensionales Konstrukt beschrieben. Im Vordergrund

steht demnach das Entwickeln einer Modellierkompetenz, die die aktive Tätigkeit des Lernenden im Modellierprozess voraussetzt. Modellierkompetenz bezieht sich nach Constantinou et al. (2019) dabei sowohl auf die Tätigkeit des Modellierens (*Modeling practices*) als auch auf das meta-kognitive Wissen über Modelle sowie den Modellierprozess (*Modeling meta-knowledge*): *Modeling practices* umfasst das Bilden eines Modells anhand von Beobachtungen oder empirisch gesammelten Daten (*Create*), das Anwenden des gebildeten Modells, um das Verständnis über ein Phänomen auszudrücken sowie Ideen kommunizieren zu können (*Use*), das Vergleichen der gebildeten Modelle im (wissenschaftlichen) Diskurs (*Compare*), das Überarbeiten des Modells (*Revise*) sowie die Validierung dessen (*Validate*).

Gilbert und Justi (2016) erarbeiten ebenfalls einige Jahre zuvor ein *Model of Modelling*, das analog zu Constantinou et al. (2019) die aktive Tätigkeit der Lernenden voraussetzt. Während es im Vergleich beider Modellierprozesse Ähnlichkeiten hinsichtlich des Bilden eines Modells (*Create*) oder Anwenden des Modells für die Erklärung eines Phänomens (*Use*) gibt, lassen sich dennoch Unterschiede herausstellen: Ausgangspunkt für das Modellieren sind nach Gilbert und Justi (2016) nicht nur das Beobachten oder Sammeln empirischer Daten, sondern vielmehr das Bilden eines (prototypischen) mentalen Modells (*Creation*). Mentale Modelle stellen in diesem Kontext und in Anlehnung an Vosniadou (1994, 2002) sowie Nitz und Fechner (2018) subjektive Repräsentationen eines Phänomens auf kognitiver Ebene dar, die in Abhängigkeit von Vorerfahrungen und Überzeugungen gebildet werden. Solche mentalen Modelle können nach Gilbert und Justi (2016) in diversen Repräsentationsmodi, zum Beispiel in Form einer Zeichnung, ausgedrückt werden (*Expression*). Darüber hinaus können die ausgedrückten Modelle in Experimenten oder Simulationen angewendet oder zur Erklärung von Phänomenen genutzt werden (*Test*). Abschließend gilt es, die gebildeten Modelle zu evaluieren und in neuen Kontexten anzuwenden (*Evaluation*). Die vier beschriebenen Ebenen sind miteinander verknüpft und laufen nicht-linear ab (Gilbert & Justi, 2016). In Abgrenzung zur Modellierkompetenz nach Constantinou et al. (2019) wird das meta-kognitive Wissen über Modelle und über den Modellierprozess nicht beachtet. Stattdessen stellen Gilbert und Justi (2016) die Bedeutsamkeit kognitiver Prozesse heraus, die fortwährend beim Modellieren stattfinden. Folglich werden im Prozess Analogien gebildet oder Gedankenexperimente durchgeführt. Insbesondere der Analogiebildung kommt beim Modellieren eine wesentliche Rolle zu und kann genutzt werden, um Beziehungen zwischen verschiedenen Experimenten herzustellen oder das Modell in anderweitigen Kontexten anzuwenden (Gilbert & Justi, 2016). In Ergänzung und in Anlehnung an Holyoak (2005) können Analogien auch genutzt werden, um konzeptuelles Wissen über ein Phänomen zu erwerben oder Wissen zu transferieren. Insbesondere die Analogiebildung zwischen multiplen Phänomenen zeigt sich dabei als förderlich für den Erwerb konzeptuellen Wissens, welches für den physikbezogenen Sachunterricht u.a. von Lohrmann et al. (2014) und für das Lernen im Chemieunterricht von Kehne (2019) bestätigt werden konnte.

Forschungsvorhaben

Wie bereits eingangs dargestellt, zeigt sich die Forschung zum Modellieren chemiebezogener Phänomene im Primarbereich als überschaubar. Forbes et al. (2019) bestätigen dies und stellen heraus, dass Studien zu anderen Themenbereichen, die nicht den Wasserkreislauf betreffen, fehlen würden. Aufgrund dessen wird im folgenden Promotionsvorhaben untersucht, ob

Schüler*innen im Primarbereich Phänomene zum Thema Löslichkeit fester Stoffe in Wasser und Öl mithilfe geeigneter Unterstützungsmaßnahmen modellieren können. Forschungsziele sind zum einen die Entwicklung und Erprobung von Unterstützungsmaßnahmen für den Modellierprozess, zum anderen die Untersuchung des Konzepterwerbs zur Löslichkeit.

Um diesen Zielen gerecht zu werden, ist eine Interventionsstudie im Prä-Post-Design entwickelt sowie durchgeführt und mithilfe von Videografien erhoben worden. An der Videostudie nahmen 63 Schüler*innen, darunter 36 Jungen und 27 Mädchen, im Alter von 9-12 Jahren ($M=9,9$; $SD=0,65$) der Jahrgangsstufe 4 einer städtischen Grundschule teil.

Zentrum der Intervention bilden Experimentiersituationen zum Thema Löslichkeit, die sowohl für das Modellieren als auch für die Analogiebildung als geeignet erscheinen. Die ausgewählten Experimente sind anhand von alltagsnahen Kontexten aufbereitet. Des Weiteren stehen den Schüler*innen Experimentieranleitungen und Aufgaben zum Modellieren zur Verfügung, die in beiden Gruppen (Interventions- und Vergleichsgruppe) gleichermaßen bearbeitet werden. Um die Wirksamkeit der Unterstützungsmaßnahme – die Analogiebildung zwischen den Phänomenen – zu untersuchen, erhält die Interventionsgruppe zusätzliche Aufgaben, die die Analogiebildung durch explizites Vergleichen herausfordert.

Die Erhebung des Konzepterwerbs vor und nach der Studie erfolgt in Prä-Post-Interviews. Im Prä-Interview werden die Schüler*innen mit dem Phänomen Löslichkeit von Salz in Wasser konfrontiert und aufgefordert, ihre mentalen Modelle hierzu in einer Zeichnung (2D-Modell) auszudrücken sowie das Phänomen anhand des Modells zu erklären. Im Post-Interview sollen die Lernenden erneut ein Modell zur Löslichkeit von Salz in Wasser erstellen und dies mit dem Modell aus dem Prä-Interview vergleichen. Zudem wird ein Transfer-Kontext zur Löslichkeit von Salz in einem Öl-Wasser-Gemisch präsentiert. Zu diesem Phänomen sollen die Schüler*innen ebenso ein Modell erstellen und das Phänomen erklären.

Sowohl die Interviews als auch die Interventionen liegen als Videografien vor, wobei die Aufnahmen primär den Modellier- bzw. Zeichenprozess fokussieren. Neben den Prozessdaten stehen die Zeichnungen sowie Forschertagebücher der Schüler*innen für die Auswertung zur Verfügung. Die vorliegenden Videodaten werden mithilfe von MAXQDA durch eine Videoanalyse ausgewertet. Die Videoanalyse erfolgt event-basiert in Anlehnung an Seidel et al. (2005), wobei nur die Phasen kodiert werden, die den Modellierprozess betreffen. Für die sachgerechte Kodierung wird nach den Empfehlungen von Seidel (2005) ein Kategoriensystem entwickelt, das sowohl die Phasen des Modellierprozesses nach Gilbert und Justi (2016) als auch die Analogiebildung fokussiert. Demnach werden folgende Kategorien in der Videoanalyse betrachtet: Verbaler Ausdruck des mentalen Modells, Darstellungen im Modell, Anwendung und Evaluation des Modells sowie die Analogiebildung zwischen den Phänomenen. Induktive Kategorien sind in Ergänzung möglich. Neben den genannten Kategorien sind Beispiele sowie Erläuterungen im Kategoriensystem aufgeführt, sodass eine objektive und einheitliche Kodierung gewährleistet wird. Um die Güte der Videoanalyse zu gewährleisten, werden die Daten ebenfalls durch einen externen Intercoder ausgewertet und die Übereinstimmungen sowie Abweichungen hinsichtlich der Kodierungen diskutiert.

Ausblick

Gegenwertig erfolgt die Entwicklung und Erprobung des Kategoriensystems anhand von Pilotstudien. Im Anschluss wird das Kategoriensystem überarbeitet und die Daten der Hauptstudie ausgewertet. Die Datenauswertung soll Mitte 2023 abgeschlossen sein.

Literatur

- Constantinou, C. P [Constantinos P.], Nicolaou, C. T. & Papaevripidou, M. (2019). A framework for modeling-based learning, teaching, and assessment. In A. Upmeier zu Belzen, D. Krüger & J. van Driel (Hrsg.), *Models and Modeling in Science Education: volume 12. Towards a competence-based view on models and modeling in science education* (S. 39–58).
- Forbes, C. T., Lange-Schubert, K., Böschl, F. & Vo, T. (2019). Supporting primary students' developing modeling competence for water systems. In A. Upmeier zu Belzen, D. Krüger & J. van Driel (Hrsg.), *Models and Modeling in Science Education: volume 12. Towards a competence-based view on models and modeling in science education* (S. 257–273).
- Forbes, C. T., Schwarz, C. V. & Zangori, L. (2014). Development of an empirically-based learning performances framework for 3rd grade students' model-based explanations about hydrologic cycling. In J. L. Polman et al. (Hrsg.), *Learning and become in practice: The international conference of the learning sciences: Volume 1* (S. 46–53). International Society of the Learning Sciences.
- Gilbert, J. K. & Justi, R. S. (2016). *Modelling-based teaching in science education* (Bd. 9). Springer International Publishing.
- Holyoak, K. J. (2005). Analogy. In K. J. Holyoak & R. G. Morrison (Hrsg.), *Cambridge handbook of thinking and reasoning* (S. 117–142). Cambridge University Press.
- Kehne, F. (2019). *Analyse des Transfers von kontextualisiert erworbenem Wissen im Fach Chemie. Studien zum Physik- und Chemielernen*.
- Krüger, D., Kauertz, A. & Upmeier zu Belzen, A. (2018). Modelle und das Modellieren in den Naturwissenschaften. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (Bd. 17, S. 141–157). Springer Berlin Heidelberg.
- Lange, K., Forbes, C., Helm, K. & Hartinger, A. (2014). Forschen heißt auch modellieren! Wie kann Modellieren im Sachunterricht gefördert werden? *Grundschulunterricht Sachunterricht*(4), 17–22.
- Lohrmann, K., Hartinger, A., Schwelle, V. & Hartig, J. (2014). Die Bedeutung der (Un-)Ähnlichkeit von Beispielen für den Aufbau von konzeptuellem Wissen. *Zeitschrift für Grundschulforschung*, 7(2), 60–73.
- Louca, L. T., Zacharia, Z. C. & Constantinou, C. P [Constantinos P.] (2011). In quest of productive modeling-based learning discourse in elementary school science. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(8), 919–951.
- National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education*. National Academies Press.
- Nitz, S. & Fechner, S. (2018). Mentale Modelle. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (Bd. 10, S. 69–86). Springer Berlin Heidelberg.
- Seidel, T. (2005). Video analysis strategies of the IPN video study - A methodological overview. In T. Seidel, M. Prenzel & M. Kobarg (Hrsg.), *How to run a video study: Technical report of the IPN video study*. Waxmann.
- Seidel, T., Kobarg, M. & Rimmel, R. (2005). Video data processing procedures. In T. Seidel, M. Prenzel & M. Kobarg (Hrsg.), *How to run a video study: Technical report of the IPN video study* (S. 54–69). Waxmann.
- Sins, P. H. M., Savelsbergh, E. R. & Joolingen, W. R. van (2005). The difficult process of scientific modelling: An analysis of novices reasoning during computer-based modelling. *International Journal of Science Education*, 27(14), 1695–1721.
- Upmeier zu Belzen, A., van Driel, J. & Krüger, D. (2019). Introducing a framework for modeling competence. In A. Upmeier zu Belzen, D. Krüger & J. van Driel (Hrsg.), *Models and Modeling in Science Education: volume 12. Towards a competence-based view on models and modeling in science education* (S. 3–19).
- Vosniadou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4(1), 45–69.
- Vosniadou, S. (2002). Mental models in conceptual development. In L. Magnani & N. J. Nersessian (Hrsg.), *Model-based reasoning: Science, Technology, Values* (S. 353–368). Springer US.
- Weinert, F. E. (2001). Concept of competence: A conceptual clarification. In D. S. Rychen & L. H. Salganik (Hrsg.), *Defining and selecting key competencies* (S. 45–66). Hogrefe & Huber Publishers.

Pascal Meyer¹
Annette Marohn¹

¹Universität Münster

maGic – mathematische Grundvorstellungen im Chemieunterricht

Ausgangslage und Zielsetzung

Mathematische Begriffe wie etwa die Dichte oder die Stoffmenge bilden einen festen Bestandteil des Chemieunterrichts. Allerdings lässt sich im Umgang mit mathematischen Begriffen häufig ein fehlendes, konzeptuelles Verständnis bei Lernenden beobachten (Hawkes, 2004). Dieser Herausforderung begegnet die Mathematikdidaktik seit einigen Jahren mithilfe von „Grundvorstellungen“. Hierbei handelt es sich um idealtypische, inhaltliche Interpretationen eines Begriffs, die Lernende entwickeln sollen (Griesel et al., 2019). Grundvorstellungen vermitteln zwischen mathematischen Begriffen und bekannten Kontexten; dadurch ermöglichen sie sowohl das inhaltliche Interpretieren mathematischer Begriffe, als auch das Mathematisieren von Sachsituationen (Prediger, 2010). Zu jedem mathematischen Begriff existieren *mehrere* Vorstellungen, die für ein konzeptuelles Verständnis miteinander vernetzt werden müssen (vom Hofe, 2003).

In der Literatur lassen sich erste Hinweise finden, dass diese Eigenschaft scheinbar ebenfalls für mathematisch-*chemische* Begriffe gilt (Xu & Clarke, 2012). Es ist daher naheliegend, das Grundvorstellungskonzept auch für das Lehren und Lernen „chemischer Mathematik“ zu nutzen. Diese Idee wird im Promotionsprojekt „maGic“ unter der folgenden Forschungsfrage verfolgt:

1. Welche Grundvorstellungen lassen sich zu mathematischen Konzepten im Chemieunterricht identifizieren?

Eine weitere Forschungsfrage ergibt sich aus der Besonderheit, dass sich chemische Fachinhalte auf drei unterschiedlichen Ebenen bewegen können: auf der Ebene der sicht- und wahrnehmbaren Phänomene, der nicht-sichtbaren Teilchenebene und der mathematisch-symbolischen Ebene (Johnstone, 2000). Diese Ebenen lassen sich nach Haas und Marohn (2022) schülerfreundlich als *Beobachtungsebene*, *Vorstellungsebene* und *Symbolebene* bezeichnen. Da die Grundvorstellungen zu mathematisch-chemischen Begriffen zwischen mathematischen und *chemischen* Inhalten vermitteln, ergibt sich demnach die zweite Forschungsfrage:

2. Inwiefern lassen sich die identifizierten Grundvorstellungen den Johnstone-Ebenen zuordnen?

Beide Fragen werden im Folgenden exemplarisch anhand des Dichtebegriffs beantwortet.

Methodisches Vorgehen

Die Identifikation der Grundvorstellungen orientiert sich an den fünf Schritten des Verfahrensrahmens von Salle und Clüver (2021). Kern des Verfahrens ist die *sachanalytische Untersuchung* des Begriffs und seiner Anwendungen unter Berücksichtigung empirischer Ergebnisse. Diese bildet die Basis für die *Formulierung von Grundvorstellungen*. Anschließend wird der *Bezugsrahmen* präzisiert und die *didaktische Relevanz* der hergeleiteten Grundvorstellungen bewertet.

Für die konkrete Sachanalyse des Dichtebegriffs wurden Anwendungen und Kontexte des Dichtebegriffs in Schulbüchern ($N = 7$) inhaltsanalytisch erfasst. Die dabei induktiv ermittelten 14 Kategorien wurden unter Berücksichtigung empirischer Ergebnisse zu Schülervorstellungen in vier „Klassen“ zusammengefasst. Auf dieser Basis wurden vier Grundvorstellungen formuliert und den Johnstone-Ebenen zugeordnet. Eine erste Bewertung der didaktischen Relevanz erfolgte im Rahmen einer in das Projekt eingegliederten Masterarbeit (Peitz, 2022). Dazu wurden in leitfadengestützten Interviews mit Schülerinnen und Schülern ($N = 5$, 8./9. Klasse) 17 Problemfragen gestellt, die auf bestimmte Grundvorstellungen abzielten.

Grundvorstellungen zum Dichtebegriff

Abbildung 1 stellt die vier hergeleiteten Grundvorstellungen zum Dichtebegriff und deren Zuordnung zu den Johnstone-Ebenen dar. Im Folgenden werden die einzelnen Grundvorstellungen näher erläutert.

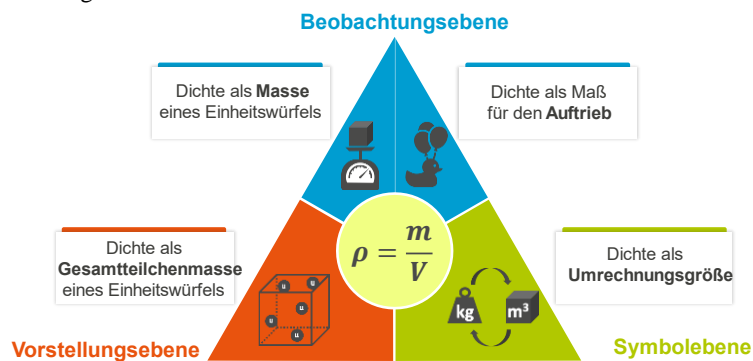


Abb. 1: Die Grundvorstellungen zur Dichte und deren Zuordnung zu den Johnstone-Ebenen.

Die erste Grundvorstellung wurde auf Basis aller Anwendungen und Kontexte des Dichtebegriffs formuliert, in denen das *Verhältnis* zwischen Masse und Volumen im Vordergrund steht. Dies ist beispielsweise bei der Identifikation und Kategorisierung von Stoffen der Fall, da dort der feste Wert des Verhältnisses als Charakteristikum eines Stoffes betrachtet wird. Aber auch bei der Dichtebestimmung sowie der proportionalen und antiproportionalen Beziehung zwischen Masse und Dichte bzw. Volumen und Dichte steht die Bestimmung und die Änderung des Verhältnisses im Fokus. Um diese Zusammenhänge zu veranschaulichen, wurde eine Grundvorstellung formuliert, die sich an schultypischen Experimenten mit sogenannten „Dichtewürfeln“ orientiert: „Dichte als Masse eines Einheitswürfels“. Die Dichte wird dabei als Masse einer festen Volumeneinheit (z.B. 1 cm^3) in Form eines Würfels interpretiert. Eine solche Konkretisierung ermöglicht es Lernenden unter anderem, die Größengleichung der Dichte anhand geeigneter Beispiele anschaulich herzuleiten. Ebenso lässt sich begründen, weshalb die Dichte als Stoffeigenschaft unabhängig vom Volumen eines Stoffes ist. Beispielsweise begründet ein Schüler im Rahmen der Interviews die identischen Dichten eines kleinen und großen Stück Eisens wie folgt:

„..., wenn man von jedem Eisen ein Kubikzentimeter oder was auch immer rausnehmen würde, würde man feststellen, dass es gleich schwer ist.“ (Peitz, 2022, S. 95)

Das Erklärungsmodell des Schülers (Dichte als Masse einer festen Volumeneinheit) entspricht der oben formulierten Grundvorstellung.

Die zweite Grundvorstellung basiert auf allen Kontexten, in denen es um den Auftrieb von Stoffen und Objekten in Fluiden geht, wie zum Beispiel das Schwimmen von Eis auf Wasser oder die Funktionsweise eines CO₂-Löschers. In diesen Kontexten dient die Dichtedifferenz zwischen Stoff und Fluid als Maß für den Auftrieb des Stoffes, weshalb die Bezeichnung „Dichte als Maß für den Auftrieb“ für die Grundvorstellung gewählt wurde. Bei dieser Vorstellung wird die Dichte inhaltlich als ein Instrument zur Erklärung und Vorhersage für das Auf-, Absteigen sowie das „Schweben“ von Stoffen in Fluiden gedeutet. In den Interviews deutete sich an, dass der Aggregatzustand des Fluids die Aktivierung der Grundvorstellung beeinflussen kann. Beispielsweise argumentierten zwei Lernende bei der Aufgabe „Holz schwimmt, Aluminium geht unter. Begründe!“ mit der Dichte, während sie anschließend die Frage „Warum fliegt ein mit Helium gefüllter Ballon?“ anhand der Masse beantworteten.

Die dritte Grundvorstellung wurde auf Basis aller Anwendungen und Kontexte formuliert, in denen Dichteunterschiede und -änderungen auf der Teilchenebene erläutert werden. Empirische Untersuchungen zeigen, dass Lernende dabei häufig mit der Teilchennähe argumentieren (Lichtfeldt & Peuckert, 1997). Mithilfe dieser Vorstellung lässt sich zwar beispielsweise die Dichteanomalie von Wasser, nicht aber die Dichteunterschiede der Edelgase erläutern. Daher wurde die Grundvorstellung „Dichte als Gesamtteilchenmasse eines Einheitswürfels“ formuliert, welche die Teilchenmasse stärker fokussiert und ein Pendant zur ersten Grundvorstellung darstellt. Bei dieser Vorstellung wird bei Teilchenanordnungen eine feste Volumeneinheit betrachtet, um relative Aussagen über Dichteunterschiede treffen zu können. Die intuitive Vorstellung der Teilchennähe können Lernende mithilfe der Grundvorstellung aufgreifen und erklären: Eine Änderung der Teilchennähe bedingt eine Änderung in der Gesamtteilchenmasse innerhalb der betrachteten Volumeneinheit.

Die vierte Grundvorstellung „Dichte als Umrechnungsgröße“ basiert auf allen Anwendungen und Kontexten, bei denen Massen und Volumina ineinander umgerechnet werden müssen. Die Dichte wird dabei als ein Operator interpretiert, der auf Größenwerte angewendet wird. Für die Anwendung dieser Grundvorstellung sind grundlegende Kenntnisse zur Umstellung von Größengleichungen hilfreich.

Ausblick

Die hergeleiteten Grundvorstellungen bieten zum einen Forschenden eine theoretische Grundlage für Untersuchungen zum Dichteverständnis; zum anderen können sie als didaktische Leitlinie zur Vermittlung des Dichtebegriffs dienen. Da konkrete Methoden zur Vermittlung von Grundvorstellungen in der Literatur ein Desiderat darstellen, werden im Projekt „ma_Gic“ Unterrichtsmaterialien zur Erarbeitung der Grundvorstellungen entwickelt und erforscht. Zentrale Prinzipien zur Gestaltung der Lernmaterialien bilden dabei die Explikation der Grundvorstellungen sowie eine transparente Zuordnung der Vorstellungen zu den Johnstone-Ebenen. Zusätzlich werden die Materialien mit einer Augmented-Reality-Website begleitet, um unter anderem die obligatorische Vernetzung der Grundvorstellungen und damit auch die Vernetzung der Johnstone-Ebenen zu unterstützen. Einen potentiellen Nutzen dieser Technologie sehen wir insbesondere darin, dass sich die Johnstone-Ebenen räumlich und zeitlich nah beieinander präsentieren lassen und gleichzeitig eine problematische Vermischung der Ebenen aufgrund der medialen Trennung verhindert wird.

Literatur

- Griesel, H., vom Hofe, R. & Blum, W. (2019). The Concept of Grundvorstellungen (Basic Ideas) in the Framework of Mathematical and Cognitive-Psychological Approaches in Mathematics Education. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 40(2), 123–133.
- Haas, J.-B. & Marohn, A. (2022). The teaching concept chem:LEVEL – promoting technical language on the basis of the Johnstone triangle. *CHEMKON*, 29(S1), 213–217.
- Hawkes, S. J. (2004). The Concept of Density. *Journal of Chemical Education*, 81(1), 14.
- Johnstone, A. H. (2000). Teaching of chemistry - Logical or psychological? *Chem. Educ. Res. Pract.*, 1(1), 9–15.
- Lichtfeldt, M. & Peuckert, J. (1997). Die Behandlung der Dichte im Unterricht. *Naturwissenschaften im Unterricht. Physik*, 8(41), 22–26.
- Peitz, R. (2022). Grundvorstellungen im Chemieunterricht: Schülervorstellungen zum Dichte-Begriff [Masterarbeit]. Westfälische-Wilhelms-Universität Münster, Münster.
- Prediger, S. (2010). Aber wie sag ich es mathematisch? Empirische Befunde und Konsequenzen zum Lernen von Mathematik als Mittel zur Beschreibung von Welt. In D. Höttecke (Hrsg.), *Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. 30; Jahrestagung / Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. 2009. Entwicklung naturwissenschaftlichen Denkens zwischen Phänomen und Systematik. Jahrestagung in Dresden 2009* (S. 6–20). Lit Verl.
- Salle, A. & Clüver, T. (2021). Herleitung von Grundvorstellungen als normative Leitlinien – Beschreibung eines theoriebasierten Verfahrensrahmens. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 42, 533–580.
- vom Hofe, R. (2003). Grundbildung durch Grundvorstellungen. *Mathematik lehren*, 118, 4–8.
- Xu, L. & Clarke, D. (2012). Student Difficulties in Learning Density: A Distributed Cognition Perspective. *Research in Science Education*, 42(4), 769–789.

Lisa Bering¹
Rüdiger Tiemann¹

¹Humboldt-Universität zu Berlin

Model-Eliciting Activities (MEA's) im Chemieunterricht

Überblick

Im Rahmen einer Kompetenzorientierung des naturwissenschaftlichen Unterrichts sollen Schüler:innen in der Lage sein verschiedene Untersuchungsmethoden zu nutzen und die gewonnenen Erkenntnisse mit Modellvorstellungen verknüpfen und überprüfen zu können (KMK, 2005). Die Untersuchung mentaler Modelle bei der kollaborativen Bearbeitung chemischer Problemstellungen in der Schule ist in der empirischen fachdidaktischen Forschung bereits von zentraler Bedeutung. Modelle zählen in den Naturwissenschaften zu einem bedeutsamen Arbeits- und Hilfsmittel, da sie zum Beispiel zur Erkenntnisgewinnung benutzt werden können (Krüger, Kauertz & Upmaier zu Belzen, 2018). Aber auch in anderen prozessbezogenen Kompetenzen, wie zum Beispiel der Kommunikation, bilden Modelle eine wesentliche Säule (Bindernagel & Eilks, 2008). „Model-Eliciting Activities“ (MEA's) wurden in der Mathematik- bzw. Technikdidaktik entwickelt, um Schüler:innen zum Modellieren von komplexeren mathematischen und technischen Problemstellungen anzuregen (Lesh, Hoover, Hole, Kelly & Post, 2000). Eine Besonderheit dieser ist, dass nicht die Lösung, sondern der Lösungsweg im Vordergrund steht. Außerdem erlangen die Schüler:innen weitere Fähigkeiten im kollaborativen Problemlösen, da sie zusammenarbeiten müssen, um eigene Modelle bzw. Konzepte zu entwerfen, zu testen und um ein schließlich ein realistisches Problem lösen zu können (Diefes-Dux, Moore, Zawojewski, Imbrie & Follman, 2004).

Da es bislang kaum Aufzeichnungen über den Einsatz von MEA's im Chemieunterricht gibt, sollen in diesem Promotionsvorhaben MEA's für den Chemieunterricht erstellt und erprobt werden. Die Umsetzung findet mit Hilfe des digitalen Tools „WebChem“ (CreativeQuantum GmbH, 2022) statt. Mit dieser digitalen webbasierten Lernumgebung sind Modifizierungen und quantenchemische quantitative Analysen von Molekülen in Echtzeit möglich. Ziel ist es, MEA's für den Chemieunterricht zu entwickeln und empirisch auf ihre Effektivität zur Förderung der Modellkompetenz hin zu untersuchen, da diese bislang hauptsächlich für mathematische und technische Inhaltsbereichen nachgewiesen wurden (s. Diefes-Dux, Hjalmarson, Zawojewski & Browman, 2006; Gilat & Amit, 2014; Pertamawati & Retnowatie, 2019; Elçi, 2020).

Theoretische Rahmung

Die Erstellung der MEA's erfolgt nach sechs Prinzipien, welche von Lesh et al. (2000) formuliert wurden (Abb. 1). Diese sind nicht hierarchisch oder aufeinander aufbauend zu interpretieren, sondern stellen ein Set von Merkmalen dar, welches lernförderliche MEA's kennzeichnen.

Ein Prinzip ist das der Modellbildung. Danach sollen Probleme so gestaltet werden, dass sie die Erstellung eines Modells von der Problemsituation erforderlich machen. Damit die MEA für die Schüler:innen gedanklich nachvollziehbar ist, kann sie eine explizite Strukturierung, Beschreibung, Erläuterung oder eine begründete Vorhersage beinhalten. Das Endprodukt

sollte nach Lesh et al. (2000) ein Modell sein, das Elemente beinhaltet, Beziehungen zwischen den Elementen sowie Operatoren für die Interaktion dieser definiert und Muster oder Regeln festlegt, die für die Beziehungen und Operatoren gelten.

Das Realitätsprinzip besagt, dass die Schüler:innen die Problemsituationen als sinnvoll und relevant anerkennen müssen und diese auf realen bzw. leicht modifizierten Daten beruhen. Auch eine reale Lösung des Problems, das bestenfalls im Alltag der Lernenden eine Bedeutung aufzeigt, ist erstrebenswert. Um dies zu erreichen, sollte die Problemsituation des Kontextes

- für die Zielgruppe identifizierbar sein,
- den Zweck der Lösung nennen,
- die Bedeutsamkeit der Lösung für die Zielgruppe erkenntlich machen und
- ein Problem benennen, das in Bezug auf Wissen und Erfahrung aus dem wirklichen Leben Sinn ergibt (Lesh et al, 2000).

Ein weiteres Prinzip ist das der Selbsteinschätzung. Es beschreibt die grundsätzliche Eignung einer MEA, die Lernenden die Nützlichkeit einer Lösung selbst einschätzen oder messen zu können. Dies impliziert, dass die Problemstellung die Formulierung geeigneter Kriterien für die Bewertung der Nützlichkeit einer Lösung ermöglicht und zudem die Selbstbeurteilung und Verbesserungsbedarf der Schüler:innen fördert. Es sollten klare Kriterien erkennbar sein, wann eine Lösung erreicht ist (ebd.).

Auch die Modelldokumentation wird nach Lesh et al. (2000) als zu beachtendes Prinzip hervorgehoben. Es ist zielführend, dass die Lernenden ihre Denk- und Arbeitsweisen zur Lösungsfindung offenlegen und dokumentieren, um dadurch ihre Selbstreflexion und Metakognition zu fördern. Eine Rollenverteilung der einzelnen Gruppenmitglieder ist dafür vorteilhaft und könnte sich zum Beispiel in folgende Funktionen gliedern: Planung, Überwachung und Bewertung des Fortschritts.

Weiterhin soll das Prinzip der Teilbar- und Wiederverwendbarkeit des Modells beachtet werden. Dadurch soll sichergestellt werden, dass die erstellten Lösungen verallgemeinerbar sind und an ähnliche Situationen angepasst werden können. Ein Baustein zur Umsetzung dieses Prinzips ist die möglichst eindeutige und verständliche Kommunikation des Lösungsweges und des Ergebnisses, sodass sie von anderen wiederverwendet werden können. Zusätzlich soll das erstellte Modell so einfach wie möglich, aber dennoch bedeutsam sein, damit es einen nützlichen Lernprototyp oder eine Metapher für die Interpretation anderer Probleme mit gleicher Struktur darstellen kann (Prinzip des effektiven Prototyps). Abbildung 1 fasst die ausformulierten Prinzipien noch einmal schlagwortartig zusammen.

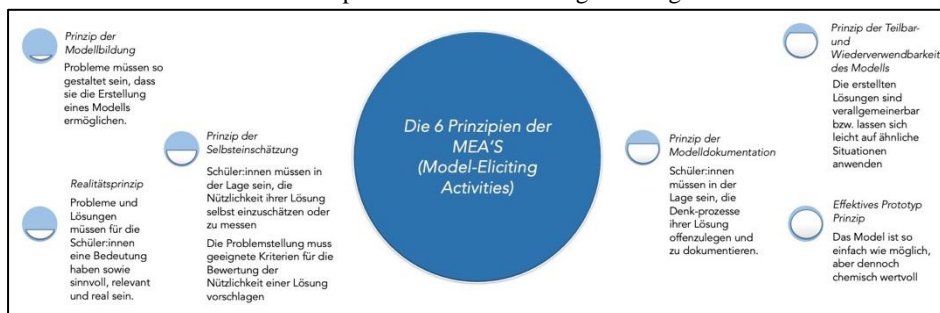


Abb. 1: Prinzipien der Model-Eliciting Activities nach Lesh et al. (2000)

Lernumgebung

Die Lernumgebung „WebChem“ ist ein webbasiertes, digitales Tool, welches von der CreativeQuantum GmbH konzipiert und nun in Zusammenarbeit mit der Fachdidaktik und Lehr-/Lernforschung Chemie der Humboldt-Universität zu Berlin weiterentwickelt wird. Es bietet verschiedene Möglichkeiten, mit denen Lehrer:innen und Schüler:innen zu chemischen Problemstellungen miteinander interagieren können (Abb.2). Zum einen können Lerninhalte für die Schüler:innen erstellt werden, zum anderen können die Lernenden aktiv auf diese zugreifen und bearbeiten. Ein besonderes Highlight ist, dass mit Hilfe des „MolekülEditor“ chemische Strukturen dargestellt, erstellt und modifiziert werden können, zudem sind quantitative Analysen in Echtzeit möglich. So können die Schüler:innen beispielsweise den pKs-Wert einer Struktur per Mausklick bestimmen oder energetische Betrachtungen bei der Substitution von Atomen oder Molekülgruppen in einem Molekül direkt untersuchen. Die Lehrkraft erhält einen Einblick in die Lernfortschritte der Schüler:innen, indem sie die bearbeiteten Inhalte simultan einsehen, kommentieren und bewerten kann.

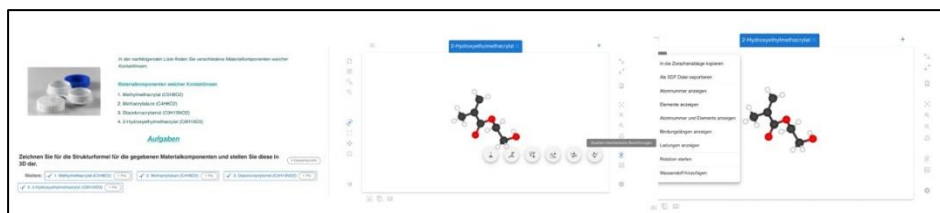


Abb. 2: Ausschnitte verschiedener Inhalte einer Lernumgebung in WebChem: Aufgabenstellung und Darstellung im MolekülEditor mit Beispielen quantitativer Analysen (v.l.n.r.).

Die erstellten MEA's sollen in der Umgebung WebChem von den Schüler:innen bearbeitet werden. Das kollaborative Arbeiten ist hier durch die Erstellung einzelner Gruppen ebenfalls möglich, auch der Austausch der Gruppenmitglieder kann durch einen Chat gewährleistet werden. Zudem ist eine digital unterstützte Aufgabenverteilung denkbar. Diese Merkmale kollaborativer Problemlöseprozesse können also ebenfalls - müssen aber nicht - über das digitale Tool umgesetzt werden. In weiteren Untersuchungen wird die Umsetzung auch hybrider digital/analog Realisierungen betrachtet.

Aktueller Stand und Ausblick

Es wurde im Mai 2022 bereits eine erste kleinere Pilotstudie an einer Berliner Berufsschule durchgeführt. Die Studie wurde mit 22 Schüler:innen im Alter von 18 bis 33 Jahren durchgeführt. Das Thema der zu bearbeitenden Aufgabe befasste sich mit der Polymerchemie im Bereich der Materialkomponenten von Kontaktlinsen. Das Hauptaugenmerk wurde hierbei auf die Lernumgebung WebChem gerichtet. Es gab viele Rückmeldungen der Schüler:innen, die die Arbeits- und Funktionsweise getestet haben. Das Feedback war generell sehr positiv, aber es wurden auch einige Verbesserungsvorschläge geäußert. Die daraus folgenden Anpassungen wurden bereits umgesetzt, sodass ein nächster Testlauf innerhalb eines Schülerferienkurses während der Berliner Herbstferien 2022 in Vorbereitung ist. Inhalt dieses Kurses ist die Bearbeitung einer MEA, die für die Jahrgangsstufe 9/10 erstellt wurde und welche die Schüler:innen kollaborativ bearbeiten sollen. Ferner sollen im Rahmen des

Promotionsvorhabens ein Fortbildungsangebot für Lehrer:innen mit entsprechenden Materialien durchgeführt werden. Des Weiteren wird die Lernumgebung WebChem an einer Schule in Japan eingesetzt und getestet, wodurch eine stetige Weiterentwicklung und Anpassung an bestimmte Zielgruppen ermöglicht wird, aber auch der kulturelle Einfluss auf kollaborative Problemlöse- und Modellbildungsprozesse untersucht werden kann.

Literatur

- Bindernagel, J., & Eilks, I. (2008). Modelle und Modelldenken im Chemieunterricht und ein Einblick in das Verständnis von erfahrenen Chemielehrkräften. *Chemkon*, 15(4), 181–186.
- CreativeQuantum GmbH (2022). WebChem. <https://webchem.org/de/index.html>
- Diefes-Dux, H., Hjalmarson, M., Zawojewski, J., & Bowman, K. (2006). Quantifying aluminum crystal size part 1: The model-eliciting activity. *Journal of STEM education*, 7(1).
- Diefes-Dux, H. A., Moore, T., Zawojewski, J., Imbrie, P., & Follman, D. (2004). *A framework for posing open-ended engineering problems: Model-eliciting activities*. Paper presented at the 34th Annual Frontiers in Education, 2004. FIE 2004.
- Elçi, A. N. (2020). The compatibility of model eliciting activities of secondary school teacher candidates with design principles. *Journal of Computer and Education Research*, 8 (15), 305-322.
- Gilat, T., & Amit, M. (2014). Revealing Students' Creative Mathematical Abilities through Model-Eliciting Activities of "Real-Life" Situations. North American Chapter of the International Group for the Psychology of Mathematics Education.
- KMK. (2005). Bildungsstandards im Fach Chemie für den mittleren Schulabschluss. Beschluss vom 16.12.2004. In *Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland*. Retrieved from https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Bildungsstandards-Chemie.pdf
- Krüger, D., Kauertz, A., Upmeyer zu Belzen, A. (2018). Modelle und das Modellieren in den Naturwissenschaften. In: Krüger, D., Parchmann, I., Schecker, H. (eds) *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung*. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Lesh, R., Hoover, M., Hole, B., Kelly, H., & Post, T. (2000). Principles for developing thought-revealing activities for students and teachers. In A. Kelly & R. Lesh (Eds.).
- Pertamawati, L., & Retnowati, E. (2019). Model-Eliciting Activities: Engaging students to make sense of the world. Paper presented at the *Journal of Physics: Conference Series*.

Stefanie Peter¹
Olaf Krey¹

¹ Universität Augsburg

Visuelle Repräsentationen elektrischer Stromkreise – eine Schulbuchanalyse

Einleitung

Die Vermittlung grundlegender Konzepte der Elektrizitätslehre stellt eine große Herausforderung dar, da selbst nach der Vermittlung eine Vielzahl von Schülervorstellungen zu beobachten ist (Shipstone, 1988; Cohen, Eylon & Ganiel, 1983; Rhöneck, 1986). Forschungsbasierte Unterrichtsansätze zur Elektrizitätslehre erzielen einen deutlich höheren Lernerfolg als herkömmlicher Unterricht, dennoch ist der Lernerfolg insgesamt nicht zufriedenstellend (Burde & Wilhelm, 2020). Beim Erlernen physikalischer Konzepte spielen externe Repräsentationen eine wichtige Rolle. Eine gängige Repräsentation in der Elektrizitätslehre ist der Schaltplan, der elektrische Bauteile und deren Verbindung darstellt. Schülerinnen und Schülern gelingt es oft nicht, zwischen Schaltplänen und realen Schaltkreisen zu translatieren, wenn diese sich zwar in ihrem räumlichen Erscheinungsbild unterscheiden, aber physikalisch gleich sind (McDermott & Shaffer, 1992). Darüber hinaus haben sie Probleme zu erkennen, ob Widerstände parallel oder in Reihe geschaltet sind, wenn mehr als zwei Energiewandler in einem Stromkreis enthalten sind (McDermott & Shaffer, 1992). Auch die Symmetrie einer Schaltung beeinflusst das Urteil der Schüler über die Funktionalität der Schaltung (Niedderer, 1972). Neben Schaltplänen wurden in den genannten Studien auch andere Darstellungen verwendet. So wurden beispielsweise "reale Schaltungen" mit Hilfe von Zeichnungen dargestellt, in denen die Komponenten eher ikonisch als symbolisch dargestellt werden. Solche Darstellungen von Stromkreisen finden sich auch in Lernmaterialien und Schulbüchern.

Bei bildlichen Darstellungen kann zwischen einer konkreten und einer abstrakten Form der strukturellen Entsprechung zum dargestellten Objekt unterschieden werden (Schnotz, 2001). Auch die Darstellungen von Schaltungen in Lehrbüchern unterscheiden sich hinsichtlich ihrer strukturellen Übereinstimmung zu einer realen Schaltung. Um einen umfassenden Überblick über die verschiedenen Darstellungsformen von Stromkreisen zu erhalten, mit denen Lernende konfrontiert werden, wollen wir die folgende Forschungsfrage beantworten:

- Wie werden elektrische Stromkreise in aktuellen Physikschulbüchern dargestellt?

In Schulbüchern sind diese Darstellungen vorwiegend in fachliche (Lehr-)Texte und in Aufgabenstellungen eingebettet. Bislang ist nicht bekannt, ob bestimmte Darstellungen für bestimmte Inhalte oder Aufgabentypen bevorzugt werden, weshalb wir die Frage beantworten wollen:

- In welchen Inhalten und bei welchen Aufgabentypen werden die verschiedenen Darstellungsformen verwendet?

Methoden

Zur Beantwortung der ersten und zweiten Forschungsfrage werden Schulbücher der Klassen 7 bis 9 analysiert. In die Analyse werden Schulbuchreihen verschiedener Verlage eingeschlossen, die für den Physikunterricht in Bayern zugelassen sind. Zwischen den Jahrgängen unterscheidet sich sowohl die Anzahl der zugelassenen Schulbücher (KM Bayern, 2022) als auch

lehrplanbedingt der inhaltliche Umfang, den die Elektrizitätslehre im Schulbuch einnimmt, was zu unterschiedlichen Datenmengen führt. Da wir einen breiten Überblick über die verschiedenen Darstellungsformen von Stromkreisen gewinnen wollen, beziehen wir trotz der unterschiedlichen Datenmengen alle zugelassenen Schulbücher ein. Die Tabelle 1 gibt einen Überblick über das für die Analyse verwendete Material.

Tab. 1: Übersicht über das in der Schulbuchanalyse verwendete Material: Inhalte in den Jahrgangsstufen (ISB), Seitenumfang der entsprechenden Kapitel und Anzahl der Abbildungen.

| | Anzahl Abbildungen (Seitenanzahl E-Lehre/Gesamtseitenanzahl) | | |
|---|--|-------------|-------------|
| | 7 | 8 | 9 |
| 7: Reibungselektrizität, Elektrostatik, Ladungsarten, elektrischer, Wirkungen el. Stroms, Schaltungen einfacher technischer Anwendungen | | | |
| 8: Modell des el. Stromkreises, Stromstärke, Spannung, Gleich- und Wechselstrom, Kennlinien (Ohm'scher) Widerstand, Leiter/Isolator, Haushaltsinstallation, Reihen-, Parallelschaltungen | | | |
| 9: El. Energie, Ladung, Stromstärke, Spannung/Potentialdifferenz, Leistung, Wirkungsgrad | | | |
| C. C. Buchner | 26 (28/107) | 32 (50/207) | 6 (21/200) |
| Cornelsen | 26 (32/104) | 32 (36/228) | 16 (23/244) |
| Westermann | 27 (23/95) | 45 (53/208) | 11 (21/208) |
| Duden | 14 (23/95) | 71 (68/200) | 13 (20/200) |
| Ernst Klett | 31 (19/73) | | |
| Summe | 124 | 180 | 46 |

Für die Analyse wurden alle Abbildungen, die einen vollständigen offenen oder geschlossenen Stromkreis darstellen, berücksichtigt. Aus diesen Darstellungen wurde ein Kategoriensystem anhand von Darstellungsmerkmalen erstellt. Dazu wurden die Darstellungen nach dem Grad der strukturellen Übereinstimmung (von eher abstrakt bis eher konkret) in verschiedene Kategorien eingeteilt. Anschließend wurden die Sachtexte und Aufgaben identifiziert, in denen die Abbildungen eingebettet sind. Eine Abbildung wurde einem Sachtext dann zugeordnet, wenn im Text direkt auf die Abbildung verwiesen wurde oder wenn eine Abbildung zusammen mit einem Text eingerahmt wurde (bspw. bei einem Merkkasten). Mit Hilfe eines inhaltsanalytischen Ansatzes (Kuckartz, 2018) wurde eine inhaltlich strukturierende Analyse der zugeordneten Textabschnitte durchgeführt. Das Vorgehen gestaltet sich dabei deduktiv-induktiv, da die thematischen Hauptkategorien aus der inhaltlichen Struktur der Schulbücher ergeben und die Subkategorien induktiv am Material bestimmt werden.

Auswertung

Insgesamt konnten 350 Abbildungen für die Analyse verwendet werden. Eine genaue Übersicht kann der Tabelle 1 entnommen werden. Wir konnten vier verschiedene Kategorien identifizieren, in die sich die Darstellungen je nach Grad der strukturellen Übereinstimmung mit dem dargestellten Objekt einteilen lassen. Die Kategorien und ihre Beschreibungen können der Tabelle 2 entnommen werden. Das Foto einer realen Schaltung stimmt dabei am meisten

strukturell mit einer realen Schaltung überein, während bei einem Schaltplan die strukturelle Übereinstimmung mit einer echten Schaltung auf abstrakte Weise besteht.

Tab. 2: Kategoriensystem für Darstellungen von elektrischen Stromkreisen.


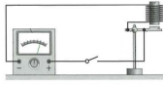


| Schaltplan | Gemischtes Design | Realzeichnung | Foto |
|--|---|--|---|
| Abstrakte Symbole für Komponenten, gerade Linien zur Darstellung der Verbindungen | Sowohl Elemente eines Schaltplans als auch Realzeichnungen von Komponenten | Realistische Zeichnung sowohl der Komponenten als auch der Kabel | Foto eines real aufgebauten Stromkreises |
|  |  |  |  |
| (Gleixner et al., 2020) | (Gleixner et al., 2019) | (Christl et al., 2019) | (Christl et al., 2019) |

Abbildung 1 zeigt den prozentualen Anteil der Schaltkreisdarstellungen für jede Kategorie in Bezug auf die Gesamtzahl der Schaltkreisdarstellungen pro Klassenstufe. Die Ergebnisse zeigen, dass in allen Klassenstufen Schaltpläne den größten Anteil der Darstellungen von elektrischen Stromkreisen ausmachen. Vor allem in der Jahrgangsstufe 7 machen aber auch realistische Zeichnungen mit ca. 33 % einen erheblichen Anteil der Darstellungen aus. In der Jahrgangsstufe 8 sind diese weniger zu finden, während der Anteil der Schaltpläne zunimmt. Dieser Trend setzt sich in der 9. Klasse fort, wobei zu beachten ist, dass hier, wie oben bereits erwähnt, insgesamt weniger Daten ($n = 46$ Abbildungen) vorliegen. Diese Ergebnisse stimmen mit den Ergebnissen anderer Studien überein, die eine Zunahme abstrakterer Darstellungen mit steigender Klassenstufe in naturwissenschaftlichen Schulbüchern festgestellt haben (Liu & Treagust, 2013; Wemecke et al., 2016).

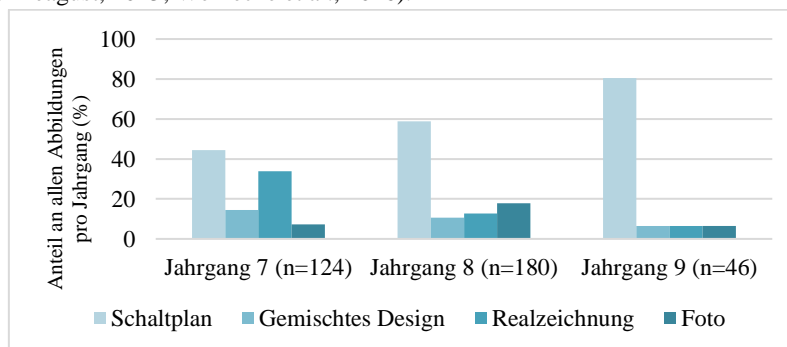


Abb. 1: Anteil der Abbildungen der verschiedenen Kategorien von Darstellungen von Stromkreisen für die Jahrgangsstufen sieben bis neun.

Ausblick

Die beschriebene Inhaltsanalyse befindet sich momentan in der Auswertung. Erste Ergebnisse für die Jahrgangsstufe 7 zeigen, dass bei Inhalten, die phänomenologisch betrachtet werden (bspw. Wirkung des el. Stroms) häufiger Realzeichnungen und Fotos verwendet werden als Schaltpläne. Durch die Analyse der Abbildungen konnte festgestellt werden, dass

Lernende mit unterschiedlichen Darstellungsformen elektrischer Stromkreise in der Elektrizitätslehre umgehen müssen. Auf welche Weise sie diese zum Lösen von Aufgaben nutzen und welche Darstellungsformen in welchen inhaltlichen Zusammenhängen lernförderlich sind, soll in nachfolgenden Untersuchungen beantwortet werden.

Literatur

- Burde, J.-P., & Wilhelm, T. (2020). Teaching electric circuits with a focus on potential differences. *Physical Review Physics Education Research*, 16(2). <https://doi.org/10.1103/physrevphyseduces.16.020153>
- Cohen, R., Eylon, B., & Ganiel, U. (1983). Potential difference and current in simple electric circuits: A study of students' concepts. *American Journal of Physics*, 51(5), 407-412. <https://doi.org/10.1119/1.13226>
- Christl, M., Diehl, B., Fösel, A., Sander, P., Schmalhofer, C., Sinzinger, M., & Vitz, S. (2019). *Fokus Physik 7. Natur und Technik. Gymnasium Bayern*. Cornelsen. S. 79
- Gleixner, C., Heckmann, G., Nürnberger, M., Pippig, R., Schmitter, S., & Spießl, P. (2019). Dorn Bader. *Natur und Technik. Schwerpunkt Physik 7. Gymnasium Bayern*. Westermann. S. 85
- Gleixner, C., Heckmann, G., Lohrer, A., Nürnberger, M., Pippig, R., Schmitter, S., & Spießl, P. (2020). *Dorn Bader. Physik 8. Gymnasium Bayern*. Westermann. S. 23
- Kuckartz, U. (2018). *Qualitative Inhaltsanalyse: Methoden, Praxis, Computerunterstützung*. Beltz Juventa.
- Kultusministerium Bayern (KM Bayern) (2022). *Zugelassene digitale und gedruckte Lernmittel*. [<https://www.km.bayern.de/lehrer/unterricht-und-schulleben/lernmittel.html>; letzter Zugriff 29. Oktober 2022]
- Liu, Y., & Treagust, D. F. (2013). Content analysis of diagrams in secondary school Science textbooks. In *Critical analysis of science textbooks* (pp. 287-300). Springer.
- McDermott, L. C., & Shaffer, P. S. (1992). Research as a guide for curriculum development: An example from introductory electricity. Part I: Investigation of student understanding. *American Journal of Physics*, 60(11), 994-1003.
- Niedderer, H. J. (1972). *Sachstruktur und Schülerfähigkeiten beim einfachen elektrischen Stromkreis* [Dissertation, Kiel].
- Rhöneck, C. v. (1986). Vorstellungen vom elektrischen Stromkreis und zu den Begriffen Strom, Spannung und Widerstand. *Naturwissenschaften im Unterricht-Physik*, 34(13), 10-14.
- Schnotz, W. (2001). Wissenserwerb mit Multimedia. *Unterrichtswissenschaften*, 29(4), 292-318. <https://doi.org/10.25656/01:7717>
- Shipstone, D. M., Rhöneck, C. V., Jung, W., Kärrqvist, C., Dupin, J. J., Johsua, S., & Licht, P. (1988). A study of students' understanding of electricity in five European countries. *International Journal of Science Education*, 10(3), 303-316. <https://doi.org/10.1080/0950069880100306>
- Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung (ISB), München. *LehrplanPLUS Gymnasium. Fachlehrplan Physik*. [https://www.lehrplanplus.bayern.de/schulart/gymnasium/inhalt/fachlehrplaene?w_schulart=gymnasium&wt_1=schulart&w_fach=physik&wt_2=fach; letzter Zugriff: 29. Oktober 2022]
- Wernecke, U., Schwanewedel, J., Schütte, K., & Harms, U. (2016). Wie wird Energie im Biologieschulbuch dargestellt? – Entwicklung eines Kategoriensystems und exemplarische Anwendung auf eine Schulbuchreihe. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 22(1), 215-229. <https://doi.org/10.1007/s40573-016-0051-2>

Valerie Hollwedel¹
Annette Marohn¹

¹Universität Münster

basic – Basisvorstellungen im Chemieunterricht

Die Basiskonzepte wurden als „Instrumente für die vertikale Vernetzung“ von Wissen in der Chemie (Demuth et al., 2005, S. 56) in die Kernlehrpläne (Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen, 2013) eingeführt. Dem mangelnden „roten Faden“ im Fach, der zum „Fehlen einer vernetzten Struktur grundlegender fachlicher Ideen und Konzepte bei vielen Schülerinnen und Schülern“ führt (Rother & Walpuski, 2020), gilt es allerdings immer noch Rechnung zu tragen, wie die vielen Ansätze zur innerfachlichen Vernetzung zeigen (Alonzo, 2012; Bernholt et al., 2020; Cooper et al., 2017). Gleichzeitig betont Johnstone (1991) die Notwendigkeit der transparenten *Trennung* der makroskopischen, submikroskopischen und symbolischen Ebene der Chemie für den Einstiegsunterricht sowie die Förderung der *Vernetzung* der Ebenen additiv zum Aufbau kohärenten Fachverständnisses (Talanquer, 2011).

Das hier erstmalig vorgestellte Projekt *basic* soll im Rahmen des Design-Based Research Lernmaterial entwickeln, das diese beiden grundlegenden Ideen – die Vernetzung des Wissens im Basiskonzept Chemische Reaktion und die Förderung der Verknüpfung der drei Ebenen der Chemie nach Johnstone – miteinander vereint. Dabei soll das Lernmaterial die ebenenspezifische Fachsprache fördern und alternativen Vorstellungen zum Konzept der chemischen Reaktion entgegenwirken.

Theoretischer Hintergrund: Grundvorstellungen

Die Mathematikdidaktik beschäftigt sich bereits seit Jahrzehnten mit einem Konstrukt, das dazu beitragen soll, ein Grundverständnis von Konzepten zu konstituieren: die *Grundvorstellungen*. Grundvorstellungen sind „idealtypische mentale Repräsentationen“ fachlicher Sachverhalte und stellen somit normative, didaktische Leitideen dar (Griesel et al., 2019, S. 129). Das Konstrukt der Grundvorstellungen gilt in der Mathematikdidaktik als weitgehend etabliert und bildet die Grundlage einer Vielzahl an Forschungsarbeiten (Griesel et al., 2019; vom Hofe, 1992).

Identifizierung der Basisvorstellungen zur Chemischen Reaktion

Das Projekt *basic* („Basisvorstellungen im Chemieunterricht“) verfolgt den Ansatz, das Grundvorstellungskonzept auf die Basiskonzepte der Chemie zu übertragen. Wir vermuten, dass der Aufbau von Grundvorstellungen innerhalb der Basiskonzepte zu einer besseren Vernetzung des Wissens beiträgt und alternativen Schülervorstellungen entgegenwirkt.

Zur Identifizierung der Grundvorstellungen wurde das von Salle und Clüver (2021) vorgeschlagene Verfahren zur Herleitung normativer, mathematischer Grundvorstellungen herangezogen. Nach diesem Verfahren sollen zunächst Richtlinien für den Herleitungsprozess bestimmt werden, darauf folgt die Sachanalyse des Begriffs, sowie die Formulierung konkreter Grundvorstellungen.

Für dieses Projekt wurde das Basiskonzept *Chemische Reaktion* in der Sekundarstufe I ausgewählt. Die Gründe hierfür sind vielfältig: Die Chemische Reaktion bildet den Kern des

Chemieunterrichts, allerdings bleibt die Fragmentierung des Wissens innerhalb dieses Basiskonzepts ein bekanntes Problem (Bernholt et al., 2020). Konzepte und Ansätze zur *Verknüpfung* der Ebenen fehlen bislang oder fokussieren vorwiegend das Basiskonzept *Struktur der Materie*.

Nach der Entwicklung der Projektidee wurde zunächst mithilfe der Software MAXQDA eine Sachanalyse in Form einer strukturierenden, qualitativen Inhaltsanalyse (Rädiker & Kuckartz, 2019) von Kernlehrplänen und Bildungsstandards, Schulbüchern für die Sekundarstufe I und chemiedidaktischer Sekundärliteratur zum Thema durchgeführt. Mit Bezug auf ein Verständnis von vernetztem, konzeptuellem Wissen als vertieftes deklaratives Wissen (Renkl, 2020, S. 4) wurden zunächst 33 Wissens Elemente, die das Gesamtverständnis von Chemischen Reaktionen konstituieren, mit 237 induktiven Codierungen identifiziert. Im nächsten Schritt wurden diese 33 Wissens Elemente zu vier Grundvorstellungen kategorisiert. Da das Projekt die *Basiskonzepte* fokussieren soll, bezeichnen wir die identifizierten Vorstellungen als *Basisvorstellungen*. Zur Chemischen Reaktion wurden vier Basisvorstellungen identifiziert:

- Bildung neuer Stoffe
- Erhalt
- Konstante Verhältnisse
- Energieumsatz

Die Basisvorstellungen können auf der makroskopischen und der submikroskopischen Ebene nach Johnstone dargestellt werden. Die Symbolebene wird als Übersetzungsebene der beiden anderen Ebenen betrachtet (Taber, 2009). Durch die formelle, empirische Herleitung der Basisvorstellungen aus Steuerungselementen verschiedener Akteure des Bildungssystems verdichtet sich ein Instrument zur Sicherung des vernetzten Wissens Lernender zum Basiskonzept Chemische Reaktion. Die Basisvorstellungen grenzen sich von den *Learning Progressions* (Alonzo, 2012) durch ihre nicht-hierarchische Vernetzung ab. Sie bieten Möglichkeit zum Bottom-up-Aufbau eines kohärenten Frameworks in Kontrast zur Top-down-Implementation der Basiskonzepte selbst.

Entwicklung von Lernmaterial

Die aktuelle Phase des Projekts fokussiert die Entwicklung von Lernmaterial zu den vier identifizierten Basisvorstellungen. Dafür wurde bereits eine Übersichtsseite gestaltet, die alle vier Basisvorstellungen vorstellt und gemäß den Johnstone-Ebenen strukturiert. Zur Veranschaulichung der Basisvorstellungen werden zwei schulrelevante Reaktionen genutzt: die Reaktion von Kupfer und Schwefel sowie die Thermolyse von Silberoxid (Sieve et al., 2022). Die Johnstone-Ebenen sind unter Verwendung der sprachsensiblen Begrifflichkeit und Symbolik aus dem Projekt chem:LEVEL (Haas, 2021) transparent gekennzeichnet.

Auf der Beobachtungsebene können Lernende mithilfe eines QR-Codes zunächst die Reaktion von Kupfer mit Schwefel in einem Video betrachten. Sie erkennen, dass ein neuer Stoff entsteht und die Masse der Stoffe erhalten bleibt. Ebenso wird aufgezeigt, dass Stoffe stets in einem konstanten Massenverhältnis reagieren und bei chemischen Reaktionen Energie umgesetzt wird. Die Thermolyse von Silberoxid bildet hierbei das Beispiel für eine endotherme Reaktion.

Auf der Vorstellungsebene verknüpfen die Lernenden die Bildung neuer Stoffe mit der Veränderung der Anordnung der Teilchen. Die Ebene veranschaulicht zudem, dass die

Gesamtzahl der Atome und Teilchenmassen erhalten bleibt und die Atomsorten in einem konstanten Verhältnis reagieren. Die symbolische Darstellung dient als Vermittler und Übersetzer beider Ebenen.

Ausblick

Im weiteren Verlauf des Projekts werden in einem iterativen Prozess Lernmaterialien konzipiert, die eine Entwicklung von Basisvorstellungen zu den Reaktionstypen *Elektronenübertragung* und *Protonenübertragung* initiieren sollen. Einen besonderen Fokus bildet dabei die Verknüpfung der Johnstone-Ebenen sowie die Übersetzung zwischen den einzelnen Ebenen.

Die Materialien werden zunächst im Rahmen von leitfadengestützten Interviews mit Lehrkräften reflektiert, anschließend mit Schulklassen erprobt und Lernprozesse sowie Lernergebnisse analysiert. Im Sinne des Design-Based Research wird final die Frage in den Blick genommen, welches Potential die Entwicklung von Basisvorstellungen für das Verstehen des Konzepts der Chemischen Reaktion innehaben.

Literatur

- Alonzo, A. C. (2012). Learning progressions: significant promise, significant challenge. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 15(1), 95–109. <https://doi.org/10.1007/s11618-012-0253-4>
- Bernholt, S., Höft, L. & Parchmann, I. (2020). Die Entwicklung fachlicher Basiskonzepte im Chemieunterricht – Findet ein kumulativer Aufbau im Kompetenzbereich Fachwissen statt? *Unterrichtswissenschaft*, 48(1), 35–59. <https://doi.org/10.1007/s42010-019-00065-4>
- Cooper, M. M., Posey, L. A. & Underwood, S. M. (2017). Core Ideas and Topics: Building Up or Drilling Down? *Journal of Chemical Education*, 94(5), 541–548. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.6b00900>
- Demuth, R., Ralle, B. & Parchmann, I. (2005). Basiskonzepte - eine Herausforderung an den Chemieunterricht. *CHEMKON*, 12(2), 55–60. <https://doi.org/10.1002/ckon.200510021>
- Griesel, H., vom Hofe, R. & Blum, W. (2019). Das Konzept der Grundvorstellungen im Rahmen der mathematischen und kognitionspsychologischen Begrifflichkeit in der Mathematikdidaktik. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 40(1), 123–133. <https://doi.org/10.1007/s13138-019-00140-4>
- Haas, J.-B. (2021). *chem.LEVEL: Fachsprachlich sensibler Chemieunterricht auf Basis des Johnstone Dreiecks* (Bd. 8). Logos Verlag.
- Johnstone, A. H. (1991). Why is Science Difficult to Learn? Things are Seldom What They Seem. *Journal of Computer Assisted Learning*, 7(2), 75–83. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.1991.tb00230.x>
- Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen. (2013). *Kernlehrplan für die Gesamtschule - Sekundarstufe I in Nordrhein-Westfalen: Naturwissenschaften, Biologie, Chemie, Physik*. https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/upload/klp_SI/GE/NW/KLP_GE_NW.pdf
- Rädiker, S. & Kuckartz, U. (2019). *Analyse qualitativer Daten mit MAXQDA*. Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Renkl, A. (2020). Wissenserwerb. In E. Wild & J. Möller (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie* (3-24). Springer Berlin Heidelberg.
- Rother, A. & Walpuski, M. (2020). *Vernetztes Lernen im Chemieunterricht: Mit einer Strukturierungs-Map den Lernerfolg erhöhen*. <https://www.schulentwicklung.nrw.de/sinus/upload/Phase06/Artikel/NW17-606.pdf>
- Salle, A. & Clüver, T. (2021). Herleitung von Grundvorstellungen als normative Leitlinien – Beschreibung eines theoriebasierten Verfahrensrahmens. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 42(2), 553–580. <https://doi.org/10.1007/s13138-021-00184-5>
- Sieve, B., Struckmeier, S. & Böhm, D. (2022). *Experimente im Chemieunterricht Band 1*. Springer Spektrum Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-63905-4>
- Taber, K. S. (2009). Learning at the Symbolic Level. In J. K. Gilbert & D. Treagust (Hrsg.), *Models and Modeling in Science Education: Bd. 4. Multiple Representations in Chemical Education* (1. Aufl., 75-105). Springer Dordrecht.
- Talanquer, V. (2011). Macro, Submicro, and Symbolic: The Many Faces of the Chemistry “Triplet”. *International Journal of Science Education*, 33(2), 179–195. <https://doi.org/10.1080/09500690903386435>
- vom Hofe, R. (1992). Grundvorstellungen mathematischer Inhalte als didaktisches Modell. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 13(4), 345–364. <https://doi.org/10.1007/BF03338785>

Anika Hensgen¹
 Vanessa Lang¹
 Annika Eichinger¹
 Christopher W. M. Kay^{1,2}

¹Universität des Saarlandes
²University College London

Chemielernen mit Concept Cartoons zur Förderung der Kommunikationskompetenz

Das fachgerechte Argumentieren und Diskutieren ist längst nicht mehr auf den schulischen Gesellschafts- und Sprachenunterricht zu begrenzen. Vielmehr muss die Förderung der aktiven Kommunikation zwischen Schüler:innen zentraler Bestandteil jedes (Chemie-) Unterrichts sein, der den Prozess der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung berücksichtigt. Im vorliegenden Beitrag wird eine Prä-Post-Erhebung vorgestellt, in der das Potential von „Concept Cartoons“ (Keogh & Naylor, 1999) zur Förderung der Kommunikationskompetenz (KMK, 2020) unter Einsatz eines selbst designten Lernprodukts evaluiert wird. Nachdem ein theoretischer Überblick über das Unterrichts-Tool „Concept Cartoons“ geschaffen wird, soll das für die Erhebung gestaltete Lernprodukt sowie das Studiendesign vorgestellt werden, um abschließend ein Urteil in Bezug auf die Forschungsfrage treffen zu können.

Concept Cartoons als Tool eines schülerzentrierten Unterrichts

In einem Concept Cartoon werden lebensweltliche Problemfragen von Schüler:innen skizzenartig dargestellt, welche einen naturwissenschaftlichen Hintergrund besitzen. Zwecks der Problemlösung stellen die Cartoon-Charaktere divergierende Hypothesen auf, die teils auf wissenschaftlichen, teils auf naiven Fehlkonzepten beruhen (Keogh & Naylor, 1999).

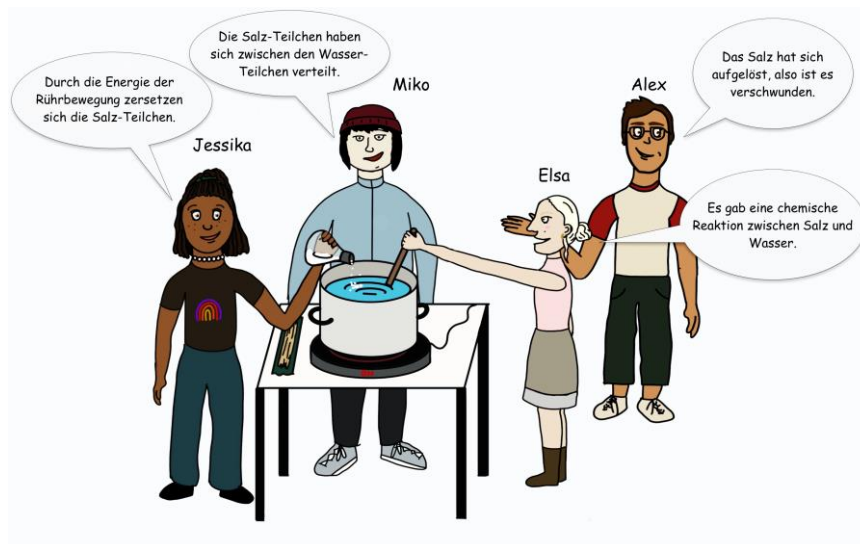


Abb.1: Concept-Cartoon der vorliegenden Testung zum Thema Löslichkeit.

Im Unterricht können Concept Cartoons als Lerngegenstand eingesetzt werden, um die Lernenden zur Infragestellung unterschiedlicher Konzepte zu bewegen und somit kognitive bzw. konzeptuelle Konflikte auszulösen (Keogh & Naylor, 2013; Johnson & Johnson, 2009). Nach einer eigenen Hypothesenbildung diskutieren die Lernenden üblicherweise in Kleingruppen und einigen sich auf einen gemeinsamen Erklärungsansatz, der in Form von Schülerexperimenten getestet wird (Feige & Lembens, 2020). In seiner Gesamtheit spiegelt dieser Vorgang von der Problemfrage bis zur Erkenntnisgewinnung somit den natürlichen Prozess der naturwissenschaftlichen Praxis wider.

Entwicklung des Lernprodukts & der Unterrichtssequenz

In Anlehnung an die grundlegenden Gestaltungsprinzipien nach Feige & Lembens (2020) wurde ein Concept Cartoon (vgl. Abb. 1) zum Thema „Löslichkeit von Kochsalz“ digital entworfen. Dieser adressiert gängige Fehlkonzepte von Schüler:innen zu den didaktischen Basiskonzepten „Stoff-Teilchen“ sowie „Chemische Reaktion“ (KMK, 2020). Das „Vernichtungskonzept“ (Barke, 2006) spielt beim Löseprozess eine besondere Rolle, da Schüler:innen das optische „Verschwinden“ des gelösten Salzes auf makroskopischer Ebene häufig mit einer materiellen Vernichtung des Stoffes auf submikroskopischer Teilchenebene gleichsetzen. Zu diesem Verständnis trägt unter anderem die Umschreibung „Das Salz löst sich auf“ in unserer Alltagssprache bei.

In der geplanten Unterrichtssequenz nehmen die Schüler:innen zunächst in Einzelarbeit Stellung zu den Hypothesen der Personen im Concept Cartoon, einigen sich im Anschluss in einer Kleingruppendiskussion auf einen gemeinsamen Ansatz und überprüfen diesen in einem eigenständig geplanten Schülerexperiment, zu welchem sie Versuchsprotokolle erstellen (vgl. Abb. 2). Zur Versöhnung des oben genannten Vernichtungskonzept eignet sich beispielsweise die physikalische Trennung der Salzlösung durch Verdampfen des Wassers, wodurch der Salz-Rückstand auf makroskopischer Ebene sichtbar gemacht werden kann. Um eine einheitliche Ergebnissicherung zu garantieren, muss am Ende der Lerneinheit eine gemeinsame Plenumsdiskussion unter Klärung der Fachsprache erfolgen.



Abb.2: Visualisierung der Unterrichtssequenz

Studiendesign

Um das Potential von Concept Cartoons im Hinblick auf den Zuwachs an kommunikativen Kompetenzen bewerten zu können, wird die vorliegende Unterrichtssequenz in drei Lerngruppen von Schüler:innen der Klassenstufe sieben und acht (N=43) eingesetzt und evaluiert. Bei der Testung handelt es sich um eine Querschnittsstudie im Ein-Gruppen-Prä-Post-Design, wobei prä- sowie postexperimentell Fragebögen von den Schüler:innen zur Selbsteinschätzung ihrer kommunikativen Kompetenzen (anpasst nach DESI-Konsortium, 2008) auf einer 5-Punkte-Likert-Skala (von 1 = nicht kompetent bis 5 = voll kompetent)

bearbeitet werden. Zur weiteren Datenerhebung wird die (fach-)sprachliche Qualität der von den Schüler:innen erstellten Versuchsprotokolle mittels eines Analyserasters (Müllner & Möller, 2019) bewertet.

Zentrale Ergebnisse

Zwecks der quantitativen Auswertung der Fragebögen werden Mittelwerte sowie Standardabweichungen für die individuellen Selbsteinschätzungen der Schüler:innen in den Prä- und Post-Fragebögen sowie in der Prä-Post-Differenz berechnet. Insgesamt kann festgehalten werden, dass die Schüler:innen infolge der Intervention mit Concept Cartoons ihre kommunikativen Kompetenzen etwas besser einschätzen (+0,13), was für beide Teilbereiche „Argumentieren und Diskutieren“ (+0,14) sowie „Informationen erschließen“ (+0,11) festgehalten werden kann. Unter den Lernenden der Klassenstufe sieben wird die größte Steigerung im Bereich „Informationen erschließen“ (+0,45) festgestellt, während die Schüler:innen der Klassenstufe acht im Bereich „Argumentieren und Diskutieren“ (+0,26) den deutlichsten Kompetenzzuwachs gemäß ihrer Selbsteinschätzung zeigen. Hieraus kann gefolgert werden, dass die Getesteten infolge des Diskutierens unterschiedlicher (Fehl-) Konzepte durch Concept Cartoons Hypothesen sicherer als solche identifizieren und diese von wissenschaftlichen Beweisen unterscheiden können. Ebenso trauen sich die Schüler:innen im Mittel postexperimentell eher zu, geschickt und zielgerichtet zu argumentieren, was auf die Diskussion innerhalb der Kleingruppen zurückgeführt werden kann.

Entgegen dieser positiven Ergebnisse der Fragebogenstudie werden in der sprachlichen Analyse der Versuchsprotokolle bei einem Großteil der Stichprobe fachsprachliche Probleme sowie eine mangelnde Kohärenz in der Formulierung der Argumente festgestellt. Hierbei wird unter anderem eine Konfusion der Schüler:innen bei der Beschreibung von Labor-Materialien durch visuell ähnliche Alltagsgegenstände diagnostiziert, wie in den Beispielen „Zange“ für „Tiegelzange“ sowie „Spachtel“ oder „Esslöffel“ für „Spatel“ (Schüler:innen der Lerngruppe 8) deutlich wird. Die allgemeine mangelnde Kohärenz der Argumentationsmuster kann vermutlich auf einen pandemiebedingten Rückstand an Fach- und Methodenwissen zurückgeführt werden: Nur vier der dreiundvierzig Getesteten bewiesen ausreichende Fachkompetenz im präexperimentell durchgeführten Wissenstest über die Grundbegriffe von Aggregatzuständen, Löslichkeit und Teilchendiffusion. So reproduzieren die Schüler:innen auch postexperimentell vereinzelt noch das Vernichtungskonzept, da sie davon ausgehen, dass „das Salz [...] im heißen Wasser direkt verschwunden [ist]“ (Schüler der Lerngruppe 8).

Fazit

Insgesamt deutet die Prä-Post-Bilanz der Fragebögen auf einen positiven Effekt des Einsatzes von Concept Cartoons in Bezug auf die kommunikativen Kompetenzen der Schüler:innen durch Selbsteinschätzung hin.¹ Allerdings konnte bislang nicht nachgewiesen werden, dass Lernende in durch Concept Cartoons angereicherten Lernsettings fachlich sowie fachsprachlich angemessene Argumente einsetzen, was vermutlich auf das mangelnde Fachwissen der Lernenden der Stichprobe zurückzuführen ist. Ausblickend ist daher eine Langzeitstudie mit einer umfassenderen Stichprobe zu erwägen.

¹ Meta-Analysen von Hansford und Hattie (1982) zeigten eine positive Korrelation zwischen Selbstkonzept und tatsächlicher Leistung.

Literatur

- Barke, H.-D. (2006). *Chemiedidaktik: Diagnose und Korrektur von Schülervorstellungen*. Berlin: Springer.
- DESI-Konsortium (Eds.). (2008). *Unterricht und Kompetenzerwerb in Deutsch und Englisch: Ergebnisse der DESI-Studie*. Weinheim: Beltz.
- Feige, E.-M., & Lembens, A. (2020). Concept Cartoons im naturwissenschaftlichen Unterricht. *MNU-Journal*, 73, 370–376.
- Hansford, B., & Hattie, J. A. (1982). The relationship between self and achievement/performance measures. *Review of Educational Research*, 52, 123–142.
- Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (2009). Energizing Learning: The Instructional Power of Conflict. *Educational Researcher*, 38(1), 37–51. <https://doi.org/10.3102/0013189X08330540>
- Keogh, B., & Naylor, S. (1999). Concept cartoons, teaching and learning in science: An evaluation. *International Journal of Science Education*, 21(4), 431–446.
- Keogh, B., & Naylor, S. (2013). Concept Cartoons: What Have We Learnt? *Journal of TURKISH SCIENCE EDUCATION*, 10(1), 3–11.
- Müllner, B., & Möller, A. (2019). Entwicklung eines Analyseinstruments zur Erfassung der sprachlichen und fachlichen Qualität von Versuchsprotokollen. *Erkenntnisweg Biologiedidaktik*, 25–40.
- Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (KMK) (Eds.). (2020). *Bildungsstandards im Fach Chemie für die Allgemeine Hochschulreife: Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 18.06.2020 (1. Auflage)*. Bonn/Berlin: Carl Link Verlag.

Anja Lembens¹
Rita Krebs¹

¹Universität Wien

Entwicklung sprachfördernder und sprachsensibler Materialien für den Chemieunterricht im Erasmus+ Projekt sensiMINT¹

Um informierte Wahl- und Konsumententscheidungen treffen zu können, benötigen Schulabgänger:innen eine angemessene naturwissenschaftliche Grundbildung. Letztere kann ohne sprachliche Kompetenzen kaum erworben werden (z.B. Markic, Broggy & Childs, 2013; Gogolin, 2015; Suchań & Breit, 2016; Mönch & Markic, 2022). Sprache ist einerseits „das zentrale Medium fachlicher Vermittlung“, andererseits gilt „der Erwerb einer genuin sprachlichen Handlungsfähigkeit (im Fachkontext) als eines der übergeordneten Ziele des Fachunterrichts“ (Butler & Goschler, 2019, S. V). Daher muss Fachunterricht auch Sprachbildung beinhalten in der es um mehr als die Balance zwischen Alltags- und Fachsprache geht. Lernende sollen mit fachspezifischen Textsorten rezeptiv und produktiv umgehen können, um daraus relevante Informationen zu entnehmen, gewonnene Einsichten argumentativ zu vertreten und reflektiert handeln zu können. Die systematische Entwicklung dieser Kompetenzen ist auch Aufgabe des Chemieunterrichts, denn „beinahe jeder Lerngegenstand wird sprachlich vermittelt“ (Gogolin, 2015). Es ist also äußerst schwierig, ohne sprachliches Verstehen eine Sache zu erfassen und zu kommunizieren.

Sprache, Denken und (Chemie-)Lernen

Sprache und Denken stehen in einer funktionalen Symbiose zueinander, indem sie sich ständig aufeinander beziehen und dadurch voneinander abhängig sind. Woran denken Sie z. B., wenn Sie das Wort „Zitronensäure“ hören oder lesen? An eine saure Zitrone? An kristalline Zitronensäure zum Entkalken? An die Halbstrukturformel eines Zitronensäuremoleküls? Abhängig vom Kontext ist das Konzept, das Sie sich vorstellen, angemessen oder nicht. Deshalb ist es beim Lehren und Lernen von Chemie wichtig, sich bewusst zu machen, welches Konzept aus dem Alltag oder der Fachdisziplin angesprochen wird, wenn ein bestimmter Terminus (z. B. Zitronensäure) verwendet wird. Wird ein für den Kontext unangemessenes Konzept assoziiert, kann dies das Lernen und Verstehen behindern.

Außerdem variiert Sprache je nach Thema, Beziehung zwischen den Gesprächspartner:innen und Kommunikationsmedium (mündlich oder schriftlich) in Form sogenannter Register. Diese Variationen sind nicht zufällig, denn jedes dieser Register hat seine eigenen Normen. Im Kontext des Chemieunterrichts müssen also Kenntnisse der akademischen Sprache und des fachspezifischen Registers erworben werden, um die fachlichen Inhalte erschließen und kommunizieren zu können. Dabei setzt die Beherrschung der chemischen Fachsprache nicht nur voraus, dass man weiß, welcher Wortschatz und welche grammatikalischen Strukturen in

¹ Erasmus+ Projekt sensiMINT: Sprachsensibler Biologie- und Chemieunterricht — Kontext und Materialien Interdisziplinär reflektiert, 2020-1-AT01-KA201-078144

Die Unterstützung der Europäischen Kommission für die Erstellung dieser Veröffentlichung stellt keine Billigung des Inhalts dar, welcher nur die Ansichten der Verfasser wiedergibt, und die Kommission kann nicht für eine etwaige Verwendung der darin enthaltenen Informationen haftbar gemacht werden.

einem bestimmten Kontext angemessen sind, sondern auch, wie Wissen in wiederkehrenden domänenspezifischen Textsorten organisiert ist. Ohne diese Kenntnisse ist es äußerst schwer, sich in fachspezifischen Textsorten zurechtzufinden sowie relevante Informationen zu entnehmen und zu verstehen. Fachspezifische Textsorten werden im wissenschaftlichen Kontext verwendet, wobei sich deren Funktionen in charakteristischen Sprachmustern widerspiegeln. Diese Textsorten können grob in kontinuierliche (Fließtext) und diskontinuierliche (Diagramme, Tabellen etc.) Texte eingeteilt werden (Beese et al., 2017; Michalak & Müller, 2017). Chemielehrkräften ist jedoch oft nicht bewusst, wie voraussetzungsreich und komplex die notwendigen Sprachhandlungen sind, um fachspezifische Textsorten wie z. B. Versuchsprotokolle oder Diagrammbeschreibungen angemessen verstehen bzw. anfertigen zu können. Um sprachbildend und sprachsensibel unterrichten zu können, müssen die Lehrkräfte die sprachlichen Herausforderungen identifizieren können und über ein breites Repertoire an Unterstützungsmethoden für die Lernenden verfügen (Buxton & Caswell, 2020). Mit dieser zweifachen Anforderung durch Sprache und Fach sind Chemielehrkräfte oftmals überfordert (Riebling, 2013) und fühlen sich auch nicht zuständig dafür. Um diesen Herausforderungen angemessen begegnen zu können, wäre die gemeinsame Entwicklung von Unterrichtskonzepten und Materialien durch Chemie- und Sprachlehrkräfte erforderlich. In diesem Sinne betont Gogolin, dass *„praxisrelevante und empirisch auf Tauglichkeit geprüfte Ansätze für einen fachlichen Unterricht [...], der bildungssprachförderlich ist, [...] am besten in Kooperation zwischen Expert[:innen] für Sprache und jenen für die Sache“* zu entwickeln sind (Gogolin, 2012, S. 164). Diese Entwicklungsarbeit ist von Lehrkräften zusätzlich zum normalen Schulalltag kaum leistbar. Um einen substantiellen Beitrag zum Füllen dieser Lücke zu leisten, wurde das Erasmus+ Projekt sensiMINT initiiert. Es hat zum Ziel, sprachbildende und sprachensible Unterrichtseinheiten inkl. Materialien zu erarbeiten, zu erproben und über die Projektwebseite (<https://www.sensimint.eu/>) verfügbar zu machen.

Entwicklung sprachförderlicher Materialien in Ko-Konstruktion

Im Projekt sensiMINT arbeiten in interdisziplinären Communities of Practice Expert:innen aus Naturwissenschafts- und Sprachdidaktiken gemeinsam mit Lehrkräften (Straub & Waschewski, 2019; Wenger-Trayner & Wenger-Trayner, 2015) daran, Unterrichtskonzepte und Materialien zu analysieren und zu entwickeln, die die Rezeption und Produktion zentraler Textsorten im Chemieunterricht und damit das Verstehen von Chemie erleichtern sollen. Dabei werden fachspezifische Inhalte, Arbeits- und Denkweisen durch eine sprachbewusste Vorgehensweise zugänglich gemacht (Ulrich & Michalak, 2019). Die Ziele und Meilensteine des Erasmus+ Projekts sensiMINT sowie Einblicke in die Materialentwicklung wurden bereits an anderer Stelle beschrieben (Lembens et al., 2022; Dörrer et al., 2022). Im Folgenden soll der Fokus auf die Herausforderungen beim Verwenden und Produzieren chemiespezifischer Textsorten gelegt werden. Im Chemieunterricht kommt eine begrenzte Anzahl typischer Textsorten zum Einsatz, die die Lernenden rezipieren sollen, um daraus Informationen zu entnehmen, oder die sie selbst produzieren sollen, um Erkenntnisse darzustellen und zu kommunizieren. Typische Textsorten im Chemieunterricht sind: Versuchsanleitungen und -protokolle, Grafen, Tabellen, Fließdiagramme, Darstellungen / Beschreibungen von Modellen und Geräten, Steckbriefe etc. Dabei hat jede Textsorte einen typischen Aufbau, der ihrem spezifischen Zweck geschuldet ist. Darüber hinaus ist jede dieser Textsorten durch einen

spezifischen Wortschatz mit typischen Formulierungen sowie typischen grammatischen und stilistischen Besonderheiten gekennzeichnet. Damit man aus diesen Textsorten gezielt Informationen entnehmen kann oder diese selbst produzieren kann, ist eine Vertrautheit mit den jeweiligen sprachlichen Besonderheiten notwendig.

Textsortenraster

Um fachspezifische Textsorten zu analysieren und Material zu erstellen, mit dem einerseits Lehrkräfte zu einem sprachbildenden und sprachsensiblen Unterricht befähigt werden und andererseits Schüler:innen bei ihrer Rezeption und Produktion unterstützt werden können, kommen bei sensiMINT Textsortenraster (Beese et al, 2017; Michalak & Müller, 2017) zum Einsatz. Textsortenraster gliedern sich in vier Ebenen: 1. Metainformationen, 2. Inhalte, 3. Zusammenhänge und 4. Reflexion. In Form einer Tabelle sind jeder Ebene konkrete Fragen zugeordnet, die das Rezipieren bzw. Produzieren der jeweiligen Textsorte anleiten sollen. Darüber hinaus werden relevante Operatoren benannt, die hilfreich für die Verbalisierung sind. Tabelle 1 zeigt ein Textsortenraster für die Textsorte Versuchsprotokoll.

Tabelle 1: Beispiel für ein Textsortenraster für die Textsorte Versuchsprotokoll

| Metainformationen | Fragen | Operatoren |
|--|---|--|
| Überschrift Datum Ort Protokollant:in | Worum geht es in dem Versuch? Wann wurde der Versuch durchgeführt? Wo wurde der Versuch durchgeführt? Wer schreibt das Versuchsprotokoll? | nennen |
| Inhalte | Fragen | Operatoren |
| Fragestellung Vermutung / Hypothese Material / Aufbau Durchführung Beobachtung | Welche Forschungsfrage wird bearbeitet? Welche Hypothesen lassen sich ableiten? Welches Material wird benötigt? Welche Schritte sind notwendig? Welche Veränderungen / Eigenschaften werden beobachtet? | nennen vermuten auflisten / (zeichnen) beschreiben beschreiben |
| Zusammenhänge | Fragen | Operatoren |
| Auswertung | Welche Schlussfolgerungen kann man aus der Beobachtung / den Daten ziehen? | interpretieren / deuten / erklären / begründen |
| Reflexion | Fragen | Operatoren |
| Fehlerdiskussion | Welche Aspekte beeinflussen die Genauigkeit / Aussagekraft der Ergebnisse? | bewerten / beurteilen |

Die Textsorte Versuchsprotokoll setzt sich aus kontinuierlichen und diskontinuierlichen Teilen zusammen und ist insbesondere durch Aufzählungen, Passivkonstruktionen, Komposita und Begründungszusammenhänge gekennzeichnet. Damit Lernende sich hier besser zurechtfinden, ist es sinnvoll, relevante Sprachmuster zu identifizieren und gezielt zu üben. Die systematische Entwicklung der akademischen Sprachkompetenzen und des notwendigen Repertoires an Sprachmustern und Wörtern unterstützt das fachliche Lernen und verdient daher eine zentrale Rolle im Chemieunterricht. Die im Erasmus+ Projekt sensiMINT in Ko-Konstruktion entwickelten Unterrichtskonzepte und Materialien sollen Lehrkräfte für die sprachlichen Herausforderungen im Zusammenhang mit dem Lehren und Lernen von Chemie sensibilisieren und sie befähigen, einen sprachbildenden und sprachsensiblen Chemieunterricht zu planen, durchzuführen und zu reflektieren.

Literatur

- Beese, M., Kleinpaß, A., Krämer, S., Reschke, M., Rzeha, S. & Wiethoff, M. (2017). Praxishandbuch Sprachbildung Biologie: Sprachsensibel unterrichten – Sprache fördern. Ernst Klett Sprachen.
- Butler, M. & Goschler, J. (2019). Sprachsensibler Fachunterricht. Springer Fachmedien Wiesbaden, V.
- Buxton, C.A. & Caswell, L. (2020). Next Generation Sheltered Instruction to Support Multilingual Learners in Secondary Science Classrooms. *Science Education*, 104, 555–580.
- Dörrer, J., Krebs, R. & Lembens, A. (2022). Die Phasenübergänge des Wassers: Eine sprachensible Lernaufgabe für die Sekundarstufe I. *Chemie & Schule*, 37(3), 5-7.
- Gogolin, I. (2012). "Sprachliche Bildung im Mathematikunterricht". In Blum, W., Borromeo Ferrari, R. & Maaß, K. (Hrsg.). *Mathematikunterricht im Kontext von Realität, Kultur und Lehrprofessionalität*. Festschrift für Gabriele Kaiser.
- Gogolin, I (2015). Sprache, Bildung – und Erfolg? In *Magazin Sprache*. Goethe-Institut e. V. <https://www.goethe.de/de/spr/mag/lld/20481610.html>.
- Lembens, A., Krebs, R. & Taglieber, J. (2022). sensiMINT – Sprachsensibler Chemie- und Biologieunterricht. In: Habig, S. & van Vorst, H. (Hrsg.). *Unsicherheit als Element von naturwissenschafts-bezogenen Bildungsprozessen*. Gesellschaft für die Didaktik der Chemie und Physik.
- Markic, S., Broggy, J. & Childs, P. (2013). How to Deal with Linguistic Issues in Chemistry Classes. In I. Eilks & A. Hofstein (Eds.), *Teaching Chemistry – A Studybook: A Practical Guide and Textbook for Student Teachers, Teacher Trainees and Teachers* (127–152). SensePublishers
- Michalak, M., & Müller, B. (2017). Durch Sprache zum systemischen Denken. In H. Arndt (Ed.), *FAU Lehren und Lernen: Band 2. Systemisches Denken im Fachunterricht* (111–138). FAU University Press.
- Mönch, C. & Markic, S. (2022). Science Teachers' Pedagogical Scientific Language Knowledge—A Systematic Review. *Education Sciences*, 12(7), 497.
- Riebling, L. (2013). Sprachbildung im naturwissenschaftlichen Unterricht. Eine Studie im Kontext migrationsbedingter sprachlicher Heterogenität. Waxmann.
- Straub, R. & Waschewski, T. (2019). Transdisziplinäre Entwicklungsteams – Lerntheorien und didaktische Implikationen eines kooperativen Ansatzes zur Theorie-Praxis-Verzahnung in der Lehrkräftebildung. In BMBF (Hrsg.). *Verzahnung von Theorie und Praxis im Lehramtsstudium. Erkenntnisse aus Projekten der "Qualitätsoffensive Lehrerbildung"*. https://www.qualitaetsoffensive-lehrerbildung.de/files/BMBF-Verzahnung_von_Theorie_und_Praxis_im_Lehramtsstudium_barrierefrei.pdf
- Suchań, B. & Breit, S. (2016). PISA 2015. Grundkompetenzen am Ende der Pflichtschulzeit im internationalen Vergleich. Leykam.
- Ulrich, K. & Michalak, M. (2019). Sprachsensibler Fachunterricht. In: *Sprache im Fach*. München; Eichstätt
- Wenger-Trayner, E. & Wenger-Trayner, B. (2015). *Communities of practice: a brief introduction*. <https://wenger-trayner.com/introduction-to-communities-of-practice/>

Jan-Bernd Haas¹
Annette Marohn¹

¹Universität Münster

chem.level

Fachsprachlich sensibler Chemieunterricht auf Basis des Johnstone-Dreiecks

Chemisches Wissen teilt sich nach Johnstone in drei Ebenen: Die makroskopische Ebene umfasst das Wissen über chemische Phänomene, die beobachtet bzw. gemessen werden können. Die submikroskopische Ebene beinhaltet unsere modellhaften Vorstellungen zum Aufbau der Materie sowie zum Energiekonzept. Diese nutzen wir, um die makroskopischen Phänomene zu erklären. Die repräsentativ-symbolische Ebene wiederum beinhaltet verschiedene Repräsentationsformen wie etwa Reaktionsgleichungen, Diagramme oder mathematische Zusammenhänge, mit deren Hilfe sich chemische Vorgänge darstellen lassen. (Johnstone, 2000)

In der Verbalsprache im Unterricht, im „Laborjargon“ von Chemikerinnen und Chemikern (Barke, Harsch, Kröger, & Marohn, 2018) sowie in Texten und Abbildungen von Schulbüchern finden sich nicht selten Vermischungen dieser Ebenen. Abbildung 1 zeigt exemplarisch eine Vermischung der makroskopischen und submikroskopischen Ebene. Der zugehörige Schulbuchtext lautet: „Bild [...] beschreibt die Reaktion von Kupfer und Sauerstoff im Modell. Es verbinden sich jeweils zwei Kupferteilchen mit einem Sauerstoffteilchen. Es entsteht Kupferoxid.“ (Austenfeld, et al., 2021, S. 71) Sowohl im Text, als auch in der Abbildung werden makroskopische Ebene („Kupfer“, „Sauerstoff“, „Kupferoxid“) und submikroskopische Ebene („Teilchen“) miteinander vermischt. Zudem werden die Kupfer-Teilchen kupferfarben dargestellt, wodurch eine weitere Vermischung von makroskopischer und submikroskopischer Ebene erzeugt wird.

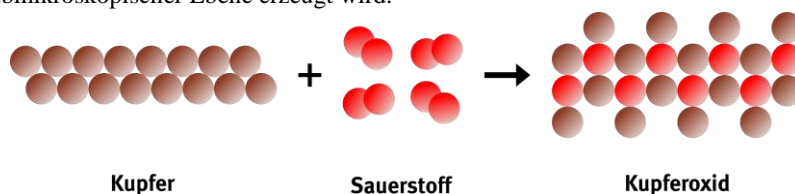


Abb. 1: Vermischung von makroskopischer und submikroskopischer Ebene am Beispiel „Reaktion von Kupfer und Sauerstoff“ (Abbildung nach Austenfeld, et al., 2021, S. 71)

Eine solche Vermischung der Ebenen birgt die Gefahr, dass Lernende nicht anschlussfähige Konzepte entwickeln. Johnstone (2000) merkt zudem an, dass Schülerinnen und Schüler die Ebenen noch nicht sicher trennen können; eine Vermischung kann daher auch zu einer hohen intrinsischen sowie extrinsischen Belastung des Arbeitsgedächtnisses führen und dadurch einen „cognitive overload“ (Paas & Sweller, 2014, S. 62) erzeugen.

Das Projekt „chem.level – fachsprachlich sensibler Chemieunterricht auf Basis des Johnstone-Dreiecks“ (Haas, 2021) verfolgt daher drei Ziele: (1) Die drei genannten Ebenen sollen im Unterricht bewusst gemacht werden. (2) Eine klare Trennung der Ebenen im Lernmaterial soll einen transparenten Umgang mit diesen ermöglichen. (3) Es soll eine Ebenen-spezifische Fachsprache gefördert werden.

Das chem.LEVEL-Dreieck

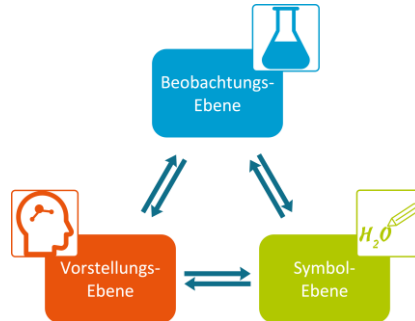


Abb. 2: Das chem.LEVEL-Dreieck

Als erste Maßnahme wurde das chem.level -Dreieck (vgl. Abb. 2) entwickelt. Die Ebenen des Johnstone-Dreiecks sind darin schülergerecht in Beobachtungs-Ebene, Vorstellungsebene und Symbol-Ebene umbenannt. Jede Ebene wird durch eine zugeordnete Farbgebung und ein Icon repräsentiert. Das chem.level - Dreieck kann im Klassenraum aufgehängt werden um einen „offensiven“ Einsatz der Ebenen im Unterricht zu unterstützen. Die zugeordneten Farben und Icons ermöglichen zudem eine Kennzeichnung von Lernaufgaben, schaffen Transparenz und fördern den bewussten Umgang mit den Ebenen.

Die Ebenen werden im Projekt chem.level als *Kommunikationsebenen* verstanden. Dadurch wird zum Ausdruck gebracht, dass in der Kommunikation über Ebenen-spezifische Inhalte ein charakteristischer Sprachgebrauch benötigt wird. Die Repräsentationen dieser Ebenen-spezifischen Sprache können nach Leisen (2005) wiederum in unterschiedlichen Darstellungsformen abstrahiert werden.

Die chem.level Lernumgebung

Um den bewussten Umgang mit den Ebenen zu fördern, wurde eine digitale Lernumgebung auf Basis der App Explain Everything zum Thema galvanische Zellen für die Sekundarstufe 1 entwickelt (vgl. Abb. 3). Diese beinhaltet Ebenen-spezifische Lernaufgaben in insgesamt neun Aufgabenfeldern, welche optisch in die Ebenen des chem.level-Dreiecks eingebettet sind. Ein abschließendes Feld verknüpft die Ebenen miteinander.

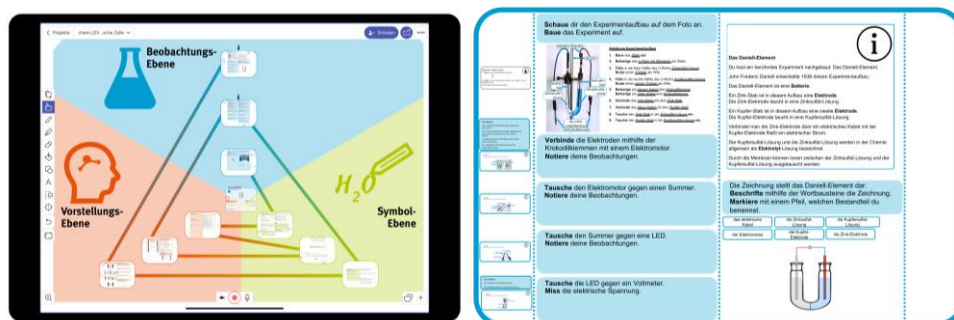


Abb. 3: Die chem.LEVEL Lernumgebung zum Thema galvanische Zelle in der App Explain Everything (links) – 1. Aufgabenfeld der Beobachtungs-Ebene (rechts)

Sämtliche Aufgabenfelder nutzen sowohl bildliche als auch sprachliche Repräsentationen. In der Gestaltung wurde darauf geachtet, die chem.level - Ebenen nicht miteinander zu

vermischen. In sämtlichen Aufgabenfeldern werden verschiedene Methodenwerkzeuge (Leisen, 2013) zur sprachlichen Unterstützung eingesetzt, zum Beispiel Wortgeländer, Wort- und Satzbausteine, Fehlersuche, Worträtsel oder Lückentexte. Die Gestaltung der Aufgabenfelder berücksichtigt zudem die Gestaltungsprinzipien der cognitive theory of multimedia learning (Mayer, 2014) (Scheiter, Richter, & Renkl, 2020) sowie das Konzept der einfachen Sprache (Baumert, 2016).

Der Aufbau eines Aufgabenfeldes soll an einem Beispiel verdeutlicht werden (vgl. Abb. 3). Dargestellt ist das erste Aufgabenfeld der Beobachtungs-Ebene. Alle Aufgabenfelder sind an die Bildschirmgröße eines iPads angepasst, sodass in einem ersten Zoom-Schritt das gesamte Aufgabenfeld wahrgenommen werden kann. Das Feld ist zudem in zwei Hälften mit jeweils einem Rand unterteilt. Dies soll an bekannte Strukturen, etwa aus Schulbuch-Materialien, erinnern. Die Ränder werden für optionale Elemente genutzt. In diesem Beispiel beinhalten diese Hilfestellungen zum Anschließen elektrischer Verbraucher sowie Bedienhinweise für die App. Dadurch soll die Eigenständigkeit im Umgang mit der Lernumgebung erhöht werden (Dellbrügge, 2020). Die Gestaltung der Lernaufgaben berücksichtigt das Prinzip der Bild-Text-Nähe; auf diese Weise wird der Fokus auf die Aufgabenstellung erhöht (Scheiter, Richter, & Renkl, 2020). In der Bearbeitung der Aufgabenstellungen müssen die Lernenden zwischen den Repräsentationsebenen nach Leisen (2005) wechseln; dadurch soll die (Fach-)Sprachkompetenz der Lernenden erhöht werden. Texte mit Basiswissen sollen zum Erwerb von anschlussfähigem Grundwissen beitragen, welches in weiteren Aufgabenfeldern aufgegriffen wird.

Sämtliche Lernaufgaben wurden mithilfe des Konkretisierungsrasters nach Tajmel (2017) analysiert. Dadurch konnten Stolpersteine auf Wort-, Satz- oder Textebene reduziert und optionale Hilfen zur Überwindung dieser Barrieren erstellt werden.

Die Lernenden bearbeiten die Aufgabenfelder über einen Lernpfad von außen nach innen. Dabei steigen die Kompetenzanforderungen in drei Stufen an (Reproduktion, Analyse, Zusammenführen & Transfer). Grundlage dafür bildet eine entwickelte Differenzierungsmatrix (vgl. Abb. 4). Diese ermöglicht eine strukturierte und zielgerichtete Unterscheidung im Anforderungsniveau der Lernaufgaben (Kutzer, 1998). Die Differenzierung innerhalb der kognitiven Komplexität orientiert sich an den Anforderungsbereichen der Bildungsstandards (Beschlüsse der Kultusministerkonferenz, 2005). Um die Gleichwertigkeit der Ebenen zu betonen, wurde keine lineare, sondern eine kreisförmige Darstellung gewählt.

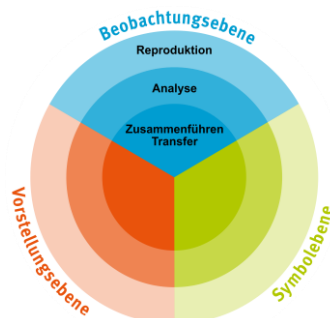


Abb. 4: Die chem.LEVEL-Differenzierungsmatrix

Begleitforschung

Das Projekt ‚chem:LEVEL‘ gliedert sich in den Forschungsrahmen des Design-Based-Research, der den Entwicklungs- und Forschungsprozess in verschiedene Mesozyklen mit eigenen Forschungsfragen unterteilt (Haas, 2021). Im Rahmen des vierten Mesozyklus wurde die entwickelte Lernumgebung durch Schülerinnen und Schüler einer 9. Klasse einer nordrhein-westfälischen Gesamtschule erprobt. Als Datengrundlage dienten ein Prä-Post-Fragebogen zur Erfassung von fachlichen und fachsprachlichen Lernzuwächsen, ein Follow-up-Test, die schriftlichen Angaben der Lernenden innerhalb der Lernumgebung sowie Videodaten, die mit Hilfe von GoPro-Stirnkameras aufgezeichnet wurden.

Diese Daten wurden genutzt, um drei übergeordnete Forschungsfragen zu beantworten, die in neun Subfragen ausdifferenziert sind:

- Inwiefern werden die fachinhaltlichen Ziele der Lernumgebung erreicht?
- Inwiefern werden die fachsprachlichen Ziele der Lernumgebung erreicht?
- In welcher Weise wird die Lernumgebung von den Schülerinnen und Schülern genutzt?

Die offenen Antworten im Prä-Post-Vergleich wurden durch zwei unabhängig codierende Personen inhaltsanalytisch kategorisiert und bepunktet. Dabei zeigte sich bei allen Schülerinnen und Schülern sowohl ein fachinhaltlicher als auch ein fachsprachlicher Lernzuwachs (Haas, 2021).

Literatur

- Austenfeld, U., Backes, M., Barheine, B., Bauer, S., Bresler, S., Corsten, S., . . . Krönert. (2021). *Batur und Technik - Naturwissenschaften 7 - Nordrhein-Westfalen*. Berlin: Cornelsen Verlag.
- Barke, H.-D., Harsch, G., Kröger, S., & Marohn, A. (2018). *Chemiedidaktik kompakt - Lernprozesse in Theorie und Praxis*. Berlin: Springer Spektrum Verlag.
- Baumert, A. (2016). *Leichte Sprache – Einfache Sprache*. Hannover: Bibliothek der Hochschule Hannover.
- Beschlüsse der Kultusministerkonferenz. (2005). *Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10)*. (S. d. Deutschland, Hrsg.) München - Neuwied: Luchterhand - Wolters Kluwer.
- Dellbrügge, B. (2020). *choice2interact - interaktiv Lernen mit Tablets im Chemieunterricht*. (A. Marohn, Hrsg.) Berlin: Logos Verlag.
- Haas, J.-B. (2021). *chem.LEVEL - fachsprachlich sensibler Chemieunterricht auf Basis des Johnstone Dreiecks* (Bd. 8). (A. Marohn, Hrsg.) Berlin: Logos Verlag.
- Johnstone, A. H. (2000). TEACHING OF CHEMISTRY - LOGICAL OR PSYCHOLOGICAL? *Chem. Educ. Res. Pract. Eur.*, S. 9-15.
- Kutzer, R. (1998). *Mathematik entdecken und verstehen*. Frankfurt am Main: Diesterweg Verla.
- Leisen, J. (2005). Wechsel der Darstellungsformen. *Unterricht Physik*(87), S. 10-11.
- Leisen, J. (2013). Darstellungs- und Symbolisierungsformen im Bilingualen Unterricht. In W. Hallet, & F. Königs, *Handbuch Bilingualer Unterricht. Content and Language Integrated Learning* (S. 152-160). Seelze: Klett-Kallmeyer.
- Mayer, R. (2014). Principles based on social cues in multimedia learning: Personalization, voice, image, and embodiment principles. In R. Mayer, *The Cambridge Handbook of multimedia learning* (S. 345-368). Cambridge: Cambridge University Press.
- Paas, F., & Sweller, J. (2014). Implications of Cognitive Load Theory for Multimedia Learning. In R. Mayer, *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (S. 27-42). New York: Cambridge University Press.
- Scheiter, K., Richter, J., & Renkl, A. (2020). Multimediales Lernen. Lehren und Lernen mit Texten und Bildern. In Niegemann, & Weinberger, *Handbuch Bildungstechnologie: Konzeption und Einsatz digitaler Lernumgebungen* (S. 31-56). Springer Verlag.
- Tajmel, T. (2017). Konkretisierungsraster. In B. Jostes, D. Caspari, & B. Lütke, *Sprachen - Bilden - Chancen* (S. 74-93). Münster: Waxmann.

Kerstin Gresens¹
Hendrik Härtig¹

¹Universität Duisburg-Essen

(Sprachliche) Hürden beim Lernen mit Repräsentationsformen

Hintergrund

Unter Repräsentationen werden kognitive Werkzeuge zum Verstehen von Konzepten und dem Umgang mit diesen verstanden (Ainsworth, 2008). Es gibt verschiedene Repräsentationsformen wie Bilder, Diagramme oder Tabellen, die einen Sachverhalt beschreiben (Klein et al., 2018). In den Naturwissenschaften werden Repräsentationen eingesetzt, um abstrakte Konzepte zu vermitteln, Probleme zu verstehen, zu erkunden und zu lösen (Corradi et al., 2012). Für das Lernen ist es notwendig, die verschiedenen Repräsentationsformen interpretieren zu können und in Verbindung mit der Realität und dem zu lernenden Konzept zu bringen (Cock, 2012). Obwohl für viele Lernende die Verwendung von multiplen Repräsentationen schwierig ist (Ainsworth, 1999), werden diese häufig im Unterricht eingesetzt. Dabei ist es sinnvoll, zunächst jede einzelne Repräsentationsform zu verstehen (Ainsworth, 2006).

Forschungsfragen

Inwieweit sich die Befunde aus vorherigen Studien auf universitärem Niveau (Nguyen & Rebello, 2009, 2011) oder in anderen Disziplinen (Dittmar et al., 2017) auf den Physikunterricht übertragen lassen, ist unklar, weswegen in der vorliegenden Studie Hürden im Sinne von Verstehensschwierigkeiten zu einzelnen Repräsentationsformen im Physikunterricht der Sekundarstufe 1 erhoben werden sollen. Zusätzlich ist bekannt, dass Lernende häufig keine Regelmäßigkeiten und Unterschiede zwischen verschiedenen Repräsentationsformen erkennen (Ainsworth, 2006). Dies könnte zu einer fehlerhaften Wahrnehmung und damit verbunden zu Verstehensschwierigkeiten führen. Daraus resultieren die folgenden Forschungsfragen:

- FF1: Welche Verstehensschwierigkeiten ergeben sich bei der Nutzung einzelner Repräsentationen?
- FF2: Wie nehmen Schülerinnen und Schüler verschiedene Repräsentationsformen wahr?
- FF3: Inwieweit hängen Wahrnehmung und Verstehensschwierigkeiten zusammen?

Methode

Zur Beantwortung der Forschungsfragen wird eine qualitative Befragung mit den Methoden Lautes Denken (Deffner, 1984) und Repertory Grid Technik (Björklund, 2008) durchgeführt.

Lautes Denken

Zur Beantwortung der ersten Forschungsfrage wird das Laute Denken beim Bearbeiten von Aufgaben, die das Verstehen einer Repräsentationsform erfordern, genutzt. Hierbei liegt der Fokus auf Aufgaben zum Rezipieren von Repräsentationen. In der Übungsphase wird zunächst das laute Aussprechen der Gedanken bei der Bearbeitung von Aufgaben zu

Einführungsaufgaben in die Elektrizitätslehre geübt (Tabelle 1). Anschließend findet die Erhebung zu Aufgaben zum Thema *Spannung in der Reihenschaltung* statt.

Tab.1: Zeitlicher Ablauf des Lauten Denkens

| | | |
|----------------|-----------------------|--|
| ca. 15 Minuten | Übungsphase | Allgemeine Physikaufgaben mit Repräsentationsformen |
| ca. 25 Minuten | Erhebungsphase | Aufgaben mit Repräsentationsformen zum Thema Spannung in der Reihenschaltung |

Dazu bearbeiten die Lernenden Aufgaben mit einer bestimmten Repräsentation. Die während der Bearbeitung von den Lernenden erstellten Notizen werden mit den dazugehörigen verbalen Äußerungen mit einem Smartpen aufgenommen. Aus den transkribierten Äußerungen und Notizen wird auf Verstehensschwierigkeiten geschlossen. Diese werden dann induktiv nach Mayring erstellten Kategorien zugeordnet, so dass im Anschluss sowohl allgemeine als auch für jeden Lernenden separat Aussagen zu den identifizierten Verstehensschwierigkeiten gemacht werden können.

Repertory Grid Technik

Über die Repertory Grid Technik wird in der vorliegenden Studie die persönliche Wahrnehmung der einzelnen Repräsentationsformen für jeden Lernenden erfragt (Forschungsfrage 2).

Tab. 2: Zeitlicher Ablauf Repertory Grid Technik

| | | |
|----------------|-----------------------|--|
| ca. 15 Minuten | Übungsphase | Triadenmethode und Griderstellung |
| ca. 15 Minuten | Erhebungsphase | Triadenmethode (Elementkärtchen mit Repräsentationsformen) Thema: Spannung und Stromstärke in der Reihenschaltung |
| ca. 15 Minuten | | Erstellung des Grids durch Bewertung der einzelnen Elemente anhand der aufgestellten Konstrukte |

Zunächst werden die Elemente (je fünf Repräsentationsformen zu zwei verschiedenen Themen) verdeckt ausgebreitet. Anschließend werden nacheinander verschiedene Triaden (Abbildung 1), d. h. Kombinationen von drei Elementen, von den Lernenden gezogen. Diese werden dann von den Lernenden sortiert, so dass zwei Elemente eine Gemeinsamkeit aufweisen, in der sich das dritte Element unterscheidet (vgl. Tabelle 2). Diese Aussage bildet ein sogenanntes Konstrukt (Scheer & Catina, 1993). Dieser Schritt wird so lange wiederholt bis entweder keine neuen Konstrukte mehr gefunden werden oder bis man so viele Konstrukte aufgestellt hat wie Elemente genutzt werden (ebd.)

4 Die Gesamtspannung in einer Reihenschaltung:

$$U_{ges} = U_1 + U_2$$

5 Vergleich von Stromstärken in einer Reihenschaltung

| I_1 in A | I_2 in A | I_3 in A |
|------------|------------|------------|
| 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| 0,4 | 0,4 | 0,4 |
| 0,5 | 0,5 | 0,5 |

10 Spannungsmessung bei einer Reihenschaltung

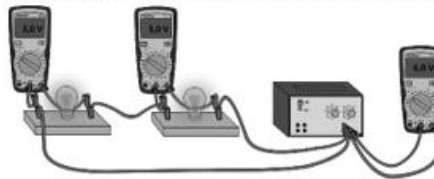


Abb. 1: Beispieltriade

Die so aufgestellten Konstrukte werden in einer Tabelle (genannt Grid, Tabelle 3) notiert. Im Anschluss werden alle Elemente auf einer fünfstufigen Skala bewertet (vgl. u. a. Scheer & Catina, 1993). Aufgrund des so entstandenen Grids (Tabelle 3) können Aussagen für ein bestimmtes Element über alle Konstrukte bzw. vergleichende Aussagen über alle Elemente innerhalb eines Konstrukts getroffen werden. Dabei werden innere Konstrukte offengelegt, die den Lernenden meist nicht bewusst sind (Scheer & Catina, 1993). Diese können durch eine offene Clusteranalyse der Elemente über verschiedene Lernende zusammengefasst werden.

Tab. 3: Beispielgrid

| Kombi | Gemeinsamkeit (+2) | Unterschied (-2) | Weitere Kombis | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|--------|--------------------|------------------|----------------|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|
| 4,5,10 | Mathematisch | Grafisch | | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | -2 | -2 | -2 | -2 |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |

Nach den separaten Auswertungen der einzelnen Methoden je Lernenden sollen Aussagen über einen möglichen Zusammenhang zwischen der Wahrnehmung und identifizierten Verstehensschwierigkeiten getroffen werden (Forschungsfrage 3).

Literatur

- Ainsworth, S. (1999). The function of multiple representations. *Computers & Education*, 33, 131–152.
- Ainsworth, S. (2006). DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning and Instruction*, 16(3), 183–198. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2006.03.001>
- Ainsworth, S. (2008). The Educational Value of Multiple-representations when Learning Complex Scientific Concepts. In J. K. Gilbert, M. Reiner & M. Nakhleh (Hrsg.), *Visualization: Theory and Practice in Science Education* (S. 191–208). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5267-5_9
- Björklund, L. (2008). The Repertory Grid Technique: Making Tacit Knowledge Explicit: Assessing Creative Work and Problem Solving Skills. *Researching Technology Education: Methods and Techniques*, 46–69.
- Cock, M. de (2012). Representation use and strategy choice in physics problem solving. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 8(2). <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.8.020117>
- Corradi, D., Elen, J. & Clarebout, G. (2012). Understanding and Enhancing the Use of Multiple External Representations in Chemistry Education. *Journal of Science Education and Technology*, 21(6), 780–795. <https://doi.org/10.1007/s10956-012-9366-z>
- Deffner, G. (1984). *Lautes Denken - Untersuchung zur Qualität eines Datenerhebungsverfahrens. EUROPAEISCHE HOCHSCHULSCHRIFTEN: BD. 125*. Lang.
- Dittmar, M., Schmellentin, C., Gilg, E. & Schneider, H. (2017). Kohärenzaufbau aus Text-Bild-Gefügen: Wissenserwerb mit schulischen Fachtexten. *Leseforum Schweiz. Literalität in Forschung und Praxis*, 1, 1–19.
- Klein, P., Kuhn, J. & Müller, A. (2018). Förderung von Repräsentationskompetenz und Experimentbezug in den vorlesungsbegleitenden Übungen zur Experimentalphysik: Empirische Untersuchung eines videobasierten Aufgabenformates. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 24(1), 17–34. <https://doi.org/10.1007/s40573-018-0070-2>
- Nguyen, D.-H. & Rebello, N. S. (2009). Students' Difficulties in Transfer of Problem Solving Across Representations. *Physics Education Research Conference*, 221–224. <https://doi.org/10.1063/1.3266720>
- Nguyen, D.-H. & Rebello, N. S. (2011). Students' Difficulties with multiple Representations in Introductory Mechanics. *US-China Education Review*, 8(5), 559–569.
- Scheer, J. W. & Catina, A. (Hrsg.). (1993). *Einführung in die Repertory Grid-Technik: Band 1_ Grundlagen und Methoden* (1. Aufl.). Huber.

Rebecca Möller¹
Dietmar Höttecke¹

¹Universität Hamburg

Sprachexpliziter Physikunterricht – Vignetten für die Lehrerbildung

Naturwissenschaftliche Bildung ist in der Bundesrepublik Deutschland ungleich verteilt. Schüler:innen aus bildungsfernen und bzw. oder armutsgefährdeten Familien erreichen in internationalen Vergleichsstudien wie TIMSS signifikant geringere Kompetenzwerte als Schüler:innen aus bildungsnahen Familien (Schwippert et al., 2020). So verweist die TIMSS-Studie darauf, dass Schüler:innen aus sozioökonomisch schlechter gestellten Familien rund 1,5 Jahre Lernrückstand gegenüber Schüler:innen aus sozioökonomisch besser gestellten Familien haben (Schwippert et al., 2020).

Als Grund für diese herkunftsbedingte Leistungsdisparität werden unzureichend ausgeprägte bildungssprachliche Kompetenzen in der Unterrichtssprache Deutsch angeführt (Feilke, 2012; Gogolin & Lange, 2011). Im deutschen Bildungssystem kommt es demnach zu einer Benachteiligung von Schüler:innen, die für Bildungserfolg zwar die notwendigen motivationalen und kognitiven Voraussetzungen mitbringen, aufgrund ihres sozioökonomischen Hintergrundes aber nicht über ausgeprägte bildungssprachliche Kompetenzen verfügen (Feilke, 2012).

Um allen Schüler:innen unabhängig von ihrer sozialen Herkunft den Zugang zu naturwissenschaftlicher Bildung und damit gesellschaftliche Teilhabe zu ermöglichen, müssen sprachbildende Maßnahmen in allen Unterrichtsfächern etabliert werden. Schließlich stellt jedes Unterrichtsfach fachspezifische, bildungssprachliche Anforderungen an Schüler:innen, deren Erwerb nicht von dem unterrichtlichen Kontext losgelöst ist. Unterricht, der sprachliches und fachliches Lernen miteinander verknüpft und die sprachlichen Ressourcen der Lernenden systematisch berücksichtigt, nennen wir sprachexplizit (Härtig & Höttecke, 2022).

Empirische Untersuchungen zeigen jedoch auf, dass universitäre Lehr-Lernangebote zu sprachexpliziter Unterrichtsgestaltung umfangreich etabliert und weiterentwickelt werden müssen, um Lehramtsstudierende zur Gestaltung sprachexpliziten Unterrichts zu befähigen. So zeigen exemplarische Studien an Universitäten (Döll et al., 2017; Stangen et al., 2020), dass durch entsprechende Lehrveranstaltungen zwar ein Lernertrag erzielt werden kann, dieser jedoch unzureichend ist, um Studierende zu schulpraktischem Handeln zu befähigen. Eine Untersuchung von Stangen et al. (2020) mit Lehramtsstudierenden mathematisch-naturwissenschaftlicher Fächer der Universität Hamburg kommt zu dem Ergebnis, dass trotz der inhaltlichen Verankerung von Sprachbildung im Lehramtsstudium 62,9% der Studierenden unter dem Mindeststandard verbleiben. Demzufolge werden sie nicht dazu befähigt, über die Reproduktion von Wissen zum Thema Sprachbildung hinaus situations- und fachbezogen zu handeln (Stangen et al., 2020). Vor dem Hintergrund der Bildungsbenachteiligung wird demnach deutlich, dass die universitäre Ausbildung von

Lehrkräften hinsichtlich der Gestaltung sprachexpliziter Lehr-Lernsituationen stärker in den Blick genommen werden muss.

Als Lehrmethode hierfür bieten sich Fallvignetten an. Fallvignetten sind kurze Texte und bzw. oder Videos, die eine Lehr-Lernsituation darstellen und einen darauf bezogenen Bearbeitungsauftrag beinhalten (Benz, 2020). Für die Lehrerprofessionalisierung bergen sie ein herausragendes Potenzial, da sie den Lernenden Möglichkeiten zur Verknüpfung von Theorie und Praxis eröffnen (Krammer, 2014). Weiterhin kann die Lehr-Lernsituation ohne den Handlungsdruck der realen Schulpraxis analysiert und diskutiert werden, wodurch ein tiefgreifendes Verständnis von Lehr-Lernprozessen gefördert werden kann (Krammer & Reusser, 2005). Die Lernwirksamkeit von Fallvignetten bestätigt beispielsweise eine Studie von Sunder et al. (2016). Demnach lassen sich im Vergleich zu einer Kontrollgruppe signifikante Unterschiede hinsichtlich der professionellen Unterrichtswahrnehmung bei Studierenden des Grundschullehramts feststellen (Sunder et al., 2016). Dass Professionelle Unterrichtswahrnehmung auf Seiten der Lehrkraft wiederum positiv mit den Schülerleistungen korreliert, deutet sich in unterschiedlichen Studien an (Kersting et al., 2012; Roth et al., 2011).

Derzeit mangelt es in der Lehrerbildung jedoch an Vignetten, die sich auf die Förderung professioneller Unterrichtswahrnehmung in sprachexplizitem Physikunterricht beziehen. Dieser Beitrag setzt sich mit der Entwicklung solcher Vignetten für die universitäre Ausbildung von angehenden Lehrkräften auseinander.

Vignettenauswahl

Als Grundlage für die Entwicklung der Vignetten dient sprachexpliziter Physikunterricht zum Thema Energie, der im Rahmen des DFG-Projekts PhyDiv in einer 9. Klasse einer Hamburger Stadtteilschule pilotiert wurde. Die Auswahl der Schule erfolgte dabei auf Grundlage des KESS-Index, welcher die sozioökonomische Zusammensetzung der Schüler:innen Hamburger Schulen auf einer Skala von 1- 6 angibt (Bürgerschaft der Freien und Hansestadt Hamburg, 2021). Dabei steht der KESS-Index 1 für eine Schülerschaft aus sozioökonomisch sehr schwachen Verhältnissen. Die für die Unterrichtsdurchführung ausgewählte Schule besaß den KESS-Faktor 3.

Der Unterricht selbst wurde durch ein interdisziplinäres Team aus Physikdidaktiker:innen und Sprachbildungsforscher:innen entwickelt und durch Mitarbeiter:innen des Projekts mit dem Unterrichtsfach Physik umgesetzt. Von insgesamt sechs Unterrichtsstunden wurden drei für die Vignettenentwicklung videographiert. Dabei wurden Aufnahmen von unterschiedlichen Kameratypen verwendet. Mit einer mobilen Kamera filmte ein Kamerateam den gesamten Unterrichtsverlauf, um das Lehrkräftehandeln für die Vignettenentwicklung zu erfassen. Des Weiteren wurden 360°-Kameras eingesetzt, um die Arbeit der Schüler:innen in Gruppenarbeitsphasen zu dokumentieren. Dadurch können auch Vignetten extrahiert werden, die aufzeigen, wie sich Schüler:innen durch Sprache und unter Zuhilfenahme der Unterrichtsmaterialien physikalische Konzepte erschließen.

Anschließend an die Aufnahme des Unterrichts erfolgte die Sichtung des Materials ausgehend von Merkmalen sprachexpliziten Unterrichts von Gogolin et al. (2011) sowie Thürmann & Vollmer (2013). Im Fokus stand dabei nicht, Best-Practice-Beispiele zu identifizieren. Ziel war viel mehr, eine kritische Auseinandersetzung mit den Unterrichtsvignetten zu ermöglichen. Eine Unterrichtssequenz zeigt beispielsweise, wie die Lehrkraft den Operator „beschreiben“ erklärt. Dies kann als Merkmal sprachexpliziten Unterrichts genannt werden, allerdings zeigt die Umsetzung der Lehrkraft Verbesserungspotential: Die Erklärung des Operators erfolgt beispielsweise losgelöst von dem tatsächlichen Unterrichtsgegenstand, in diesem Fall dem Experiment, das die Schüler:innen beschreiben sollen. Die Vignetten sollen demnach auch Anlass bieten, Handlungsalternativen zur Verbesserung von Unterricht zu diskutieren.

Vignettenaufbereitung

Nach der Identifikation geeigneter Unterrichtssequenzen wurde das Videomaterial zu Video- und Textvignetten aufbereitet. Die Aufnahmen mit der mobilen Kamera wurden für Videovignetten genutzt. Für die Videovignetten wurden die Unterrichtsausschnitte aus dem Datenmaterial extrahiert und nachfolgend transkribiert. Die Transkripte sollen den Einsatz der Videovignetten in Lehrveranstaltungen erleichtern.

Die Aufnahmen aus den Gruppenarbeitsphasen hingegen wurden ausschließlich zu Textvignetten aufbereitet. Dies hatte vielerlei Gründe. Zum einen sind Videoaufnahmen durch 360°-Kameras aufgrund des Aufnahmewinkels schwerer zu analysieren. Durch Textvignetten kann der Analysefokus hingegen stärker auf einzelne Schüler:innen bzw. Schülergruppen gelenkt werden. Syring et al. (2015) weisen zudem darauf hin, dass Textvignetten den Vorteil geringerer kognitiver Belastung bieten. Dabei sind Videoaufnahmen aus Gruppenarbeitsphasen sehr komplex. Arbeitsprozesse in Gruppenarbeitsphasen werden häufig durch externe Einflüsse wie die Lehrkraft oder andere Mitschüler:innen unterbrochen. Videosequenzen, in denen beispielsweise Mitschüler:innen um Schreibutensilien bitten, wurden daher aus den Transkripten entfernt, damit ein handhabbarer Textumfang der Vignette sichergestellt wird.

Ausblick

Die auf diese Weise extrahierten Unterrichtsvignetten machen sprachexplizites Lehrkräftehandeln im Physikunterricht für Lehramtsstudierende analysier- und diskutierbar. Bereits ab dem Wintersemester 2022 werden die Vignetten in physikdidaktischen Lehrveranstaltungen der Universität Hamburg eingesetzt. Zum Projektende im August 2023 werden sie außerdem für die universitätsweite Nutzung aufbereitet und freigegeben.

Literatur

- Benz, J. (2020). Lehren und Lernen mit Vignetten in allen Phasen der Lehrerbildung—Eine Einführung. In *Vignettenbasiertes Lernen in der Lehrerbildung: Fachdidaktische und pädagogische Perspektiven* (S. 12–27). Beltz Juventa.
- Bürgerschaft der Freien und Hansestadt Hamburg. (2021). *Schriftliche Kleine Anfrage der Abgeordneten Sabine Boeddinghaus (DIE LINKE) vom 19.04.21 und Antwort des Senats*. https://www.buergerschaft-hh.de/parldok/dokument/75343/neuberechnung_des_sozialindex_was_bedeutet_das_fuer_jede_einzelne_schule.pdf
- Döll, M., Hägi-Mead, S., & Settineri, J. (2017). „Ob ich mich auf eine sprachlich heterogene Klasse vorbereitet fühle? - Etwas!“ Studentische Perspektiven auf DaZ und das DaZ Modul (StuPaDaZ) an der Universität Paderborn. In M. Becker-Mrotzek, P. Rosenberg, C. Schroeder, & A. Witte (Hrsg.), *Deutsch als Zweitsprache in der Lehrerbildung* (S. 203–215). Waxmann.
- Feilke, H. (2012). *Bildungssprachliche Kompetenzen – fördern und entwickeln. Praxis Deutsch*(233), 4–13.
- Gogolin, I., & Lange, I. (2011). Bildungssprache und durchgängige Sprachbildung. In S. Fürstenau & M. Gomolla (Hrsg.), *Migration und schulischer Wandel: Mehrsprachigkeit* (S. 107–127). VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Gogolin, I., Lange, I., Hawighorst, B., Bainski, C., Heintze, A., Rutten, S., & Saalman, W. (2011). *Durchgängige Sprachbildung: Qualitätsmerkmale für den Unterricht*. Waxmann.
- Härtig, H. & Höttecke, D. (2022). Sprache im Physikunterricht. *Physikdidaktik kompakt* (1. vollst. neu überarb. Auflage, S. 58–66). Friedrich-Verlag.
- Kersting, N. B., Givvin, K. B., Thompson, B. J., Santagata, R., & Stigler, J. W. (2012). Measuring Usable Knowledge: Teachers' Analyses of Mathematics Classroom Videos Predict Teaching Quality and Student Learning. *American Educational Research Journal*, 49(3), 568–589. <https://doi.org/10.3102/0002831212437853>
- Krammer, K. (2014). Fallbasiertes Lernen mit Unterrichtsvideos in der Lehrerinnen- und Lehrerbildung. *Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung*, 32(2), 164–175. <https://doi.org/10.25656/01:13863>
- Krammer, K., & Reusser, K. (2005). Unterrichtsvideos als Medium der Aus- und Weiterbildung von Lehrpersonen. *Beiträge zur Lehrerbildung*, 23(1), 35–50. <https://doi.org/10.25656/01:13561>
- Roth, K. J., Garnier, H. E., Chen, C., Lemmens, M., Schwille, K., & Wickler, N. I. Z. (2011). Videobased lesson analysis: Effective science PD for teacher and student learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(2), 117–148. <https://doi.org/10.1002/tea.20408>
- Schwippert, K., Kasper, D., Köller, O., McElvany, N., Selter, C., Steffensky, M., & Wendt, H. (Hrsg.). (2020). *TIMSS 2019. Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen von Grundschulkindern in Deutschland im internationalen Vergleich*. Waxmann Verlag GmbH. <https://doi.org/10.31244/9783830993193>
- Stangen, I., Schroedler, T., & Lengyel, D. (2020). Kompetenzentwicklung für den Umgang mit Deutsch als Zweitsprache und Mehrsprachigkeit im Fachunterricht: Universitäre Lerngelegenheiten und Kompetenzmessung in der Lehrer(innen)bildung. In I. Gogolin, B. Hannover, & A. Scheunpflug (Hrsg.), *Evidenzbasierung in der Lehrkräftebildung* (Bd. 4, S. 123–149). Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-22460-8>
- Sunder, C., Todorova, M., & Möller, K. (2016). Förderung der professionellen Wahrnehmung bei Bachelorstudierenden durch Fallanalysen. Lohnt sich der Einsatz von Videos bei der Repräsentation der Fälle? *Unterrichtswissenschaft*, 44(4), 339–356.
- Syring, M., Bohl, T., Kleinknecht, M., Kuntze, S., Rehm, M. & Schneider, J. (2015). Videos oder Texte in der Lehrerbildung? Effekte unterschiedlicher Medien auf die kognitive Belastung und die motivational-emotionalen Prozesse beim Lernen mit Fällen. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 18, 667–685.
- Thürmann, E., & Vollmer, H. J. (2013). Schulsprache und Sprachsensibler Fachunterricht: Eine Checkliste mit Erläuterungen. In C. Röhner & B. Hövelbrinks (Hrsg.), *Fachbezogene Sprachförderung in Deutsch als Zweitsprache. Theoretische Konzepte und empirische Befunde zum Erwerb bildungssprachlicher Kompetenzen* (S. 212–233). Beltz Juventa.

Regina Schauer¹
 Rebecca Möller¹
 Jule Böhmer¹
 Hanne Brandt¹
 Dietmar Höttecke¹

¹Universität Hamburg

„Energie“ – Entwicklung von sprachexplizitem Physikunterricht

Empirische Studien zeigen, dass erfolgreiches fachliches Lernen von sprachlichen Kompetenzen abhängt, insbesondere von der Beherrschung von Bildungssprache (Cummins, 2000; Gogolin & Lange 2011). Somit ist die Sprachkompetenz eine wichtige Voraussetzung für einen fachlichen Lernerfolg und dies gilt sowohl für mehrsprachige Schüler:innen als auch für deutsch-einsprachige Schüler:innen (Prediger, 2016). Insbesondere bei sprachlich diversen Schülerschaften, wie sie in urbanen Räumen wie Hamburg die Regel ist, ist eine systematische sprachliche Unterstützung erforderlich. Im Projekt „Physikunterricht im Kontext sprachlicher Diversität“ (PhyDiv) wurde für das Basiskonzept Energie ein Unterricht entwickelt, der sowohl fachliches als auch sprachliches Lernen verbindet und somit sprachexpliziten Unterricht darstellt. Dabei wird durch den sprachexpliziten Physikunterricht einerseits der systematische Aufbau von sprachlichen Kompetenzen unterstützt, aber insbesondere fachsprachliche Formulierungen werden als Lerngelegenheit wahrgenommen, um das konzeptuelle Verständnis zu entwickeln. Dabei werden Widersprüche zwischen alltäglichen Aussagen über Energie und fachlichen Konzepten diskursiv über Sprachreflexion bearbeitet.

Konzeption des sprachexpliziten Energieunterrichts

Der Einführungsunterricht zum Thema Energie umfasst sechs Doppelstunden. Es werden die Teilkonzepte Energieformen, Energieumwandlung, Energietransport und Energieentwertung behandelt. Dabei ist die Verständnisentwicklung für das Teilkonzept Energieentwertung bzw. Energieerhaltung am anspruchsvollsten (Neumann, Viering & Fischer, 2010). Diese stellen für die Schüler:innen häufig eine Schwierigkeit dar, da der Transfer auf Alltagsphänomene nur schwer gelingt. Die alltäglichen Aussagen über Energie wie z.B. der Energieverbrauch widersprechen dem fachlichen Erhaltungsprinzip. Um bei Alltagsphänomenen die Energieerhaltung erkennbar zu machen, wurde der Fokus auf die Entwertungsvorgänge gelegt. Diese werden mit Hilfe von Infrarotkameras visualisiert, da diese thermische Phänomene sichtbar machen und dadurch Verlust-Vorstellungen entgegenwirken können (Greinert & Weßnigk, 2019).

Weiterhin werden sowohl fachliche als auch sprachliche Lernziele im Unterricht thematisiert. Der Aufbau der fachlichen Konzepte ist systematisch mit dem Aufbau eines Sprachwissens verknüpft, durch den es den Schüler:innen ermöglicht werden soll, explizit und bedeutungsbezogen über fachliche Kontexte zu sprechen. Die Lehr-Lern-Arrangements richten sich dabei nach fünf Designprinzipien, angelehnt an die Designprinzipien für allgemein sprachbildenden Unterricht (Uribe & Prediger, 2022).

Designprinzipien für sprachexpliziten Unterricht

1. Reichhaltige Diskursanregungen

Lernförderlich für konzeptuelles Verständnis sind im Unterricht diskursiv anspruchsvolle Sprachhandlungen (Erath & Prediger, 2018), die das Beschreiben, Erklären und Begründen der fachlichen Konzepte beinhalten. Diese sprachlichen Handlungen werden dazu genutzt, um fachliche Konzepte zum Thema, z.B. Energieformen, weiterzuentwickeln. Anhand der Frage „Wo ist die Energie?“ werden unterschiedlichen Schülervorstellungen zu den einzelnen Energieformen sichtbar (Abb.1). Die Beschreibung und der Diskurs bietet hier den Aufbau von Konzeptverständnis, der an das individuelle Vorwissen anschließt.

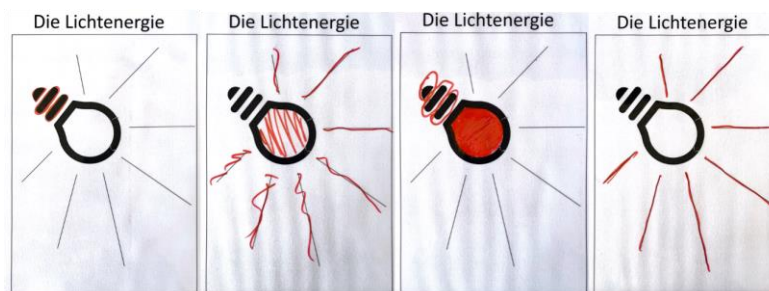


Abb. 1: Zeichnungen von Schüler:innen zu der Frage, wo sich die Lichtenergie befindet.

2. Makro-Scaffolding entlang eines dualen Lernpfades

Das Makro-Scaffolding wird für den fachlichen Lernpfad und für den sprachlichen Lernpfad angewendet. Somit werden an unterschiedlichen Stufen Lerngelegenheiten für diejenigen sprachlichen Praktiken angeboten, die für die Erarbeitung des fachlichen Konzeptes förderlich sind (Gibbons, 2002; Pöhler & Prediger, 2015). Dabei werden die fachlichen Konzepte durch unterschiedliche Experimente phänomennah eingeführt. Durch das schrittweise Beschreiben und Erklären der Phänomene erlangen die Schüler:innen die sprachliche Kompetenz und somit das Sprachwissen, bedeutungsbezogen über die fachlichen Konzepte zu sprechen.

3. Darstellungs- und Sprachvernetzung (Bechermodelle/Energieflussdiagramme)

Es werden verschiedene Darstellungsformen verwendet, um fachliche und sprachliche Kompetenzen aufzubauen. Durch die Einführung einer haptisch zugänglichen Darstellung eines Kontomodells (Bechermodell) wird fachlich durch das händische Umkippen von Wasser und das Aufzeichnen von Füllständen in Bechern für unterschiedliche Energieformen die Bilanzierung der Energie quantitativ, aber ohne Formeln eingeführt (Höttecke, 2016). Das sprachlich-mentale Nachdenken über die Darstellung der Bilanzierung und das explizite Erklären, wie diese zu den vorher praktisch durchgeführten Umwandlungsprozessen passen, ist sowohl verstehens- als auch sprachförderlich. Die anschließende Darstellung von Umwandlungsprozessen durch Energieflussdiagramme ermöglicht dann die Vernetzung verschiedener Darstellungsformen, wodurch erneut durch das sprachlich-mentale Nachdenken über die Inhalte das konzeptuelle Verstehen gefördert wird.

4. Formulierungsvariationen und Sprachvergleich

Um die Schüler:innen für die fachlich unterschiedlichen Bedeutungen von Wörtern zu sensibilisieren, werden unterschiedliche Formulierungen miteinander verglichen und hinsichtlich ihrer Bedeutungen und Konnotationen erörtert. Dabei wird z.B. die Bedeutung des Verbs *umwandeln* mit der Bedeutung der Verben *entstehen* und *erzeugen* verglichen und im Diskurs erarbeitet, warum *umwandeln* das physikalische Konzept am besten beschreibt. Durch den Vergleich und die Variation von Wörtern und Formulierungen wird Sprachbewusstsein gefördert und ein tieferes Verständnis der fachlichen Konzepte aufgebaut.

5. Mikro-Scaffolding

Die Erwartungen an den Gebrauch von Alltags- oder Bildungssprache in unterschiedlichen Unterrichtsphasen werden für die Schüler:innen transparent gemacht. Bei Interaktionen im Unterricht werden von der Lehrkraft Fragen und Impulse offen formuliert, so dass diese nicht mit einzelnen Wörtern beantwortet werden können. Weiterhin ermutigt die Lehrkraft zu längeren und fachlichen Äußerungen und zur Selbstkorrektur (Thürmann & Vollmer, 2013). Um den Schüler:innen zu ermöglichen, komplexe fachliche und auch sprachliche Äußerungen zu konstruieren, wird ausreichend Antwort-Wartezeit eingeräumt und mündliche Interaktionen werden möglichst entschleunigt.

Ausblick: Wirkung von sprachexplizitem Physikunterricht

Ob und unter welchen Bedingungen sprachexpliziter Unterricht die Lernwirksamkeit erhöht, soll nach der Entwicklung des sprachexpliziten Physikunterrichts zum Thema Energie empirisch überprüft werden. Es werden drei Unterrichtsvarianten verglichen, deren Fachinhalte (Einführung Energiekonzept) konstant gehalten werden, sich aber hinsichtlich der Ausprägung des Merkmals *Sprachexpliztheit* systematisch unterscheiden. Die Wirkung von sprachexplizitem Unterricht (SEU) und sprachexplizitem Unterricht mit Einbezug von Mehrsprachigkeit (SEUM) werden mit den Lernwirkungen von Physikunterricht ohne sprachliche Unterstützung (Kontrollgruppe) im Rahmen eines Pre-Post-Follow-up-Designs kontrastiert (Abb. 2). Die Interventionsstudie wird ab Oktober 2022 in voraussichtlich 36 Klassen an mehreren Hamburger Stadtteilschulen durchgeführt.

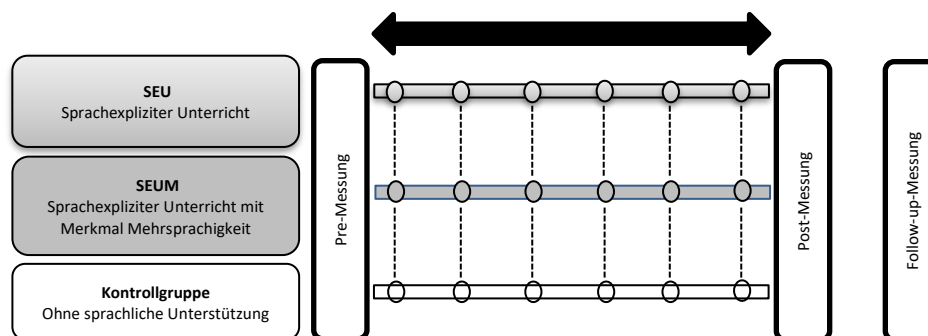


Abb. 2: Design der Interventionsstudie zur Lernwirksamkeit von sprachexplizitem Physikunterricht.

Literatur

- Cummins, J. (2000). *Language, power and pedagogy*. Clevedon: Multilingual Matters
- Erath, K. & Prediger, S. (2018). What characterizes quality of mathematics classroom interaction for supporting language learners? Disentangling a complex phenomenon. In: N. Planas & M. Schütte (Hrsg.), *Proceedings of ETC4 - Fourth ERME Topic Conference 'Classroom-Based Research on Mathematics and Language'*. Dresden: ERME/HAL, 49–56
- Gibbons, P. (2002). *Scaffolding Language, Scaffolding Learning. Teaching Second Language Learners in the Mainstream Classroom*. Portsmouth: Heinemann
- Gogolin, I. & Lange, I. (2011). *Bildungssprache und Durchgängige Sprachbildung*. In: Fürstenau, S. & Gomolla, M. (Hrsg.), *Migration und schulischer Wandel: Mehrsprachigkeit*. Wiesbaden: VS Verlag, 107-127
- Greinert, L. & Weßnig, S. (2019). Energieentwertung mit der IR-Kamera – Studie zum Einfluss der IR-Kamera auf das Energieverständnis in einem curriculumorientierten Lehrgang mit Fokus auf Energietransfer. *ZfDN*, 25, 245-257
- Höttecke, D. (2016). Energietöpfchen – ein abstraktes gedankliches Modell zur Vermittlung von Phänomenen und Abstraktion beim Lernen über Energie. *Unterricht Physik* 153/154, 32-35
- Neumann, K., Viering, T. & Fischer, H. (2010). Die Entwicklung physikalischer Kompetenz am Beispiel des Energiekonzepts. *ZfDN*, 26, 285 – 298
- Pöhler, B. & Prediger, S. (2015). Intertwining lexical and conceptual learning trajectories – A design research study on dual macro-scaffolding towards percentages. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 11(6), 1697–1722
- Prediger, S. (2015). Wortfelder und Formulierungsvariation. *Lernchancen*, 18, 10-14
- Thürmann, E. & Vollmer, H. (2013). Checkliste zu sprachlichen Aspekten des Fachunterrichts. <<https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/3831>>, letzter Zugriff: 26.10.2022
- Uribe, A. & Prediger, S. (2022). Mehrsprachigkeitseinbeziehende fachdidaktische Ansätze und empirische Analyse ihrer Umsetzung. In: J. Wagner, A. Krause, A. Uribe, S. Prediger & A. Redder, *Mehrsprachiges Mathematiklernen*. Münster: Waxmann Verlag, 195-218

Hendrik Maas¹
 Stina Scheer¹
 Gunnar Friege¹

¹Leibniz Universität Hannover

Quantenmetrologie mit Schüler*innen? Kursangebot zum Sichtbarmachen aktueller Forschung

Quantenphysik und (Quanten)Metrologie in der Schule?

Quantenphysikalische Inhalte finden sich, beispielsweise in Niedersachsen, erst im Kerncurriculum der Qualifikationsphase wieder (Niedersächsisches Kultusministerium, 2022). Quantenmetrologie wird im schulischen Kontext zumeist gar nicht thematisiert. Sie ist in der gegenwärtigen Forschung, zum Beispiel im Exzellenzcluster QuantumFrontiers, jedoch von großer Bedeutung (Leibniz Universität Hannover, 2022). An die Metrologie als Wissenschaft des Messens lässt sich mit Mitteln der Schulphysik bereits vor der Oberstufe anknüpfen. Auf den Beitrag der Quantenphysik kann dabei vorerst verzichtet und zu einem späteren Zeitpunkt um diesen ergänzt werden.

Masterclasses

„MasterClasses sind halbtägige Workshops zu aktuellen Themen der Quantenmetrologie für Schüler*innen der gymnasialen Oberstufe (Einführungs- und Qualifikationsphase)“ (Leibniz Universität Hannover, 2022). Sie orientieren sich an den vom Netzwerk Teilchenwelt entwickelten Teilchenphysik-Masterclasses (Teilchenwelt, 2022). „Die Lernenden werden dabei auf Grundlage ihrer im Physik- und Mathematikunterricht erworbenen Fähigkeiten an Themen der aktuellen Forschung herangeführt. Dabei können sie nicht nur experimentieren und neue Bereiche der Physik kennen lernen, sondern bekommen durch Kontakt mit Forschenden auch einen Einblick in den Wissenschaftsbetrieb“ (Leibniz Universität Hannover, 2022). Die MasterClasses sind Teil des Exzellenzclusters QuantumFrontiers (Leibniz Universität Hannover, 2022).

Ergänzend zu den MasterClasses gibt es das Angebot der MasterClasses Compact, das ursprünglich als Antwort auf strenge Hygieneauflagen in den Jahren 2020 und 2021 entstanden ist. Themen aus der aktuellen Forschung von QuantumFrontiers werden dabei in 90-minütigen Kompaktkursen angeboten. Hierbei haben Lehrkräfte die Möglichkeit ein zentrales Experiment in Klassensatzstärke sowie begleitendes Arbeitsmaterial auszuleihen und eine vorbereitete 90-minütige Unterrichtseinheit selbst durchzuführen. Inhaltlich werden curriculare Inhalte der Oberstufe mit den Forschungsthemen von QuantumFrontiers verknüpft. Ist die Schule entsprechend ausgestattet, kann das Angebot durch ein Videogespräch mit eine*r Wissenschaftler*in ergänzt werden.

Kursangebot

Von der Stromwaage zur Kibble-Waage

Bei diesem Kurs handelt es sich um einen der 90-minütigen Kompaktkurse. Thematisch orientiert sich der Kurs an einer Einführung in die Fragestellungen der Metrologie und zeigt an Alltagsbeispielen die Relevanz dieser auf. Mit Stromwaagen-Experimentiersätzen der Firma Mekruphy können Lernende experimentell die Formel für die Lorentzkraft herleiten

und die Realisierung einer Waage betrachten. Aus der Betrachtung der Unsicherheiten bei der Stromwaage wird auf die Kibble-Waage (oder auch Watt-Waage) übergeleitet, die neben der Lorentzkraft die Induktionsspannung als zweites wichtiges Konzept zur Realisierung einer Waage verwendet. Die Kibble-Waage, die nach den Entwürfen von Chao et al. (2015) von der Abteilung Physikdidaktik der TU Braunschweig gebaut wurde, wird als Demonstrationsexperiment vorgeführt. Darüber hinaus wird auf den Beitrag der Kibble-Waage bei der Realisierung des Kilogramms vor dem Hintergrund der Neudefinition der SI-Einheiten eingegangen.

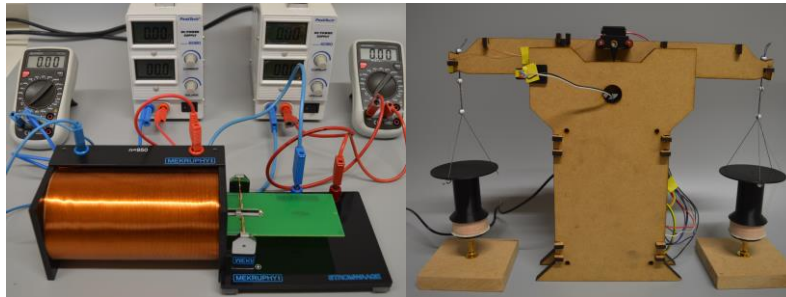


Abb. 1: Stromwaage

Abb. 2: Kibble-Waage

Interferometrie

Bei diesem Kurs handelt es sich ebenfalls um einen der 90-minütigen Kompaktkurse. Die Interferometrie ist für die gegenwärtige Forschung von großer Bedeutung. So werden Interferometer beispielsweise zur Gravitationswellendetektion oder zur Vermessung der Eismassen der Erde eingesetzt. In die vielfältigen Einsatzgebiete von Interferometern im Exzellenzcluster QuantumFrontiers wird Lernenden mittels eines Erklärvideos, in dem Interferometer in verschiedenen Laboren gezeigt werden, ein Einblick gewährt. Zentrales Experiment dieses Kurses ist ein Experiment mit dem Ultraschall-Michelson-Interferometer der Firma Mekruphy.

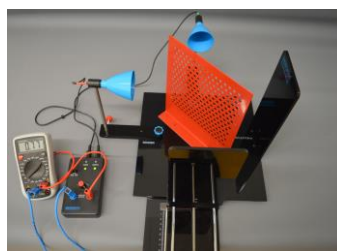


Abb. 3: Ultraschall-Michelson-Interferometer

Gravitationswellenastronomie

In diesem halbtägigen Workshop erhalten Lernende mittels altersgerechter Mathematik einen Einblick in die Allgemeine Relativitätstheorie und Differentialgeometrie. Neben Experimenten zum Erkunden der Funktionsweise von Interferometern erfahren Lernende, wie

diese zur Gravitationswellendetektion eingesetzt werden. Anknüpfend an die Inhalte des Kurses erhalten die Lernenden darüber hinaus eine Laborführung und kommen in Form eines Speed-Informings in Kontakt mit Wissenschaftler*innen.

Mikrogravitationsexperimente

In der Masterclass Mikrogravitationsexperimente wird das Äquivalenzprinzip als eines der wichtigsten physikalischen Grundprinzipien näher beleuchtet. Neben eigenen Freihandexperimenten, die Effekte der Mikrogravitation erfahrbar machen, erfahren Lernende etwas über aktuelle Experimente in der Forschung, bei denen Schwerelosigkeit erzeugt und genutzt wird. Höhepunkt des Kurses sind die Vorbereitung und Durchführung von Experimenten in Fallkapseln, die in einem Schacht neben dem Einstein-Elevator durchgeführt werden. Genau wie bei der Masterclass Gravitationswellenastronomie sind eine thematisch anknüpfende Laborführung und ein Speed-Informing Teil des Programms.

Quantenkryptografie

Das Verschlüsseln und abhörsichere Übertragen von Nachrichten hat eine lange Geschichte. In diesem Kurs erhalten Lernende einen Einblick in historische kryptografische Verfahren und erproben diese selbst. Darüber hinaus wird die gegenwärtige Bedeutung von Kryptografie an aktuellen Beispielen erläutert und ein Einblick gewährt, welchen Beitrag die Forschung zur Verbesserung dieser kryptografischen Verfahren liefert. Zentrales Element des Kurses ist ein Quantenkryptografieexperiment der Firma Thorlabs, mit dem ein Schlüssel generiert wird und Nachrichten übertragen werden können. Auch das Abhören durch einen Lauscher kann simuliert werden. Neben Physikkursen richtet sich dieser Kurs ebenfalls an Mathematik- und Informatikkurse.

Ausblick

Die vorgestellten Kurse wurden in den vergangenen zwei Jahren entwickelt und werden seitdem angeboten. Weitere Kurse zu Ionenfallen und Quantencomputern befinden sich gegenwärtig in der Entwicklung.

Gefördert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) im Rahmen der Exzellenzstrategie des Bundes und der Länder –EXC-2123 QuantumFrontiers – 390837967

Literatur

- Chao, L. S., Schlamming, S., Newell, D. B., Pratt, J. R., Seifert, F., Zhang, X., Sineriz, G., Liu, M. & Haddad, D. (2015). A LEGO Watt balance: An apparatus to determine a mass based on the new SI. *American Journal of Physics*, 83, 913-922
- Leibniz Universität Hannover (2022). QuantumFrontiers Masterclasses. <https://www.quantum-frontiers.de/de/masterclasses> (Stand 10/2022)
- Niedersächsisches Kultusministerium (2022). Physik. Kerncurriculum für das Gymnasium – gymnasiale Oberstufe, die Gesamtschule – gymnasiale Oberstufe, das Berufliche Gymnasium, das Abendgymnasium, das Kolleg. https://cuvo.nibis.de/cuvo.php?p=detail_view&docid=1517 (Stand 06/2022)
- Teilchenwelt (2022). Masterclasses – Forschen für einen Tag. <https://www.teilchenwelt.de/angebote/masterclasses/> (Stand 10/2022)

Ronja Sowinski¹
Simone Abels¹

¹Leuphana Universität Lüneburg

Einfluss der Erstsprache von Lernenden auf ihre Vorstellungen im Fach Biologie

Schüler*innenvorstellungen und Sprache als zentrale Aspekte fachlichen Lernens

Sprache ist unabdingbar für das Lehren und Lernen naturwissenschaftlicher Fachinhalte. Mit ihr werden die Vorstellungen von Schüler*innen aufgebaut und kommuniziert (Ahrenholz, 2013) sowie fachliche Inhalte fassbar gemacht. Schüler*innenvorstellungen stellen anlehnend an den moderaten Konstruktivismus (Duit, 1996) und die Conceptual Change Theorie (Duit & Treagust, 2003) die Grundlage fachlichen Lernens dar (Gropengießer & Kattmann, 2013). Anknüpfend an sie können vorunterrichtliche Vorstellungen in einem aktiven Prozess zu fachlich angemessenen modifiziert oder erweitert werden (Schrenk et al., 2019).

Hinsichtlich der für diesen Prozess notwendigen Sprache spielen Metaphern eine zentrale Rolle, da sie abstrakte, nicht erfahrbare Phänomene basierend auf Erfahrungen verstehbar machen (Lakoff & Johnson, 2003). Jedoch unterscheiden sich Metaphern oftmals sprachlich sowie kulturell voneinander (Schmitt et al., 2018). Deshalb kann es im Biologieunterricht dazu kommen, dass metaphorische Äußerungen der Lehrkraft oder aus dem Schulbuch besonders von Schüler*innen mit Deutsch als Zweitsprache (DaZ) nicht gleichermaßen verstanden werden können.

Obwohl somit *Sprache* als auch *Schüler*innenvorstellungen* für fachliches Lernen von Relevanz sind, wurden diese Themen in der aktuellen Forschungsliteratur nur punktuell miteinander verknüpft. Beispielsweise sind Metaphern in der Vorstellungsforschung ein prominentes Phänomen, jedoch werden Ergebnisse zu Schüler*innenvorstellungen verallgemeinernd formuliert und nicht entsprechend der sprachlich-kulturellen Heterogenität an deutschen Schulen differenziert dargestellt (vgl. u. a. Kattmann, 2016).

Erkenntnisinteresse und wissenschaftliche Fragestellungen

Anlehnend an den theoretischen Rahmen sowie den aktuellen Forschungsstand verfolgt das Promotionsprojekt das Ziel, herauszuarbeiten, welche Vorstellungen Proband*innen mit und ohne DaZ zu zwei biologischen Phänomenen haben und welche Metaphern sie hierin nutzen. Da Metaphern vor allem genutzt werden, um abstrakte Phänomene verstehbar zu machen, wird sowohl ein erfahrbares (Laubzersetzung) als auch abstraktes Thema (Immunreaktion bei einer Grippe) fokussiert. Durch die Auswahl dieser Themen können mögliche Unterschiede im Hinblick auf die Metaphernverwendung innerhalb der beiden Themen analysiert werden.

Somit ergeben sich folgende Forschungsfragen:

- (1a) Welche Vorstellungen haben Dozierende, Biologielehrkräfte und Schüler*innen mit verschiedenen Erstsprachen über Laubzersetzung und Immunreaktionen bei einer Grippe?
- (1b) Welche Gemeinsamkeiten und Unterschiede bestehen bzgl. der Vorstellungen von Personen mit Deutsch als Erstsprache und Deutsch als Zweitsprache?
- (2a) Welche Metaphern nutzen Dozierende, Biologielehrkräfte und Schüler*innen mit verschiedenen Erstsprachen innerhalb der Äußerungen ihrer Vorstellungen?

- (2b) Welche Gemeinsamkeiten und Unterschiede gibt es in der Verwendung von Metaphern zwischen Personen mit Deutsch als Erstsprache und Deutsch als Zweitsprache?

Untersuchungsdesign und empirische Forschungsmethodik

Das Untersuchungsdesign wurde anlehnd an das Modell der Didaktischen Rekonstruktion (Kattmann et al., 1997; Duit et al., 2012) entwickelt. Es werden Vorstellungen und darin verwendete Metaphern aus der Fach- sowie verschiedenen Akteur*innenperspektiven biologischen Lehrens und Lernens beleuchtet und miteinander verglichen (vgl. Abb. 1).

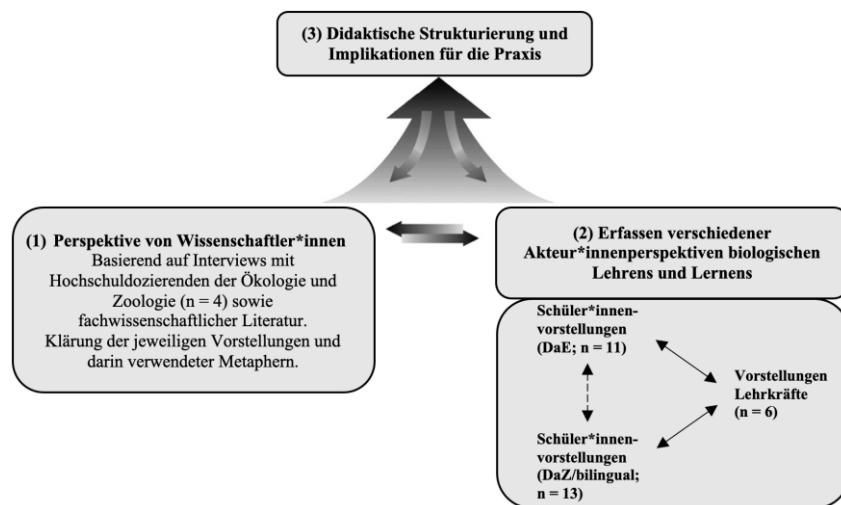


Abb. 1: Studiendesign anlehnd an das Modell der Didaktischen Rekonstruktion (Kattmann et al., 1997; Duit et al., 2012). DaE = Deutsch als Erstsprache; DaZ = Deutsch als Zweitsprache.

Datenerhebung und Forschungsinstrumente

Zur Erhebung der Vorstellungen der Proband*innen werden leitfadengestützte, problemzentrierte Interviews (Niebert & Gropengießer, 2014) durchgeführt. Hierbei dient der Leitfaden als Orientierungshilfe hinsichtlich möglicher Vorstellungen der Proband*innen. Die Interviews werden durch die Aussagen der Proband*innen geleitet und hierbei auch die Sprache der Proband*innen von der Interviewerin für die Interviewfragen gespiegelt. Dieses Vorgehen gewährleistet bestmöglich, dass keine inhaltlichen Impulse oder fremde Metaphern in die Interviewsituation gegeben werden.

Ergänzend zu den Interviews dient ein Fragebogen (Cohen et al., 2011) zur Erhebung von Hintergrundinformationen der Proband*innen. Erhoben werden hierzu demografische Daten, Angaben zur Sprachbiografie und dem Migrationshintergrund sowie Fragen zur Einstellung zum Einbezug von unterschiedlichen Sprachen im Biologieunterricht.

Analysemethoden

Die quantitativen Daten der Fragebogenerhebung werden mittels deskriptiver und statistischer Analysen ausgewertet, um einen Überblick u. a. über die Hintergrundinformationen der Proband*innen zu erhalten.

Die Interviews werden transkribiert und im Anschluss mithilfe der einer inhaltlich-strukturierenden sowie einer evaluativen qualitativen Inhaltsanalyse (Kuckartz, 2018) und anschließend einer systematischen Metaphernanalyse (Schmitt, 2017) in drei Schritten ausgewertet. Hierdurch ist ein Vergleich zwischen den Vorstellungen der Proband*innen sowie der darin verwendeten Sprache möglich.

Stichprobe

Die Stichprobe besteht aus 4 Dozierenden mit DaE, die in der Lehrkräftebildung maßgeblich beteiligt sind. Aus dem Schulbereich wurden Lehrkräfte mit DaE (n=4) sowie mit Türkisch und mit Arabisch/Assyrisch als Erstsprache (je n=1) und 11 Schüler*innen mit DaE sowie 13 Schüler*innen mit DaZ bzw. bilinguaem Hintergrund interviewt. Als Erstsprachen gaben diese 13 Schüler*innen Arabisch (n=3), Kurdisch (n=2), Türkisch (n=2) sowie Dari/Farsi, Portugiesisch, Russisch, Polnisch, Wolof/Französisch und Schwedisch (je n=1) an.

Erste Ergebnisse und Ausblick

Erste Analysen der Dozierendeninterviews bestätigen die Aussage des Forschungsstands, dass Metaphern besonders zur Beschreibung abstrakter Phänomene genutzt werden.

Obwohl es sich bei den Befragten ausschließlich um Fachwissenschaftler*innen handelt, die Biologielehramtsstudierende unterrichten, wurde in den Interviews deutlich, dass sie ihre Aussagen teils im Hinblick auf die Unterrichtspraxis an Schulen reflektieren. Zuweilen werden Ausdrücke und Metaphern aus Lehrbüchern sowie eigene Äußerungen kritisch hinterfragt und korrigiert.

Erste Einblicke in die Interviews der Schüler*innen zeigen, dass die Vielfalt an Vorstellungen zu den Themen *Laubzersetzung* und *Immunreaktion* deutlich größer ist als durch den aktuellen Forschungsstand ersichtlich.

So äußert eine Schülerin, die vor 5 Jahren aus Syrien gekommen ist und Arabisch als Erstsprache hat, Vorstellungen beim Thema *Immunreaktion*, dass diese nicht ausschlaggebend für eine Krankheit seien. Stattdessen verweist sie eher auf Maßnahmen, die auf das Verhalten der erkrankten Personen zurückzuführen sind.

Auch hinsichtlich des Themas *Laubzersetzung* wird deutlich, wie sehr persönliche Erfahrungen einen Einfluss auf die Vorstellungen haben. Schüler*innen, die erst kurze Zeit in Deutschland sind und aus einer anderen Klimazone stammen, haben die Bedeutung von Laubzersetzung teils noch nicht erfahren und sehen dadurch auch keine Notwendigkeit dafür.

Bereits durch die ersten Ergebnisse wird die Relevanz, Schüler*innenvorstellungen und verwendete Metaphern vor dem Hintergrund verschiedener Erstsprachen zu beleuchten, ersichtlich. Diese ersten Ergebnisse sollen in tiefergehenden Analysen verfestigt und fallbasierte Hypothesen diesbezüglich aufgestellt werden.

Literatur

- Ahrenholz, B. (2013). Sprache im Fachunterricht untersuchen. In C. Röhner & B. Hövelbrinks (Hrsg.), *Fachbezogene Sprachförderung in Deutsch als Zweitsprache. Theoretische Konzepte und empirische Befunde zum Erwerb bildungssprachlicher Kompetenzen* (S. 87-98). Beltz Juventa.
- Cohen, L., Manion, L. & Morrison, K. (2011). *Research Methods in Education* (7. Auflage). Routledge.
- Duit, R. (1996). The Constructivist View in Science Education. What it has to offer and what should not be expected from it. *Investigações em Ensino de Ciências*, 1, 40-75. <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/646>
- Duit, R. & Treagust, D. (2003). Conceptual Change. A Powerful Framework for Improving Science Teaching and Learning. *International Journal of Science Education*, 25, 671-688. <https://doi.org/10.1080/09500690305016>
- Duit, R., Gropengießer, H., Kattmann, U., Komorek, M. & Parchmann, I. (2012). The Model of Educational Reconstruction – A Framework for Improving Teaching and Learning Science. In D. Jorde & J. Dillon (Eds.), *Science Education Research and Practice in Europe. Retrospective and Prospective* (S. 13-37). Sense Publishers.
- Gropengießer, H. & Kattmann, U. (2013). Arbeiten mit Schülervorstellungen. In H. Gropengießer, U. Harms & U. Kattmann (Hrsg.), *Fachdidaktik Biologie* (9. Aufl., S. 12-15). Aulis.
- Kattmann, U., Duit, R., Gropengießer, H. & Komorek, M. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion – Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 3(3), 3-18.
- Kattmann, U. (2016). *Schüler besser verstehen. Alltagsvorstellungen im Biologieunterricht*. Aulis.
- Kuckartz, U. (2018). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung* (4. Aufl.). Beltz Juventa.
- Lakoff, G. & Johnson, M. (2003). *Metaphors we live by. With a new afterword*. University of Chicago Press.
- Niebert, K. & Gropengießer, H. (2014). Leitfadengestützte Interviews. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 121-132). Springer.
- Schmitt, R. (2017). *Systematische Metaphernanalyse als Methode der qualitativen Sozialforschung*. Springer.
- Schmitt, R., Schröder, J. & Pfaller, L. (2018). *Systematische Metaphernanalyse. Eine Einführung*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-21460-9>
- Schrenk, M., Gropengießer, H., Groß, J., Hammann, M., Weitzel, H. & Zabel, J. (2019). Schülervorstellungen im Biologieunterricht. In J. Groß, M. Hammann, P. Schmiemann & J. Zabel (Hrsg.), *Biologiedidaktische Forschung. Erträge für die Praxis* (S. 3-20). Springer.

Marc Rodemer¹
Stefan Rumann¹

¹Universität Duisburg-Essen

Einfluss von Fehlvorstellungen auf die Diagnosekompetenz von angehenden Chemielehrkräften

Einleitung

Diagnostische Kompetenzen sind in verschiedenen Modellen des Professionswissens (Baumert & Kunter, 2013; Carlson et al., 2019; Shulman, 1987) sowie in bildungspolitischen Vorgaben verankert. Die Diagnose von Schülervorstellungen wird als Facette des fachdidaktischen Wissens betrachtet (Carlson et al., 2019; Park & Oliver, 2008). Dabei ist den verschiedenen Modellen des Professionswissens gemein, dass Fachwissen einen wesentlichen Einfluss auf die Entwicklung von fachdidaktischem Wissen hat, das domänenspezifisch betrachtet werden muss (Carlson et al., 2019; Shulman, 1987). Gerade in den Naturwissenschaften müssen Schülervorstellungen wissenschaftlichen Konzepten gegenübergestellt werden. Im Hinblick auf das Fach Chemie sind solche Schülervorstellungen zwar gut erforscht (Barke, 2015; Heeg et al., 2020), aber auch bei angehenden Lehrkräften sind mitunter Fehlvorstellungen vorhanden (Taskin et al., 2016). Dies deutet darauf hin, dass zukünftige Chemielehrkräfte Schwierigkeiten haben, Fehler in Schülerprodukten zu erkennen. Diagnostische Fähigkeiten äußern sich vor allem in der Urteilsgenauigkeit, d. h. im gezielten Erkennen von Fehlern. Eine Studie von Yang et al. (2014) zeigte, dass Lehrkräfte Schwierigkeiten haben, Schülervorstellungen differenziert zu betrachten. Der aktuelle pädagogische Konsens mit einer konstruktivistischen Sicht auf Lehr-/Lernprozesse sieht Schülervorstellungen und Fehlvorstellungen als produktive Ansatzpunkte für den Unterricht (Duit et al., 2013; Larkin, 2012). Dabei muss die Art der Fehler unterschieden werden, da Schülervorstellungen eher als produktive Fehler und Rechtschreibfehler eher als unproduktive Fehler angesehen werden (Oser et al., 2012). Es ist davon auszugehen, dass die Urteilsgenauigkeit der Lehrkräfte durch das Vorhandensein eigener Fehl- und Alltagsvorstellungen beeinflusst wird.

Forschungsfragen

Während die Diagnose von Schülervorstellungen zum Alltag einer Lehrkraft in der Schule gehört, ist über die Einflussfaktoren auf die diagnostischen Fähigkeiten von Lehramtsstudierenden weniger bekannt. Basierend auf der Literaturrecherche konnte das Vorwissen einer Lehrkraft als entscheidender Einflussfaktor auf die diagnostischen Fähigkeiten identifiziert werden, wozu auch das Vorhandensein eigener Fehlvorstellungen und Alltagsvorstellungen gehört. Dazu gehört auch eine Unterscheidung, welche Fehlerarten im konstruktivistischen Sinne als Anknüpfungspunkt für den Unterricht dienen können, wobei zwischen produktiven Fehlern auf Basis von Fehl- und Alltagsvorstellungen und unproduktiven Fehlern z.B. in der Rechtschreibung differenziert wird.

Im Rahmen des vorliegenden Projektes wurde der Einfluss des Vorwissens auf die diagnostischen Fähigkeiten von Chemielehrkräften untersucht, um Implikationen für die Lehrerprofessionalisierung im Rahmen der Hochschulbildung abzuleiten. Das Projekt folgt drei Forschungsfragen:

FF1. Inwieweit erreichen angehende Chemielehrkräfte eine Urteilsgenauigkeit bei der Diagnose von fiktiven Schülerprodukten?

FF2. Gibt es Unterschiede in der Urteilsgenauigkeit von angehenden Chemielehrkräften zwischen produktiven und nicht-produktiven Fehlern?

FF3. Inwieweit beeinflusst Vorwissen die Urteilsgenauigkeit von angehenden Chemielehrern?

Forschungsdesign

Um die Forschungsfragen zu beantworten, beurteilten angehende Chemielehrkräfte mehrere fiktive Schülerprodukte in Form von Vignetten. Die Schülerprodukte folgen exemplarischen Themen aus grundlegenden chemischen Konzepten (Teilchenmodell, chemische Reaktionen, Energie). Dabei enthalten diese Schülerprodukte sowohl konzeptionelle Fehler (produktive Fehler) als auch Rechtschreibfehler (unproduktive Fehler). Die Beurteilung der Vignetten wurde elektronisch durchgeführt. Außerdem wurden ein Vorwissenstest und eine Abfrage demografischer Angaben eingesetzt. Als demografische Angaben wurden Alter, Muttersprache, Zweitfach und letzte Chemienote erfasst. Die abhängige Variable ist die Urteilsgenauigkeit bei der Bewertung von Schülerprodukten, die beschreibt, ob die implementierten Fehler korrekt ermittelt wurden.

Material 1: Fiktive Schülerprodukte. Insgesamt wurden drei fiktive Schülerprodukte als schriftliche Vignetten entwickelt, die bekannte Alltags- und Fehlvorstellungen zu grundlegenden Chemiekonzepten enthalten (Barke, 2015; Streller et al., 2019). Dabei wurden sowohl produktive Fehler aufgrund von Alltagsvorstellungen als auch unproduktive Fehler aufgrund von Rechtschreibfehlern implementiert. Für jedes Schülerprodukt wurde eine passende und fehlerfreie Musterlösung entwickelt. Zur Bestimmung der Urteilsgenauigkeit wurden die Beurteilungen der Probanden mit der Musterlösung verglichen und daraus Kappa (κ) als Übereinstimmungsmaß berechnet (Landis & Koch, 1977).

Als Beispiel behandelt eine Vignette die Sublimation von Jod. Eine typische Fehlvorstellung ist eine Kombination aus Ideen des Kontinuums und des Diskontinuums (Barke, 2015). Ein Fehler ist die Zuordnung von Eigenschaften zu Teilchen. Flüssigkeiten werden von Lernenden oft als wässrig bezeichnet, weil sie die Eigenschaft „flüssig“ mit dem aus dem Alltag bekannten Stoff Wasser assoziieren. Ein häufige Fehlvorstellung, insbesondere bei Aggregatzustandsänderungen, ist die widersprüchliche Anwendung des Dalton-Atommodells, wonach Atome weder zerstört noch neu geschaffen werden können. Lernende gehen davon aus, dass neue Teilchen entstehen, wenn sich der Aggregatzustand ändert. Lernende sprechen daher oft von Gasteilchen, Feststoffteilchen und Flüssigkeitsteilchen. In der Vignette finden sich insgesamt acht Fehler, die die typischen Fehlvorstellungen abdecken. Ein Auszug aus der Vignette ist in Abbildung 1 dargestellt.

Aufgabe: Jod wird in einem geschlossenen Kolben sublimiert. Wird die Flasche beim Sublimieren leichter, schwerer oder bleibt sie gleich schwer? Bitte begründen Sie Ihre Entscheidung!

Fiktive Schülerantwort: Der Kolben wird leichter, weil das feste Jod gasförmiger wird und Gase leichter sind als Feststoffe. Während der Sublimation werden Jodgasteilchen gebildet, die leichter sind als die festen Jodpartikel.

Abb. 1: Ausschnitt aus einer Vignette zum Thema Sublimation von Jod.

Material II: Vorwissen. Außerdem wurde ein auf die fiktiven Schülerprodukte zugeschnittener Vorwissenstest entwickelt. Ähnlich wie bei den Schülerprodukten deckt der Vorwissenstest mit 39 Items chemische Grundkonzepte ab. Distraktoren der Multiple-Choice-Items wurden auf Basis von häufigen Fehlvorstellungen entwickelt (Barke, 2015; Streller et al., 2019).

Ergebnisse

Forschungsfrage 1 betraf das Ausmaß der Urteilsgenauigkeit von angehenden Chemielehrern bei der Diagnose von fiktiven Schülerprodukten. Die Vignetten wurden mit $N = 6$ angehenden Chemielehrkräften getestet. Cohens Kappa wurde als Maß für die Übereinstimmung der Urteilsgenauigkeit für jeden Teilnehmer in paarweisen Vergleichen mit der Musterlösung berechnet. Insgesamt ergaben sich eher kleine Kappa-Werte mit großen Standardabweichungen ($M = 0,19$, $SD = 0,28$), was auf eine geringe Übereinstimmung hindeutet (Landis & Koch, 1977). Die Analyse der Rohdaten weist darauf hin, dass einige Teilnehmende strenger beurteilten als unsere Musterlösung, was möglicherweise zu einer geringen Übereinstimmung bei der Berechnung von Kappa geführt hat.

Forschungsfrage 2 lautete, ob es Unterschiede in der Urteilsgenauigkeit von angehenden Chemielehrkräften zwischen produktiven und nicht-produktiven Fehlern gibt. Aufgrund der kleinen Stichprobengröße war die Bestimmung der Normalverteilung der Urteilsgenauigkeit wichtig für die Auswahl einer geeigneten statistischen Methode. Ein Shapiro-Wilk-Test zeigte keinen Hinweis auf Nichtnormalität ($W = 0,94$, $p = 0,448$), weswegen ein parametrischer, gepaarter t-Test verwendet wurde. Die Ergebnisse zeigen einen signifikanten Unterschied zwischen produktiven Fehlern ($M = 0,31$, $SD = 0,15$) und unproduktiven Fehlern ($M = 0,05$, $SD = 0,32$) mit $t = 2,82$, $p = 0,037$.

Forschungsfrage 3 befasste sich mit dem Ausmaß, in dem Vorwissen die diagnostischen Fähigkeiten von angehenden Chemielehrern beeinflusst. Der Vorwissenstest wurde mit $N = 41$ angehenden Chemielehrkräften durchgeführt. Nach Ausschluss von zwei undifferenzierten Items wurden die Testergebnisse in ein Rasch-Modell übertragen. Der Wert von EAP = 0,86 weist auf eine hohe Reliabilität des Vorwissenstests hin (Boone, 2020). Standardisierte wMNSQ-Werte (Weighted Mean Square) zwischen 0,71 und 1,41 weisen auf eine Eindimensionalität des Vorwissenstests hin (O'Connor et al., 2016). Entsprechend den Empfehlungen zur Testkonstruktion werden weitere schwierige Items entwickelt, um die Erfassung hoher Personenfähigkeiten differenzieren zu können (Bühner, 2021).

Ausblick

Alle Testmaterialien werden in einer zweiten Kohorte erneut eingesetzt, um größere Stichproben zu erreichen und die Zusammenhänge zwischen Fehlvorstellungen und Urteilsgenauigkeit zu analysieren.

Erkenntnisse aus dem Projekt tragen zu einem besseren Verständnis der Einflussfaktoren auf diagnostische Fähigkeiten als Facette des fachdidaktischen Wissens von angehenden Chemielehrkräften bei. Diese Erkenntnisse dienen als Grundlage für die Entwicklung geeigneter Unterstützungsmaterialien, die in einer Folgestudie in Form einer Interventionsstudie evaluiert werden sollen. Ein wesentliches Ziel dabei ist es, konstruktivistische Lernansätze zu identifizieren, die eine fachspezifische Unterstützung bieten. Einer dieser Ansätze ist die produktive Nutzung von Alltagsvorstellungen und (Fehl-)Vorstellungen von Lernenden für den Chemieunterricht.

Literatur

- Barke, H.-D. (2015). Learners Ideas, Misconceptions, and Challenge. In J. García-Martínez & E. Serrano-Torregrosa (Eds.), *Chemistry Education Best Practices, Innovative Strategies and New Technologies* (pp. 395–420). Wiley-VCH Verlag.
- Baumert, J. & Kunter, M. (2013). Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. In I. Gogolin, H. Kuper, H.-H. Krüger & J. Baumert (Hrsg.), *Stichwort: Zeitschrift für Erziehungswissenschaft* (S. 277–337). Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Boone, W. J. (2020). Rasch Basics for the Novice. In M. S. Khine (Ed.), *Rasch Measurement* (Vol. 41, pp. 9–30). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-15-1800-3_2
- Bühner, M. (2021). *Einführung in die Test- und Fragebogenkonstruktion* (4., korrigierte und erweiterte Auflage). Pearson Studium - Psychologie. Pearson.
- Carlson, J., Daehler, K. R., Alonzo, A. C., Barendsen, E., Berry, A., Borowski, A., Carpendale, J., Kam Ho Chan, K., Cooper, R., Friedrichsen, P., Gess-Newsome, J., Henze-Rietveld, I., Hume, A., Kirschner, S., Liepertz, S., Loughran, J., Mavhunga, E., Neumann, K., Nilsson, P., . . . Wilson, C. D. (2019). The Refined Consensus Model of Pedagogical Content Knowledge in Science Education. In A. Hume, R. Cooper, & A. Borowski (Eds.), *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science* (Vol. 15, pp. 77–94). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-13-5898-2_2
- Duit, R., Treagust, D. F., & Widodo, A. (2013). Teaching Science for Conceptual Change: Theory and Practice. In S. Vosniadou (Ed.), *Educational psychology handbook series. International handbook of research on conceptual change* (pp. 499–515). Routledge.
- Heeg, J., Bittorf, R. M., & Schanze, S. (2020). Learners' conceptions about the chemical equilibrium – A systematic Review. *CHEMKON*, 27(8), 373–383. <https://doi.org/10.1002/ckon.201900022>
- Heeg, J., Bittorf, R. M., & Schanze, S. (2021). Erforschung potenzieller Entwicklungsverläufe diagnostischer Fähigkeiten angehender Chemielehrkräfte hinsichtlich Lernendenvorstellungen – Die Bedeutung individueller Vorstellungen über Lernendenvorstellungen. *Zeitschrift Für Didaktik Der Naturwissenschaften*, 27(1), 17–44. <https://doi.org/10.1007/s40573-021-00124-3>
- Landis, J. R., & Koch, G. G. (1977). The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. *Biometrics*, 33, 159–164.
- Larkin, D. (2012). Misconceptions about “misconceptions”: Preservice secondary science teachers' views on the value and role of student ideas. *Science Education*, 96(5), 927–959. <https://doi.org/10.1002/sce.21022>
- O'Connor, J., Penney, D., Alfrey, L., Phillipson, S., Phillipson, S., & Jeanes, R. (2016). The Development of the Stereotypical Attitudes in HPE Scale. *Australian Journal of Teacher Education*, 41(7), 70–87. <https://doi.org/10.14221/ajte.2016v41n7.5>
- Oser, F. K., Näpflin, C., Hofer, C., & Aerni, P. (2012). Towards a Theory of Negative Knowledge (NK): Almost-Mistakes as Drivers of Episodic Memory Amplification. In J. Bauer & C. Harteis (Eds.), *Professional and Practice-based Learning: Vol. 6. Human Fallibility: The Ambiguity of Errors for Work and Learning* (pp. 53–70). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-90-481-3941-5_4
- Park, S., & Oliver, J. S. (2008). Revisiting the Conceptualisation of Pedagogical Content Knowledge (PCK): PCK as a Conceptual Tool to Understand Teachers as Professionals. *Research in Science Education*, 38(3), 261–284. <https://doi.org/10.1007/s11165-007-9049-6>
- Shulman, L. S. (1987). Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1–22.
- Streller, S., Bolte, C., Dietz, D., & La Noto Diega, R. (2019). *Chemiedidaktik an Fallbeispielen*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-58645-7>
- Taskin, V., Bernholt, S., & Parchmann, I. (2016). Student Teachers' Knowledge About Chemical Representations. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15(1), 39–55. <https://doi.org/10.1007/s10763-015-9672-z>
- Yang, C., Noh, T., Scharmann, L. C., & Kang, S. (2014). A Study on the Elementary School Teachers' Awareness of Students' Alternative Conceptions about Change of States and Dissolution. *The Asia-Pacific Education Researcher*, 23(3), 683–698. <https://doi.org/10.1007/s40299-013-0140-7>

Jan-Martin Österlein¹
Mathias Ropohl¹
Sebastian Habig²
Miriam Morek¹

¹Universität Duisburg-Essen
²Friedrich-Alexander Universität Erlangen-
Nürnberg

Förderung protokollbezogener Schreibfertigkeiten im Chemieunterricht

Theoretischer Hintergrund

Sprache bildet die Grundlage für Kommunikationsprozesse und ist damit für Lehr-Lernprozesse maßgeblich. Gleichzeitig ist die Sprache im Fach jedoch auch das Medium des Fachinhalts und damit auch explizit Gegenstand des Fachunterrichts (Childs et al., 2015; Taber, 2015). In ihrer Funktion der Kommunikation ist sie als einer von drei prozessbezogenen Kompetenzbereichen im Kernlehrplan fest verankert (KMK, 2005). Kommunikation dient dabei nicht nur dem Austausch im Unterricht, sondern ist gleichzeitig eine Kerntätigkeit naturwissenschaftlichen Denkens und Arbeitens (Osborne, 2002; Rönnebeck et al., 2016). Im Kontext des Erkenntnisgewinnungsprozesses nimmt Kommunikation einerseits die Rolle des Austauschs über Erkenntnisse und Ideen ein, gleichzeitig ermöglicht sie es den Lernenden aber auch, ein Verständnis für naturwissenschaftliche Konzepte zu erlangen (Ebenezer et al., 2011; Osborne, 2002; Ruiz-Primo et al., 2004). Im Chemieunterricht erfolgt Kommunikation über den Erkenntnisprozess nicht nur mündlich, sondern häufig auch in schriftlicher Form, z. B. in Form von Versuchsprotokollen (KMK, 2005). Textproduktion trägt dabei wesentlich zum Erwerb von *scientific literacy* bei (Wellington & Osborne, 2001). Beese und Roll (2015) sprechen beim Schreiben von einem *Werkzeug des Denkens*, durch das Lernende sich intensiv mit einem Lerngegenstand auseinandersetzen können. Die Rolle von Schreibprozessen hat sich also von reinem Dokumentieren hin zu einem Verständnis von Schreiben als Werkzeug entwickelt, das Lernenden hilft, ihre Gedanken zu organisieren, Ideen zu konsolidieren oder zu reflektieren. (Newell, 2006; Rivard & Straw, 2000). Hinsichtlich der Integration von Schreibprozessen in den naturwissenschaftlichen Unterricht können zwei Ansätze unterschieden werden. Bei *writing to learn* steht epistemisches Schreiben mit dem Ziel einer sinnstiftenden Auseinandersetzung mit dem Gegenstand im Vordergrund (Klein & Boscolo, 2016; Schmölzer-Eibinger & Thürmann, 2015; Sampson et al., 2013). Der Fokus liegt dabei auf informellen Schreibaufgaben, anhand derer die Lernenden sich reflexiv mit einem Inhalt auseinandersetzen. Die Lernenden nutzen dabei häufig Alltagssprache anstelle von Fachsprache. Dem gegenüber fokussiert *learning to write* auf fachsprachliche Charakteristika sowie disziplinspezifische Textsortenmerkmale (McCutchen, 2008, Sampson et al., 2013). Dazu werden vor allem traditionelle Textsorten wie das Versuchsprotokoll verwendet, um Lernende darin zu fördern, bessere naturwissenschaftliche Texte zu schreiben. Während bei *writing to learn* Fachsprache und naturwissenschaftliche Schreibfertigkeiten wie das Schreiben argumentativer Texte wenig Berücksichtigung finden, steht *learning to write* vor allem aufgrund geringer Lernwirksamkeit und einem häufig fehlenden Bezug zum Erkenntnisprozess in der Kritik. Beide Ansätze weisen also komplementäre Stärken und Schwächen auf.

Zielsetzung und Forschungsfragen

Mit *writing to learn* und *learning to write* haben sich zwei weitestgehend konträre, aber auch komplementäre Ansätze forschungsbasiert in der Praxis etabliert. Vor diesem Hintergrund untersucht das vorliegende Promotionsprojekt, inwiefern die Kombination beider Ansätze in Form von epistemischen (*writing to learn*) und fachsprachlichen (*learning to write*) Schreibfördermaßnahmen die protokollbezogenen Schreibfertigkeiten und den Lernzuwachs hinsichtlich des chemischen Fachwissens fördern. Folgende Forschungsfragen sollen beantwortet werden:

Inwiefern beeinflussen unterschiedliche Kombinationen von epistemischen und sprachlichen Fördermaßnahmen ...

- (1) ...die protokollbezogenen Schreibfertigkeiten von Lernenden im Chemieunterricht?
- (2) ...den Fachwissenszuwachs von Lernenden im Chemieunterricht?

Methode

Als Schreibförderansatz werden Kombinationen aus epistemischen (*writing to learn*) und fachsprachlichen (*learning to write*) Fördererelementen entwickelt. Als epistemische Förderung erhalten die Lernenden Hilfen hinsichtlich des strukturellen Aufbaus der einzelnen Abschnitte des Versuchsprotokolls. Für die fachsprachliche Förderung werden von Leisen (2010) vorgeschlagene Methoden der allgemeinen Schreibförderung als Grundlage ausgewählt:

- Schreiben mithilfe von **Wortlisten** und **Satzbausteinen**
- Schreiben anhand eines **Beispieltextes**

Die Kombination der epistemischen und den beiden unterschiedlichen fachsprachlichen Fördermaßnahmen ergibt unter Berücksichtigung einer Kontrollgruppe ein 2x3-Gruppen-Design. Die Wirksamkeit der Maßnahmen wird in einer experimentellen Interventionsstudie im Prä-Post-Design untersucht. Die erste Erhebungsphase umfasst $n = 109$ vollständige Datensätze von Lernenden der neunten und zehnten Jahrgangsstufe aus Gymnasien bzw. Gesamtschulen aus Nordrhein-Westfalen. Die Lernenden sind gleichmäßig auf die sechs Interventionsgruppen verteilt ($15 \leq n \leq 22$). Weitere $n = 300$ Lernende werden in der zweiten Erhebungsphase (Herbst 2022) rekrutiert. Im Prä- und Post-Test werden dabei die Qualität der Versuchsprotokolle und das Fachwissen als abhängige Variablen erhoben, zusätzlich werden allgemeine Sprachfertigkeiten und figurale kognitive Fähigkeiten (Heller & Perleth, 2000) als Kontrollvariablen erhoben. Zu jedem der insgesamt drei Interventionszeitpunkte fertigen die Lernenden Versuchsprotokolle auf Basis von zwei Experimentalvideos an und nutzen dabei die Ihnen zugewiesenen Hilfen. Das erste Video konfrontiert die Lernenden mit einem chemischen Phänomen, woraufhin eine Fragestellung und eine Hypothese formuliert werden sollen. Das zweite Video zeigt ein Experiment, das zur Beantwortung der Fragestellung geeignet ist. Die Lernende formulieren im Anschluss eine Durchführung, Beobachtung und Auswertung. Während der Bearbeitung des Fördermaterials werden für die Anfertigung jedes Abschnitts des Versuchsprotokolls die wahrgenommene kognitive Belastung und die wahrgenommene Unterstützung erhoben. Außerdem geben die Lernenden an, ob Sie eine bestimmte Hilfe genutzt haben oder nicht.

Vorläufige Ergebnisse

Zur Bewertung der Qualität der Versuchsprotokolle ist ein Kodiermanual aus der Literatur abgeleitet und induktiv im Rahmen einer Vorstudie erweitert worden. Während der erste Teil

des Kodiermanuals rein epistemische Kategorien (z.B. Vollständigkeit oder die Überprüfbarkeit der Hypothese) umfasst, enthält der zweite Teil epistemische Kategorien, die unmittelbar fachsprachlich umgesetzt werden. Die Kategorie *akkurate Handlungsbeschreibung* wird etwa durch die Nutzung adäquater experimentbezogener Verben sprachlich umgesetzt. Hinsichtlich der Kodierung der Versuchsprotokolle konnte mit Werten für Cohen's κ zwischen $\kappa = .61$ und $.80$ eine substantielle Übereinstimmung erreicht werden (Landis & Koch, 1977).

In ersten Analysen werden die protokollbezogenen Schreibfertigkeiten zunächst durch die Summenscores aller rein epistemischen Kategorien einerseits sowie aller epistemisch-fachsprachlichen Kategorien andererseits bestimmt. Um den Einfluss der Interventionsgruppe zu untersuchen, ist für beide Summenscores eine ANOVA mit Messwiederholung mit der Interventionsgruppe als Intersubjektfaktor berechnet worden. Die Ergebnisse zeigen keinen signifikanten Einfluss der Interventionsgruppe auf die Veränderung der Summenscores in den epistemischen Kategorien, $F(5, 103) = .746, p = .591$. Auch für die Veränderung in den epistemisch-sprachlichen Kategorien kann kein Einfluss der Interventionsgruppe festgestellt werden, $F(5, 103) = .084, p = .995$. In einer darauffolgenden Analyse wird untersucht, ob Unterschiede in den protokollbezogenen Schreibfertigkeiten auf der Ebene der unterschiedlichen Abschnitte des Versuchsprotokolls festgestellt werden können. Für die epistemischen Kategorien des Beobachtungabschnitts zeigt sich ein marginal signifikanter Unterschied zwischen den Interventionsgruppen, $F(5, 103) = 2.11, p = .070$, der deskriptiv mit einer stärkeren Qualitätssteigerung der Interventionsgruppe, die ausschließlich mit Beispielprotokollen in der Förderphase gearbeitet hat, zu begründen ist. Für die übrigen Abschnitte ist weder in den epistemischen noch in den epistemisch-sprachlichen Kategorien ein Einfluss der Gruppe zu berichten. Jedoch nimmt die sprachliche Qualität der Fragestellung über alle Gruppen hinweg signifikant zu, $F(1, 103) = 5.44, p = .022$. Die sprachliche Qualität der Beobachtung, $F(1, 103) = 5.01, p = .027$, sowie der Auswertung, $F(1, 103) = 4.17, p = .044$, nimmt hingegen signifikant über alle Gruppen hinweg ab.

Diskussion

Aufgrund der geringen Stichprobe und den daraus resultierenden kleinen Teilstichproben für die Interventionsgruppen aus der ersten Erhebungsphase ist es nicht überraschend, dass zwischen den Interventionsgruppen keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden können.

In einem nächsten Analyseschritt sollen für das gesamte Versuchsprotokoll Qualitätsstufen auf Basis der Bewertungskategorien und deren Ausprägungen definiert werden, sodass mögliche Qualitätsveränderungen noch präziser analysiert werden können.

Dass insgesamt über alle Gruppen hinweg signifikante Verschlechterungen im Bereich der Beobachtung und Auswertung vorzufinden sind, entspricht nicht den Erwartungen. Potenziell sind diese Befunde auf affektive Variablen wie die Motivation zurückzuführen. Da es sich um die letzten beiden Abschnitte des Versuchsprotokolls handelt, sind motivationale Gründe bei der Bearbeitung nicht auszuschließen. Durch eine Analyse des Nutzungsverhaltens der unterschiedlichen Hilfen des Fördermaterials kann möglicherweise Aufschluss darüber gewonnen werden, inwiefern die Veränderung der Qualität der Versuchsprotokolle tatsächlich auf das jeweilige Fördermaterial zurückzuführen ist.

Literatur

- Beese, M. & Roll, H. (2015). Textsorten im Fach - zur Förderung von Literalität im Sachfach in Schule und Lehrerbildung. In C. Benholz, M. Frank & E. Gürsoy (Hrsg.), *Sprachbildung in allen Fächern: Konzepte für Lehrerbildung und Unterricht* (S. 51–72). Fillibach bei Klett.
- Childs, P. E., Markic, S. & Ryan, M. C. (2015). The Role of Language in the Teaching and Learning of Chemistry. In J. García-Martínez & E. Serrano-Torregrosa (Hrsg.), *Chemistry Education* (Bd. 4, S. 421–446). Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.
- Ebenezer, J., Kaya, O. N. & Ebenezer, D. L. (2011). Engaging students in environmental research projects: Perceptions of fluency with innovative technologies and levels of scientific inquiry abilities. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(1), 94–116.
- Heller, K. A. & Perleth, C. (2000). Kognitiver Fähigkeitstest für 4.-12. Klassen: Revision (KFT 4-12 + R). Hogrefe.
- Klein, P. D. & Boscolo, P. (2016). Trends in Research on Writing as a Learning Activity. *Journal of Writing Research*, 7(3), 311–350.
- Kultusministerkonferenz. (2005). Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss: Beschluss vom 16.12.2004.
- Landis, J. R. & Koch, G. G. (1977). The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. *Biometrics*, 33(1), 159.
- Leisen, J. (2010). *Handbuch Sprachförderung im Fach: Sprachsensibler Fachunterricht in der Praxis; Grundlagenwissen, Anregungen und Beispiele für die Unterstützung von sprachschwachen Lernern und Lernern mit Zuwanderungsgeschichte beim Sprechen, Lesen, Schreiben und Üben im Fach*. Varus-Verlag.
- McCutchen, D., Teske, P. & Bankston, C. (2008). Writing and cognition: Implications of the cognitive architecture for learning to write and writing to learn. In *Handbook of research on writing: History, society, school, individual, text* (S. 451–470). Taylor & Francis Group/Lawrence Erlbaum Associates.
- Newell, G. E. (2006). Writing to Learn: How Alternative Theories of School Writing Account for Student Performance. In C. A. MacArthur, S. Graham & J. Fitzgerald (Hrsg.), *Handbook of writing research* (S. 235–246). Guilford Press.
- Osborne, J. (2002). Science Without Literacy: A ship without a sail? *Cambridge Journal of Education*, 32(2), 203–218.
- Rivard, L. P. & Straw, S. B. (2000). The effect of talk and writing on learning science: An exploratory study. *Science Education*, 84(5), 566–593.
- Rönnebeck, S., Bernholt, S. & Ropohl, M. (2016). Searching for a common ground – A literature review of empirical research on scientific inquiry activities. *Studies in Science Education*, 52(2), 161–197.
- Ruiz-Primo, M. A., Li, M., Ayala, C. & Shavelson, R. J. (2004). Evaluating students' science notebooks as an assessment tool. *International Journal of Science Education*, 26(12), 1477–1506.
- Sampson, V., Enderle, P., Grooms, J. & Witte, S. (2013). Writing to Learn by Learning to Write During the School Science Laboratory: Helping Middle and High School Students Develop Argumentative Writing Skills as They Learn Core Ideas. *Science Education*, 97(5), 643–670.
- Schmölzer-Eibinger, S. & Thürmann, E. (Hrsg.). (2015). *Fachdidaktische Forschung: Bd. 8. Schreiben als Medium des Lernens: Kompetenzentwicklung durch Schreiben im Fachunterricht*. Waxmann Verlag.
- Taber, K. S. (2015). Exploring the language(s) of chemistry education. *Chemistry Education Research and Practice*, 16(2), 193–197.
- Wellington, J. & Osborne, J. (2001). *Language and literacy in science education* (Repr.). Open Univ. Press.

Lukas Mientus¹
 Andreas Borowski¹
 Anna Nowak¹
 Peter Wulff²

¹Universität Potsdam
²PH Heidelberg

Verknüpfung von Struktur und Qualität schriftlicher Reflexionen

Bei der Reflexion wie bei anderen Denkprozessen ist ein strukturiertes Vorgehen eine notwendige Voraussetzung für Kompetenzentwicklung (Korthagen & Kessels, 1999; Christof et al., 2018; Hume et al., 2019; Hatton & Smith, 1995; Poldner et al., 2014; Mientus et al., eingereicht). Unklar bleibt allerdings, auf welche Weise Struktur operationalisiert werden kann und inwieweit dies mit der Reflexionsqualität zusammenhängt.

Modellierung von Reflexionsprozessen

Nach von Aufschnaiter et al. (2019) stellt sich Reflexion als mentaler Prozess des strukturierten Analysierens dar, in dessen Rahmen die eigenen Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten mit konkreten Erfahrungen aus einer Situation in Beziehung gesetzt werden, mit dem Ziel, die eigene Professionalität und die eigenen Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten (weiter-) zu entwickeln. Dem Reflexionsprozess zugrunde liegt hierbei die ‚Reflexivität als Kompetenz‘. In Anlehnung an Nowak et al. (2019) und einhergehend mit dem Refined Consensus Modell of PCK (Hume et al., 2019) betrachten wir den ‚Act of Trial‘ (Korthagen & Kessels, 1999) nicht mehr als Teil eines reflexionsbezogenen Denkprozesses, sondern interpretieren das Formulieren von Alternativen und das Ableiten von Konsequenzen für die eigene Professionalisierung als hochwertigere Elemente einer Reflexion. Dennoch unterliegt der reflexionsbezogene Denkprozess individuellen reflexionsbezogenen Dispositionen, welche nach von Aufschnaiter et al. (2019) auch als latente, nicht beobachtbare Wesenszüge des Reflektierenden angesehen werden können (siehe Abbildung 1).

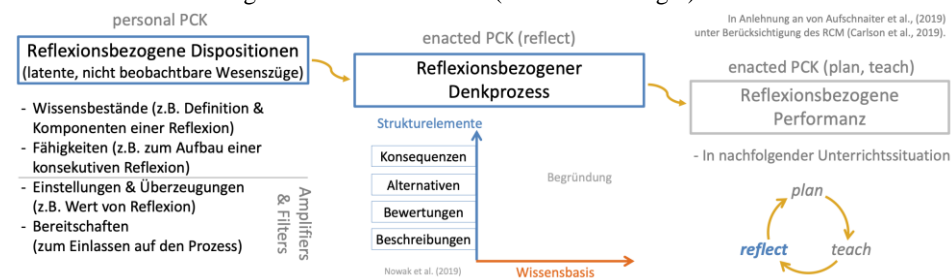


Abb. 1: Reflexivität als Kompetenz nach von Aufschnaiter et al. (2019) integriert in das Rahmenmodell für Reflexion nach Nowak et al. (2019)

Dass die Struktur (Verteilung der Diskurselemente nach Nowak et al., 2019 in einem Text) und die Qualität (z.B. Reflexionsbreite/-tiefe) von schriftlichen Reflexionstexten zusammenhängen, konnte exemplarisch bereits gezeigt werden (Mientus et al., 2021). Offen bleibt die Frage, auf welche Weise beide Dimensionen verknüpft sind. Gemäß des theoriegeleitet entwickelten Modells für Reflexivität als Kompetenz, sollen mögliche Zusammenhänge unter Betrachtung ausgewählter reflexionsbezogener Dispositionen untersucht werden.

Forschungsfrage

Der vorliegenden Studie liegen somit drei Dimensionen zugrunde - (1) Strukturdimensionen, (2) Qualitätsdimensionen und (3) Reflexionsbezogene Dispositionen. Geprüft werden sollen jeweils die ausgewählten Skalen bzw. Methoden auf deren Validitätsargumente sowie Zusammenhänge aller drei Dimensionen, um folgende Forschungsfrage zu beantworten: Auf welche Weise sind Struktur und Qualität in schriftlichen Fremdreflexionen verknüpft?

Forschungskontext

Hierzu wurde eine Videovignette entwickelt und von $N = 110$ Physiklehrkräften aus allen drei Phasen der Lehrkräftebildung aus fünf deutschen Bundesländern bearbeitet. Die Teilnehmenden lasen eine Instruktion zum Reflexionsmodell nach Nowak et al. (2019) und sahen anschließend einen 17-minütigen Videomitschnitt einer authentischen Physik-Unterrichtsstunde. Um die Authentizität der Vignette zu erhöhen, wurden die Teilnehmenden gebeten, Mitschriften anzufertigen. Zudem konnten die Teilnehmenden das Video nicht spulen oder pausieren. Nach der Videosequenz sollten die Teilnehmenden eine schriftliche Fremdreflexion verfassen, mit dem Ziel auch alternative Vorgehensweisen im Sinne eines kollegialen Feedbacks an die unterrichtende Lehrkraft zu benennen und persönliche Konsequenzen für die eigene Professionalisierung zu formulieren. Abschließend beantworteten die Teilnehmenden Multiple-Choice-Fragebögen mit standardisierten Fragen zu ihren reflexionsbezogenen Dispositionen (inklusive Fachwissensitems).

Strukturdimensionen

Für die Strukturanalyse der schriftlichen Fremdreflexionen wurde ein vortrainiertes Machine-Learning-Modell verwendet, welches in der Lage ist, Reflexionstexte satzweise den Elementen einer Reflexion nach Nowak et al. (2019) zuzuordnen (Wulff et al., 2022). Computerbasiert wurde aus diesen Daten pro Text ein ‚Level of Structure‘ (LOS) bestimmt (Mientus et al., 2021). Der LOS repräsentiert den Anteil höherwertiger Diskurselemente (Bewertungen, Alternativen, Konsequenzen sowie deren Anordnung im Text). Weiter kann der LOS Werte zwischen -1 und 1 annehmen und als Scoring für eine modellgetreue Struktur nach Nowak et al., (2019) eines Reflexionstextes interpretiert werden. In Extremgruppen ist der LOS in der Lage die Qualität schriftlicher Fremdreflexionen abzubilden (Mientus et al., eingereicht). Als weitere Information der computerbasierten Analyse kann die Textlänge (als strukturelles Textmerkmal betrachtet) als häufig positiv mit der Qualität eines Textes in Verbindung stehende erfasst werden (Powers, 2005).

Qualitätsdimensionen

Um die Qualität der Reflexionstexte fassen zu können, wurden von zwei unabhängigen Experten für schriftliche Reflexionen die Reflexionsbreite sowie die Reflexionstiefe (in Anlehnung an Leonhard et al., 2011; Abels, 2011) bewertet. Zur Berücksichtigung linguistischer Qualitätsmerkmale, wurden auch die Kohärenz (Zusammenhang der Argumentation) sowie die Spezifität (Bezugnahme auf konkrete Beobachtungen) (Glück, 2010) als Qualitätsmerkmale eines Reflexionstextes beurteilt. Die Interraterreliabilität der vierstufigen Skala (1 = ‚sehr gering ausgeprägt‘, 4 = ‚sehr stark ausgeprägt‘) konnte mit $\kappa > .60$ als akzeptabel bis substantiell bestimmt werden.

Ergebnis dieser Analyse ist, dass alle Qualitätsdimensionen untereinander positiv korrelieren ($r > .50$; $p < .001$). Weiter sind ähnlich wie bei den Strukturanalysen positive Korrelationen zur Textlänge vorhanden. LOS und Spezifität korrelieren signifikant negativ.

Reflexionsbezogene Dispositionen

Im Sinne der Variablenkontrolle wurden einzelne reflexionsbezogene Dispositionen (in unserem Fall die Wissensbestände sowie die Fähigkeiten zum Aufbau einer konsekutiven Reflexion) im Prompt der Videovignette eingegrenzt. Als erhobene ‚Amplifiers & Filters‘ wurden die wahrgenommene Unterrichtsqualität (aus Schlesinger, 2018), die reflexionsbezogene Selbstwirksamkeit (aus Lohse-Bossenz et al., 2018), die Werthaltung von Reflexion sowie Fachwissensitems (Eigenentwicklung) berücksichtigt. Nennenswert ist, dass bis auf die Fachwissensitems zum Inhalt des videographierten Unterrichts alle erhobenen reflexionsbezogenen Dispositionen zueinander positiv korrelieren.

Werden nun die erhobenen Variablen zu den Qualitätsdimensionen in Beziehung gesetzt, kann die theoriegeleitete Modellierung bestätigt werden, dass reflexionsbezogene Dispositionen einen deutlichen Einfluss auf die Qualität eines reflexionsbezogenen Denkprozesses haben (siehe Korrelationsmatrix aus Tabelle 1). Reflexionsbezogene Selbstwirksamkeit stellt sich als größter Einflussfaktor heraus. Weiter ist unseren Daten zu entnehmen, dass sich die ausgewählten Dispositionen nicht auf die ausgewählten linguistischen Merkmale auswirken.

Tab.1: Korrelationsmatrix aus reflexionsbezogenen Dispositionen und Qualitätsdimensionen

| | <i>Breite</i> | <i>Tiefe</i> | <i>Kohärenz</i> | <i>Spezifität</i> |
|-------------|---------------|--------------|-----------------|-------------------|
| <i>wUQ</i> | .20* | .15 | .04 | -.04 |
| <i>Wert</i> | .11 | .12 | .03 | .03 |
| <i>rSWK</i> | .28* | -.22* | .02 | -.06 |
| <i>FaWi</i> | -.17 | -.05 | -.06 | .04 |

Diskussion

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass auch in dieser Studie Zusammenhänge von Argumentationsstruktur und Qualität schriftlicher Reflexionen nicht trivial sind. Der validierte LOS ist im Rahmen dieser Erhebung nur bedingt aussagekräftig für Reflexionsqualität. Die betrachteten Strukturdimensionen und die ausgewählten Qualitätsdimensionen scheinen unabhängig zu koexistieren. Vielmehr scheinen reflexionsbezogene Dispositionen wie die Selbstwirksamkeitserwartung bedeutsam für die Qualität des reflexionsbezogenen Denkprozesses zu sein.

Weiter konnten wir feststellen, dass Fachwissen negativ mit der wahrgenommenen Unterrichtsqualität sowie der Werthaltung von bzw. für Reflexion korreliert. Der Einfluss der reflexionsbezogenen Selbstwirksamkeit fiel erwartbar einflussreicher aus. Die Breite und Tiefe einer Reflexion scheinen maßgeblich von reflexionsbezogenen Dispositionen beeinflusst zu sein, wobei Kohärenz und Spezifität von den erhobenen Faktoren eher unbeeinflusst und möglicherweise eher durch den individuellen Schreibstil geprägt sein können. Allgemein scheinen die verwendeten Methoden und Skalen sensitiv für verschriftlichte Reflexionsprozesse zu sein, so dass wir mit der vorliegenden Studie erste empirische Befunde zur Bestätigung des von von Aufschnaiter et al. (2019) konzipierten Rahmenmodells ‚Reflexivität als Kompetenz‘ liefern konnten.

Literatur

- Abels, S. (2011). LehrerInnen als 'Reflective Practitioner': Reflexionskompetenz für einen demokratieförderlichen Naturwissenschaftsunterricht. VS, Verlag für Sozialwissenschaften.
- Christof, E., Rosenberger, K., Köhler, J. & Wyss, C. (2018). Mündliche, schriftliche und theatrale Wege der Praxisreflexion. Beiträge zur Professionalisierung pädagogischen Handelns. Bern: Hep-Verlag.
- Hume, A., Cooper, R., & Borowski, A. (Eds.). (2019). Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science. <https://doi.org/10.1007/978-981-13-5898-2>.
- Korthagen, F.A., & Kessels, J. (1999). Linking theory and practice: changing the pedagogy of teacher education. *Educational Research*, 28(4), 4–17.
- Kent State University, Caniglia, J., Meadows, M., & Tiffin University. (2018). An Application of The Solo Taxonomy to Classify Strategies Used by Pre-Service Teachers to Solve "One Question Problems". *Australian Journal of Teacher Education*, 43(9), 75–89. <https://doi.org/10.14221/ajte.2018v43n9.5>
- Mientus, L., Wulff, P., Nowak, A. & Borowski, A. (2021): Zusammenhänge zwischen Reflexionskompetenz und Facetten professioneller Handlungskompetenz angehender Physiklehrkräfte. In: Habig, S. (Hrsg.), *Naturwissenschaftlicher Unterricht und Lehrerbildung im Umbruch?*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung 2020. (s. 226 – 229). RWTH Aachen.
- Mientus, L., Wulff, P., Nowak, A. & Borowski, A. (eingereicht).
- Nowak, A., Kempin, M., Kulgemeyer, C. & Borowski, A. (2019). Reflexion von Physikunterricht. In Maurer, C. (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe* (S. 838–841). Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Kiel 2018. Universität Regensburg.
- Poldner, E., van der Schaaf, M., Simons, P.R.-J., van Tartwijk, J., Wijngaards, G. (2014). Assessing student teachers' reflective writing through quantitative content analysis. *European Journal of Teacher Education*, 37(3), 348–373.
- Powers, D. E. (2005). "Wordiness": A Selective Review of Its Influence, and Suggestions for Investigating Its Relevance in Tests Requiring Extended Written Responses. ETS Research Report.
- Schlesinger, L., Jentsch, A., Kaiser, G., König, J., & Blömeke, S. (2018). Subject-specific characteristics of instructional quality in mathematics education. *ZDM*, 50(3), 475–490. <https://doi.org/10.1007/s11858-018-0917-5>
- von Aufschnaiter, C., Fraij, A. & Kost, D. (2019). Reflexion und Reflexivität in der Lehrerbildung. *HLZ* (2019), 2, 144 – 159. <https://doi.org/10.4119/UNIBL/hlz-144>.
- Wulff, P., Buschhüter, D., Westphal, A., Nowak, A., Becker, L., Robalino, H., Stede, M., & Borowski, A. (2020). Computer-Based Classification of Preservice Physics Teachers' Written Reflections. *Journal of Science Education and Technology*, 30(1), 1–15. <https://doi.org/10.1007/s10956-020-09865-1>.
- Wulff, P., Mientus, L., Nowak, A. & Borowski, A. (2022). Utilizing a Pretrained Language Model (BERT) to Classify Preservice Physics Teachers' Written Reflections. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*. <https://doi.org/10.1007/s40593-022-00290-6>

Stefanie Reimer¹
Oliver Tepner¹

¹Universität Regensburg

Aufbau adaptiver Erklärkompetenz durch Reflexion von Unterrichtsvideos

Theoretischer Hintergrund

Shulman (1987) hat das Wissen zum Erklären als wesentlichen Aspekt des fachdidaktischen Wissens beschrieben. Bisherige Studien konnten einen positiven Zusammenhang zwischen dem fachdidaktischen Wissen (Krauss et al., 2008) bzw. der Erklärqualität von Lehrkräften mit dem Lernerfolg der Schüler:innen zeigen (Eisenhart et al., 1993; Evans, W. E., Guyson, R. E., 1978). Dies begründet das Interesse einiger Forschungsprojekte, die zu diesem Thema empirische Studien durchführten und die Erklärqualität beispielsweise durch simulierte und standardisierte Unterrichtssituationen erhoben haben (Findeisen, 2017; Kulgemeyer & Tomczyszyn, 2015). Bartels (2018) erhob die Erklärkompetenz quantitativ durch einen Videovignettentest. Ein Desiderat stellt jedoch die Erforschung der adaptiven Erklärkompetenz im unterrichtlichen Setting dar. In der hier vorgestellten Studie wird das adaptive Erklären als komplexer und interaktiver Prozess verstanden, welcher ein Verständnis beim Lernenden hervorrufen soll (Prediger & Erath, 2014; Wagner & Wörn, 2011). Der Begriff der Adaption wird dabei als eine Angleichung der Lehrkraft auf unerwartete Beiträge von Lernenden und eine Abweichung von der Planung verstanden (Parsons, 2012). Dabei wird das adaptive Handeln in die „adaptive Planungskompetenz“ und die „adaptive Handlungskompetenz“ eingeteilt (Beck et al., 2008). Um Kompetenzen weiterentwickeln zu können, sollten Lehrkräfte in der Lage sein, ihren Unterricht zu reflektieren (Kultusministerkonferenz [KMK], 2014). Unter Reflexion wird dabei das bewusste und kriteriengeleitete Nachdenken über Handlungen verstanden, aus dem die/der Reflektierende begründete Konsequenzen für das weitere Handeln ableitet und umsetzt (Wyss, 2013). Da die universitäre Ausbildung beim Erwerb des fachdidaktischen Wissens von Lehrkräften eine besondere Rolle spielt (Krauss et al., 2008), wird in dieser Forschungsarbeit die adaptive Erklärkompetenz im unterrichtlichen Setting gemessen und mit Hilfe eines universitären Seminars sowie durch Reflexion videografiertes Erkläreinheiten gefördert. Im Fokus steht dabei die Frage, ob Studierende, die dreimal adaptiv handeln, einen höheren Zuwachs der adaptiven Erklärkompetenz haben als diejenigen, die nur zweimal adaptiv handeln. Zusätzlich wird untersucht, ob die adaptive Erklärkompetenz quantitativ durch einen Videovignettentest gemessen werden kann und ob Chemielehramtsstudierende mit einer höheren Reflexionskompetenz auch einen höheren Anstieg in der adaptiven Erklärkompetenz zeigen. Die Erklärkompetenz wird in dieser Studie unterteilt in Erklärkompetenz I (Planung) und Erklärkompetenz II (Handeln).

Forschungsfragen

Messung und Förderung der adaptiven Erklärkompetenz

- F1.1** Kann die adaptive Erklärkompetenz II (Handeln) durch Kodierung videografiertes, unterrichtlicher Erkläreinheiten objektiv, reliabel und valide gemessen werden?
- F1.2** Hat das universitäre Seminar „Erklären und Reflektieren im Chemieunterricht“ einen positiven Effekt auf die adaptive Erklärkompetenz der Studierenden?

- F1.3** Unterscheidet sich die Zunahme der adaptiven Erklärkompetenz bei Studierenden, die dreimal adaptiv Handeln von den Lehramtsstudierenden, die nur zweimal vor Schüler:innen adaptiv erklären?
- F1.4** Kann die adaptive Erklärkompetenz quantitativ durch den entwickelten Videovignettest objektiv, reliabel und valide gemessen werden?
- F1.5** Haben die beobachtenden und fremdreflektierenden Studierenden einen vergleichbaren Zuwachs in der adaptiven Erklärkompetenz I (Planung), dem Test zur adaptiven Erklärkompetenz und den Kurzerklärvideos wie Studierende, die mehrfach selbst adaptiv im Seminar handeln und ihre eigenen Erkläreinheiten reflektieren?

Zusammenhang der Reflexions- und adaptiven Erklärkompetenz

- F2** Entwickeln Studierende mit einer höheren Reflexionskompetenz auch eine höhere adaptive Erklärkompetenz (I und II) als Studierende mit einer niedrigeren Reflexionskompetenz?

Studiendesign und Methoden

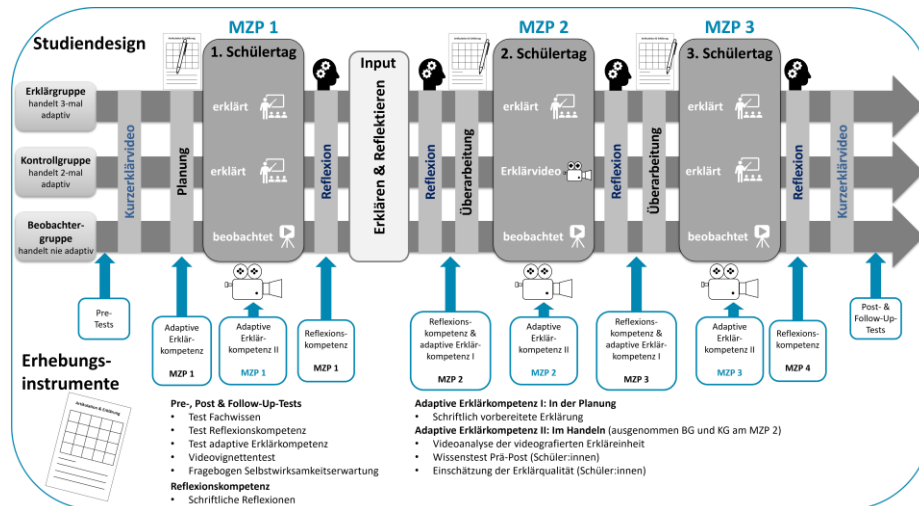


Abb. 1 Studiendesign und Methoden

Die am Forschungsprojekt teilnehmenden Chemielehramtsstudierenden werden in drei Gruppen eingeteilt: Erklärgruppe (EG), Beobachtergruppe (BG) und Kontrollgruppe (KG). Im Verlauf des entwickelten universitären Seminars zum Thema „adaptives Erklären und Reflektieren im Chemieunterricht“ planen alle Studierenden eine Erkläreinheit von zwanzig Minuten zum Unterrichtsgegenstand „chemische Reaktion und Energetik“. Die Planungen der Erkläreinheit müssen vorab von den Studierenden ausformuliert werden. Die EG sowie die KG halten diese vor Schüler:innen einer neunten Jahrgangsstufe (Schülertage), während sie videografiert werden. Mithilfe der im Seminar vermittelten fachdidaktischen Inhalte zum „guten adaptiven Erklären und Reflektieren“, werden die Unterrichtsvideografien im Anschluss reflektiert und überarbeitet. Die Überarbeitungen werden erneut vor einer anderen Klasse gehalten und videografiert. Die EG hat die Möglichkeit, dreimal adaptiv vor Schulklassen zu erklären, anschließend die Unterrichtsvideos zu reflektieren (Selbstreflexion) und die Erkläreinheit zu überarbeiten. Die Kontrollgruppe hat nur zweimal die Möglichkeit,

adaptiv vor Schüler:innen zu handeln und die dabei entstehenden Unterrichtsvideografien zu reflektieren und zu überarbeiten. Die Beobachtergruppe plant ebenfalls eine Erkläreinheit von zwanzig Minuten, führt diese aber nicht mit einer Schulklasse durch und handelt somit nie adaptiv. Diese Gruppe beobachtet den Unterricht einer Person der Erklärgruppe (gleiches Thema), reflektiert das entstehende Unterrichtsvideo des beobachteten Erklärers anschließend (Fremdreflexion) und überarbeitet auf Basis dieser Beobachtung und Fremdreflexion die eigene Planung der Unterrichtsminiatur. Alle Unterrichtsreflexionen erfolgen schriftlich. Zusätzlich bearbeiten die Schüler:innen an den Schülertagen vor und nach jeder Erkläreinheit einen Wissenstest und einen Bewertungsbogen, mit welchem sie die Erklärungen der Studierenden beurteilen. Um auch die Erklärkompetenz der BG, welche nicht vor Schüler:innen erklärt, mit der EG und der KG zu vergleichen, werden zu Beginn und am Ende des Seminars dreiminütige Kurzerklärvideos von allen Studierenden erstellt. Dafür bekommen die Studierenden ein anderes Thema als die Erkläreinheiten der Unterrichtsplanung, haben zwanzig Minuten Zeit, um eine Erklärung für Schüler:innen vorzubereiten und werden im Anschluss videografiert. Die Chemielehramtsstudierenden bearbeiten zusätzlich drei Fragebögen (Selbstwirksamkeitserwartung, Ungewissheitstoleranz und demografische Daten) und vier Tests (Fachwissen, Videovignettentest adaptives Erklären, Reflexions- und adaptive Erklärkompetenz). Der Videovignettentest erfasst das Konstrukt der adaptiven Erklärkompetenz zusätzlich quantitativ. Zunächst sehen die Studierenden einen kurzen Ausschnitt aus in der Pilotierung entstandenen Unterrichtsvideos, welcher einen Unterrichtsdialog mit abschließender Schülerfrage zeigt. Im Anschluss sollen die Studierenden auswählen, welchen Aspekt die Lehrkraft für die nachfolgende Erklärung beachten sollte (Diagnostik). Anschließend bekommen die Studierenden vier mögliche Erklärungen, wobei zwei zum vorher ausgewählten Aspekt passen und zwei nicht. Jeweils (passen zum Aspekt vs. passen nicht zum Aspekt) wird dann eine gute Erklärung und eine nicht ganz so gute Erklärung den Studierenden angeboten und sie müssen sich für eine der vier Erklärungen entscheiden. Im Nachgang werden die Studierenden nach einer Begründung gefragt, warum sie sich für diese Erklärung entschieden haben. Die Studie kombiniert ein Vergleichsgruppen- mit einem Pre-Post-Follow-Up-Testdesign.

Ergebnisse und Ausblick

Erste Ergebnisse der Hauptstudie (SoSe 22; $n = 28$) lassen auf einen signifikanten Wissenszuwachs bezogen auf das deklarative Wissen zum Reflektieren ($t(27) = -2.43$, $p = .022$, $d = -.46$), der adaptiven Erklärkompetenz ($t(27) = -7.16$, $p < .001$, $d = -.66$) und der Einschätzung der Selbstwirksamkeitserwartung ($t(27) = 7.93$, $p < .001$, $d = 1.50$) der Studierenden schließen. Der verwendete Test für die Reflexionskompetenz nach Kobl (2021) weist ein akzeptables Cronbach's Alpha von $\alpha = .67$ auf. Der verwendete Test zur Selbstwirksamkeitserwartung nach Meinhardt et al., (2015) hat eine gute Reliabilität mit $\alpha = .88$ und der Test für die Erklärkompetenz weist eine zufriedenstellende Reliabilität mit $\alpha = .66$ auf. Über eine Varianzanalyse wurde der Einfluss des residualen Lernzuwachses in der Reflexionskompetenz auf die adaptive Erklärkompetenz nachgewiesen (Kovariaten: Adaptive Erklärkompetenz pre, residualer Lernzuwachs Reflexionskompetenz pre/post; $F(1) = 3.81$; $p(\text{einseitig}) = .032$; $\eta^2 = .137$).

Literatur

- Bartels, H. (2018). *Entwicklung und Bewertung eines performanznahen Videovignetentests zur Messung der Erklärfähigkeit von Physiklehrkräften*. Dissertation. *Studien zum Physik- und Chemielernen: Band 264*.
- Beck, E., Baer, M., Guldemann, T., Bischoff, S., Brühwiler, C. & Müller, P. (2008). *Adaptive Lehrkompetenz: Analyse und Struktur, Veränderbarkeit und Wirkung handlungssteuernden Lehrerwissens*. *Pädagogische Psychologie und Entwicklungspsychologie: Bd. 63*. Waxmann.
- Eisenhart, M., Borko, H., Underhill, R. G., Brown, C. A., Jones, D. & Agard, P. (1993). Conceptual knowledge falls through the cracks: Complexities of learning to teach mathematics for understanding. *Journal for Research in Mathematics Education*, 24(1), Artikel 8, 8–40.
- Evans, W. E., Guyson, R. E. (1978). *Clarity of explanation: A powerful indicator of teacher effectiveness*. <https://eric.ed.gov/?id=ED151321>
- Findeisen, S. (2017). *Fachdidaktische Kompetenzen angehender Lehrpersonen*. Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-18390-5>
- Kobl, C. (2021). *Förderung und Erfassung der Reflexionskompetenz im Fach Chemie*. Dissertation. *Studien zum Physik- und Chemielernen: Band 312*.
- Krauss, S., Neubrand, M., Blum, W., Baumert, J., Brunner, M., Kunter, M. & Jordan, A. (2008). Die Untersuchung des professionellen Wissens deutscher Mathematik-Lehrerinnen und -Lehrer im Rahmen der COACTIV-Studie. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 29(3-4), 233–258.
- Kulgemeyer, C. & Tomczyszyn, E. (2015). Physik erklären – Messung der Erklärens-fähigkeit angehender Physiklehrkräfte in einer simulierten Unterrichtssituation. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 21(1), 111–126. <https://doi.org/10.1007/s40573-015-0029-5>
- Kultusministerkonferenz. (2014). *Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften: Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.12.2004 i. d. F. vom 12.06.2014*.
- Meinhardt, C., Rabe, T. & Krey, O. (2015). Quantitative Validierung eines Testinstruments zu Selbstwirksamkeitserwartungen in physikdidaktischen Handlungsfeldern - Erste Ergebnisse. In Bernholt S. (Hrsg.), *Heterogenität und Diversität - Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht* (S. 283–285). Kiel: IPN.
- Parsons, S. (2012). Adaptive Teaching in Literacy Instruction: Case Studies of Two Teachers. *Journal of Literacy Research*, 44(2), 149–170.
- Prediger, S. & Erath, K. (2014). Content, Interaction, or Both? Synthesizing Two German Traditions in a Video Study on Learning to Explain in Mathematics Classroom Microcultures. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 10(4), 313–327.
- Shulman, L. S. (1987). Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1–23. <https://doi.org/10.17763/haer.57.1.j463w79r56455411>
- Wagner, A. & Wörn, C. (2011). *Erklären lernen - Mathematik verstehen: Ein Praxisbuch mit Lernangeboten* (1. Aufl.). Klett Kallmeyer.
- Wyss, C. (2013). *Unterricht und Reflexion: Eine mehrperspektivische Untersuchung der Unterrichts- und Reflexionskompetenz von Lehrkräften* (Bd. 44). Waxmann.

Anna Weißbach¹
Christoph Kulgemeyer¹

¹Universität Bremen

Reflexion von Physikunterricht: Ein Online-Assessment mit Feedback

Reflexion von Unterricht wird häufig als essentielle Kernaufgabe von Lehrkräften verstanden (von Aufschnaiter et al. 2019). Sie soll einerseits der Verbesserung von Unterricht dienen (ebd.) und andererseits als Mechanismus für die Generierung von Wissen aus Praxiserfahrung fungieren (McAlpine et al., 1999). Allerdings zeigt sich, dass Reflexionen von Studierenden häufig auf niedrigen Niveaus verbleiben (z. B. Hatton & Smith, 1995) und Lerngelegenheiten wie das Praxissemester nicht per se zu einer Verbesserung von Reflexionsfähigkeit führen (Kulgemeyer et al., 2021). Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, wie Studierende bei der Entwicklung von Reflexionsfähigkeit unterstützt werden können. Im Rahmen des Projekts *ProfiLeP-Transfer* wurde dazu eine Lernumgebung entwickelt, die ein Diagnose-Instrument mit Assessment-Feedback und einem Fördermaterial koppelt. Nachfolgend werden die entwickelten Materialien sowie erste Ergebnisse von Validitätsstudien vorgestellt.

Reflexion von Physikunterricht

Verschiedene Definitionen verstehen Reflexion zwar übereinstimmend als „(höherwertige[n]) Denkprozess“ (von Aufschnaiter, Fraij & Kost, 2019, S. 146), unterscheiden sich darüber hinaus allerdings deutlich z. B. in Bezug auf teilnehmende Personen oder den zeitlichen Bezug zur Handlung (Szogs et al., 2019). In diesem Projekt wird Reflexion von Unterricht verstanden als die „theoriegeleitete Analyse von Unterricht mit dem Ziel der Verbesserung der Unterrichtsqualität und der Entwicklung der Professionalität von Lehrkräften“ (Kempin, Kulgemeyer & Schecker, 2020, S. 439). Ergänzt wird diese Definition durch das von Nowak, Kempin, Kulgemeyer und Borowski (2019) entwickelte Modell zur Bewertung der Qualität von Reflexionen. Das Modell wurde auf Grundlage verschiedener Stufenmodelle (u. a. von Plöger, Scholl & Seifert, 2015) entwickelt und klassifiziert Aussagen in Bezug auf (1) die vorliegenden Aussagetypen bzw. *Elemente der Reflexion* (wird z. B. Unterrichtshandeln beschrieben oder bewertet, werden alternative Handlungsoptionen vorgeschlagen oder Konsequenzen für die Professionalität der Lehrperson gezogen?). Zudem wird eingestuft, ob diese Elemente (2) *begründet* werden und (3) welcher *Wissensbasis des Professionswissens* sie zuzuordnen sind (Sind es fachdidaktische, fachliche oder pädagogische Überlegungen?).

Die entwickelte Lernumgebung

Zur Unterstützung der Studierenden bei der Entwicklung der eigenen Reflexionsfähigkeit wurde eine dreiteilige Lernumgebung bestehend aus einem geschlossenen Diagnose-Instrument, sich anschließendem Assessment-Feedback und einem Fördermaterial entwickelt (einsehbar unter: www.unterrichtsreflexion.de). Die ausführliche Rückmeldung soll durch die Ableitung von „Verbesserungshinweise[n] die lernförderliche Wirkung“ (Sippel, 2009, S. 9) sicherstellen und fundierte Selbsteinschätzung ermöglichen. Während der Bearbeitung des Diagnose-Instruments sind Studierende dazu aufgefordert, sieben Videovignetten einer zusammenhängenden Physik-Doppelstunde, die ausgewählte physikdidaktische, physikalische und allgemeinpädagogische Probleme beinhalten, im Rahmen einer fiktiven

kollegialen Beratungssituation zu reflektieren (Fremdreflexion). Zur Reflexion der Vignetten werden 16 verschiedene Aspekte vorgegeben, zu denen jeweils eine Multiple-Choice-Aufgabe zur Bewertung sowie zu alternativen Handlungsoptionen bearbeitet wird. Die Attraktoren und Distraktoren basieren auf realen Reflexionen von insgesamt über 150 Studierenden im Praxissemester zu denselben Videovignetten und sollen so authentische Antwortoptionen abbilden (näheres in Weißbach und Kulgemeyer (2022)). Nach der Bearbeitung des Diagnose-Instruments erhalten Studierende ein individuelles Feedback über ihr Abschneiden. Das Assessment-Feedback beinhaltet neben kurzen Erläuterungen zum Diagnose-Instrument und zur Unterrichtsreflexion Boxplots, in denen die eigenen (Gesamt- und Teil-) Ergebnisse in eine Vergleichsgruppe eingeordnet werden sowie den Hinweis auf ein Fördermaterial. Dieses Material ermöglicht den Studierenden im Sinne des „feed forward“ (Hattie & Timperley, 2007, S. 86) eine selbstständige Beschäftigung mit Unterrichtsreflexion, indem drei weitere Unterrichtsausschnitte angeleitet reflektiert werden können. Dazu stehen allgemeine Leitfragen, spezifische Tipps und eine Musterlösung als Hilfestellungen zur Verfügung.

Validitätsargumentation zur Evaluation der Lernumgebung

Die einzelnen Bestandteile der Lernumgebung sollen es einerseits ermöglichen, die Fähigkeit, Unterricht zu reflektieren, valide zu erfassen und andererseits ökonomisch (regelmäßiges) Feedback nach Bedarf bereitzustellen, um die weitere Beschäftigung mit Unterrichtsreflexion zu motivieren und die Studierenden bei der Entwicklung ihrer Reflexionsfähigkeit zu unterstützen. Zur Evaluation dieser Anforderungen wird im Sinne des Argument-based-Approach nach Kane (2013) eine Argumentation für die Validität der Testwerte als Maß für die Reflexionsfähigkeit der Studierenden entwickelt. In Anlehnung an Dickmann (2016) werden dazu die Übersetzungsschritte, ausgehend vom Konstrukt der Reflexionsfähigkeit über das entwickelte Diagnose-Instrument, das dadurch evozierte Verhalten, die bestimmten Testwerte bis hin zu den Schlussfolgerungen, die sich für Studierende aus ihrer Rückmeldung ergeben, anhand verschiedener Anforderungen evaluiert (s. Abbildung 1).

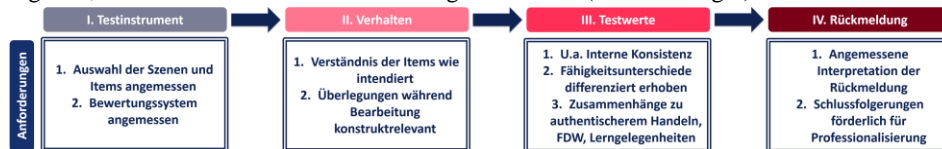


Abb. 1: Für die Validitätsargumentation zu evaluierende Anforderungen

Erste Ergebnisse der Evaluation

Zur Evaluation der Anforderungen an die einzelnen Übersetzungsschritte werden unterschiedliche Erhebungsmethoden genutzt. So wird das bei der Bearbeitung des Diagnose-Instruments evozierte Verhalten im Rahmen von Think-Aloud-Interviews erhoben. Die Analyse der Testwerte erfolgt auf Grundlage statistischer Kennwerte und die Interpretation der Rückmeldung und Wahrnehmung des Fördermaterials durch die Studierenden wird in leitfadengestützten Interviews erfragt. In Bezug auf die Anforderungen zu *II. Verhalten* zeigt sich in $N = 7$ Think-Aloud-Interviews, dass die Studierenden während der Bearbeitung des Diagnose-Instruments überwiegend konstruktrelevante Überlegungen anstellen, d. h. entweder (Elemente von) Reflexionen oder sonstige Aussagen mit direktem Bezug zum dargestellten Unterricht oder zur eigenen Professionalisierung äußern. Diese Ergebnisse

stützten also die Validitätsargumentation. Etwa 14,5 % der vorliegenden Segmente wurden zusätzlich von einer zweiten Person kodiert, wobei sich für die verschiedenen Kategorien jeweils signifikante mittelmäßige bis sehr gute Übereinstimmungen von $0,54 \leq \kappa_{\text{Cohen}} \leq 0,91$ ($p < 0,001$) ergeben (Döring & Bortz, 2016). Geringe, im Rahmen der Interviews festgestellte, Überarbeitungsbedarfe in Bezug auf Formulierungen im Testinstrument sind umgesetzt und somit nicht gefährdend für die Validität. Die Prüfung der statistischen Kennwerte zu *III. Testwerte* ist mit dem bisherigen Datenpool ($N = 89$ Bearbeitungen) aufgrund der noch nicht abgeschlossenen Erhebungen als vorläufig zu betrachten. Auch hier ergeben sich allerdings bislang Ergebnisse, die die Validitätsargumentation stützen: Die Multiple-Choice-Aufgaben zum Bewerten der Unterrichtsausschnitte und zum Vorschlagen von Alternativen weisen eine hohe interne Konsistenz von $\alpha_{\text{Cronbach}} = 0,955$ auf. Für die Aufgaben ergeben sich außerdem akzeptable Aufgabenschwierigkeiten von $\bar{\sigma} 0,63$ (0,36 bis 0,88) bei durchschnittlich hoher Trennschärfe von $\bar{\sigma} 0,62$ (0,26 bis 0,81) (Döring & Bortz, 2016). Gleichzeitig zeigt sich kein signifikanter Zusammenhang zwischen Testwerten und Fachsemester der Studierenden, welcher aufgrund der zunehmenden Anzahl an Lerngelegenheiten im Verlauf des Studiums erwartbar wäre. Die Evaluation von Rückmeldung und Fördermaterial zu *IV. Rückmeldung* erfolgt durch eine qualitative Inhaltsanalyse von $N = 6$ leitfadengestützten Interviews. Hier zeigt sich, dass die Studierenden das erhaltene Assessment-Feedback überwiegend sinnvoll interpretieren. So werden Ergebnisse primär anhand der Einordnung in die Vergleichsgruppe bewertet, was i. d. R. in einer positiven Bewertung von Ergebnissen über dem Median resultiert (z. B. „[D]iese Rückmeldung ist ja sehr positiv[, w]eil das Ergebnis hier im oberen Mittel liegt“) oder zur Identifikation von Verbesserungspotential bei Ergebnissen unter dem Median führt, die allerdings kaum mit konkreten Schlussfolgerungen verbunden ist (z. B. „Schülvorstellungen würde ich mir dann wahrscheinlich nochmal angucken, hätte ich die Zeit“). Dem Fördermaterial wird von den Studierenden insgesamt ein Mehrwert attestiert (z. B. „[I]ch fand [...] das Material hilfreich, um überhaupt die Situation einzuschätzen.“). Auch im Fördermaterial sind auf Grundlage der Interviews leichte Änderungen zur Reduktion von Redundanz umgesetzt worden. Insgesamt sprechen diese Ergebnisse also dafür, dass das bereitgestellte Assessment-Feedback in Kombination mit dem Fördermaterial die gestellten Anforderungen erfüllt und somit einen Beitrag zur Validität liefert. Zusätzlich gestützt wird diese Schlussfolgerung durch vergleichbare Ergebnisse einer ähnlichen Interviewstudie ($N = 6$), die zu einer früheren Version der Rückmeldung durchgeführt wurde: Auch hier konnte festgestellt werden, dass die Studierenden sich bei der Einordnung ihrer Ergebnisse häufig an den Ergebnissen der Vergleichsgruppe orientieren und als Schlussfolgerung der Rückmeldung Verbesserungspotentiale formulieren (Weißbach & Kulgemeyer, 2022).

Ausblick

Das geschlossene Aufgabenformat im Diagnose-Instrument geht im Vergleich zu realen Reflexionshandlungen mit einer stark reduzierten Authentizität einher. Der im Rahmen der Projekts *ProfiLeP+* entwickelte Performanztest zur Unterrichtsreflexion (Kempin, Kulgemeyer & Schecker, 2018) ermöglicht im Vergleich dazu authentisches Handeln bei gleichzeitiger Standardisierung der Testsituation. Um die Ergebnisse des Diagnose-Instruments mit Ergebnissen authentischeren Reflexionshandelns in Verbindung zu setzen, sollen künftig Zusammenhänge zwischen Ergebnissen beider Instrumente untersucht werden.

Literatur

- Dickmann, M. (2016). *Messung Von Experimentierfähigkeiten. Validierungsstudien zur Qualität eines Computerbasierten Testverfahrens*. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.168540>
- Döring, N. & Bortz, J. (2016). *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften*. Berlin, Heidelberg: Springer. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-642-41089-5>
- Hattie, J. & Timperley, H. (2007). The Power of Feedback. In: *Review of Educational Research* 77(1), S. 81-112. DOI: <https://doi.org/10.3102/003465430298487>
- Hatton, N. & Smith, D. (1995). Reflection in teacher education: Towards definition and implementation. In: *Teaching and Teacher Education* 11(1), S. 33-49. DOI: [https://doi.org/10.1016/0742-051X\(94\)00012-U](https://doi.org/10.1016/0742-051X(94)00012-U)
- Kane, M. T. (2013). Validating the Interpretations and Uses of Test Scores. *Journal of Educational Measurement* 50(1), S. 1-73. DOI: <https://doi.org/10.1111/jedm.12000>
- Kempin, M., Kulgemeyer, C. & Schecker, H. (2018). Reflexion von Physikunterricht: Ein Performanztest. In Maurer, C. (Hrsg.), *Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht – normative und empirische Dimensionen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Regensburg 2017*. Regensburg: Universität Regensburg, S. 867-870.
- Kempin, M., Kulgemeyer, C. & Schecker, H. (2020). Wirkung von Professionswissen und Praxisphasen auf die Reflexionsfähigkeit von Physiklehramtsstudierenden. In: Habig, S. (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Kompetenz in der Gesellschaft von morgen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Wien 2019*. Essen: Duisburg-Essen, S. 439-442.
- Kulgemeyer, C., Kempin, M., Weißbach, A., Borowski, A., Buschhüter, D., Enkrott, P., Reinhold, P., Riese, J., Schecker, H., Schröder, J. & Vogelsang, C. (2021). Exploring the impact of pre-service science teachers' reflection skills on the development of professional knowledge during a field experience. *International Journal of Science Education*, 43(18), S. 3035-3057. DOI: <https://doi.org/10.1080/09500693.2021.2006820>
- McAlpine, L., Weston, C., Beauchamp, C., Wiseman, C., & Beauchamp, J. (1999). Monitoring student cues: Tracking student behaviour in order to improve instruction in Higher Education. *The Canadian Journal of Higher Education*, 29(3), S. 113-144. DOI: <https://doi.org/10.47678/cjhe.v29i3.183335>
- Nowak, A., Kempin, M., Kulgemeyer, C & Borowski, A. (2019). Reflexion von Physikunterricht. In: Maurer, C. (Hrsg.). *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe*. Regensburg: Universität Regensburg, 838-841.
- Plöger, W., Scholl, D. & Seifert, A. (2015). Analysekompetenz - ein zweidimensionales Konstrukt?! *Unterrichtswissenschaft. Zeitschrift für Lernforschung* 43(2), S. 166-184.
- Sippel, S. (2009). Zur Relevanz von Assessment-Feedback in der Hochschullehre. In: *Zeitschrift für Hochschulentwicklung* 4(1), S. 1-22.
- Szogs, M., Kobl, C., Volmer, M. & Korneck, F. (2019). Bedeutsamkeit von Reflexion und Reflexivität in der Professionalisierung von Lehrkräften sowie ihre Beziehung zu anderen Prozessen und Konstrukten. In: Maurer, C. (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Kiel 2018*. Regensburg: Universität Regensburg, S. 317-320.
- Von Aufschnaiter, C., Fraij, A. & Kost, D. (2019). Reflexion und Reflexivität in der Lehrerbildung. In: *Herausforderung Lehrer_innenbildung - Zeitschrift zur Konzeption, Gestaltung und Diskussion* 2(1), S. 144-159. DOI: <https://doi.org/10.4119/UNIBI/hlz-144>
- Von Aufschnaiter, C., Hofmann, C., Geisler, M. & Kirschner, S. (2019). Möglichkeiten und Herausforderungen der Förderung von Reflexivität in der Lehrerbildung. In: *SEMINAR* 25(1), S. 49-60. Weißbach, A. & Kulgemeyer, C. (2022). Reflexion von Physikunterricht – ein Online-Assessment mit Feedback. In: Habig, S. & van Vorst, H. (Hrsg.), *Unsicherheit als Element von naturwissenschaftsbezogenen Bildungsprozessen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Virtuelle Jahrestagung 2021*. GDCCP, S. 756-759.

Anna Nowak¹
 Lukas Mientus¹
 Peter Wulff²
 Andreas Borowski¹

¹Universität Potsdam
²Pädagogische Hochschule Heidelberg

Zielklarheit als Qualitätsmerkmal in schriftlichen Reflexionstexten

In nationalen und internationalen Standards der Lehrer:innenausbildung wird die Reflexion von Unterricht gefordert (KMK, 2004; InTASC, 2013). Ziele von Reflexion im Kontext der Lehrer:innenbildung sind vor allem die eigene professionelle Weiterentwicklung (*internales Ziel*) und die Verbesserung des Unterrichts (*externales Ziel*) (von Aufschnaiter et al., 2019). Es gibt viele verschiedene Definitionen und Verständnisse von „Reflexion“ (u.a. Clará, 2015; Hatton & Smith, 1995). Nach Dewey (1933) ist Reflexion eine besondere Form des Denkens, die ein Zurück- und Vorausschauen beinhaltet (Valli, 1997). An ihrem Anfang kann dabei ein positiver oder negativer Reflexionsanlass stehen (Boud et al., 2005; Dewey, 1933). Zu diesem Anlass sollte ein begründeter Standpunkt eingenommen werden (Leonhard & Rihm, 2011) und Alternativen für die Verbesserung von Unterricht und Ideen für die eigene professionelle Weiterentwicklung in Form von Konsequenzen entwickelt werden (Nowak et al., 2019). Reflexionstiefe ist ein Merkmal, um die Qualität von Reflexion einzuschätzen, meist in Form von Stufenmodellen, die von deskriptiver Reflexion bis zu kritischer Reflexion reichen. Empirische Analysen zeigen, dass Studierende tendenziell auf einer deskriptiven Ebene reflektieren (u.a. Hatton & Smith, 1994; Wyss, 2013; Chamoso & Cáceres, 2009). In diesen Studien wird nicht zwischen den beiden Zielen differenziert, sodass im Rahmen dieser Studie mit Hilfe der nachfolgenden Definitionen Selbstreflexionstexte fokussierter untersucht wurden, um dem externalen und internalen Ziel gerecht zu werden bzw. deren Umsetzung überprüfen zu können.

Verständnis von Reflexionstiefe in dieser Studie

Es ist wichtig, die beiden Ziele (*external* und *internal*) klar im Blick zu behalten, um einen qualitativ hochwertigen Reflexionstext verfassen bzw. einschätzen und erkennen zu können. Darauf aufbauend wird Reflexionstiefe in dieser Studie folgendermaßen definiert:

Bezogen auf das *externale Ziel* - Reflexionstiefe zeigt sich darin, dass *ein* Reflexionsanlass (fachlich) angemessen begründet beschrieben und bewertet wird und dazu passende Alternativen ausführlich diskutiert werden, mit dem Ziel der Verbesserung des eigenen Unterrichts.

Bezogen auf das *internale Ziel* - Reflexionstiefe zeigt sich darin, dass *ein* Reflexionsanlass (fachlich) angemessen begründet beschrieben und bewertet wird und dazu passende Konsequenzen ausführlich diskutiert werden, mit dem Ziel der eigenen professionellen Entwicklung.

Vorstellung der Studie und Methodik

Intention dieser Studie ist es, die Zielklarheit der Reflexion in der Reflexionstiefe zu erfassen. Die Datenerhebung fand über drei Semester in den Jahren 2017/2018 statt. Die insgesamt 22

Praxissemesterstudierenden (4 w, 18 m) haben theoretisch angeleitet jeweils 6 schriftliche Selbstreflexionen verfasst, sodass insgesamt 132 Texte vorlagen.

Um die Codierung standardisiert und anschlussfähig umsetzen und mehr relevante Informationen codieren zu können (Stede et al., 2016), wurden zunächst alle Texte in elementare Diskurseinheiten segmentiert (Interraterübereinstimmung: 96,8%). In einem weiteren Schritt wurden alle Stellen, die inhaltlich mit einem positiven oder negativen Reflexionsanlass in Bezug stehen, als zusammengehörig codiert (Interraterübereinstimmung nach Brennan & Prediger (1981): $K=0.91$; „almost perfect“ nach Landis & Koch (1977)).

Mit der Absicht, das Erreichen der *externalen* und *internalen* Ziele überprüfen zu können, wurde die Analyse zur Reflexionstiefe nicht textweise durchgeführt, sondern es wurde die Vollständigkeit einzelner Diskussionen zu den Reflexionsanlässen (positiv/negativ) in Bezug auf die Ziele einer Reflexion (*external/ internal*) überprüft. Beispielsweise kann ein external negativer Anlass sein, dass die Schüler:innen nicht in der Lage waren, die Aufgabe zu lösen. Alle weiteren Stellen die auf dieses Problem, den Umgang damit oder Ideen zur Verbesserung eingehen werden dann als zusammengehörig codiert.

Dadurch ergeben sich für die Reflexionstiefe die 4 Bereiche, für die jeweils im Hinblick auf die obige Definition von Reflexionstiefe mit einer deduktiv entwickelten Feincodierung die Vollständigkeit überprüft wurde:

- *External* positiv/negativ (positiver/negativer Reflexionsanlass, mit dem Ziel den Unterricht zu verbessern; $K=0.73/ K=0.85$; moderate/ (almost) perfect nach Landis & Koch (1977))
- *Internal* positiv/negativ (positiver/negativer Reflexionsanlass, mit dem Ziel der professionellen Weiterentwicklung; $K=0.71/ K=0.79$; jeweils moderate nach Landis & Koch (1977))

Die Ausführungen zu einem Reflexionsanlass wurden dann in das nachfolgende Bewertungsschema eingeordnet, dabei wurde jeweils das Vorhandensein einzelner Abschnitte nach Definition von Reflexionstiefe überprüft und entsprechend „bepunktet“, sodass ein Wert zwischen 0 (es wird nichts in diesem Bereich reflektiert) und 1 (ein Reflexionsanlass wird vollständig reflektiert) entstand und einem der drei Qualitätsstufen zugeordnet wurde (Intervallgrenzen für external und internal siehe *Abb. 1*):

- Deskriptive Reflexion: Ausführungen eher beschreibend und bewertend
- Instrumentelle Reflexion: Formal wurden alle Elemente einer Reflexion abgearbeitet, aber es wurde keine ausführliche Alternative/ Konsequenz beschrieben
- Produktive Reflexion: Konstruktive Kritik, mögliche Alternativen wurden ausführlich und nachvollziehbar dargestellt/ eine anknüpfähige Konsequenz wurde gefunden

Erste Ergebnisse

Insgesamt wurden in den 132 Texten 536 Reflexionsanlässe gefunden und codiert. Zwei Drittel der Reflexionsanlässe waren negativ und wurden anschließend entweder *external* oder *internal* diskutiert, nur ein Drittel der Anlässe waren positive Erlebnisse.

Knapp die Hälfte aller Reflexionsanlässe fällt in den Bereich „*External* negativ“, d.h. es gab einen negativen Reflexionsanlass, der mit dem Ziel, den Unterricht zu verbessern, reflektiert wurde. 82% der Reflexionsanlässe wurden im Hinblick auf das *externale* Ziel, also die Verbesserung von Unterricht, reflektiert, nur 18% im Hinblick auf das *internale* Ziel (eigene professionelle Weiterentwicklung). In *Abb. 1* sind die Ergebnisse bezogen auf die Reflexionstiefe für die vier Teilbereiche dargestellt.

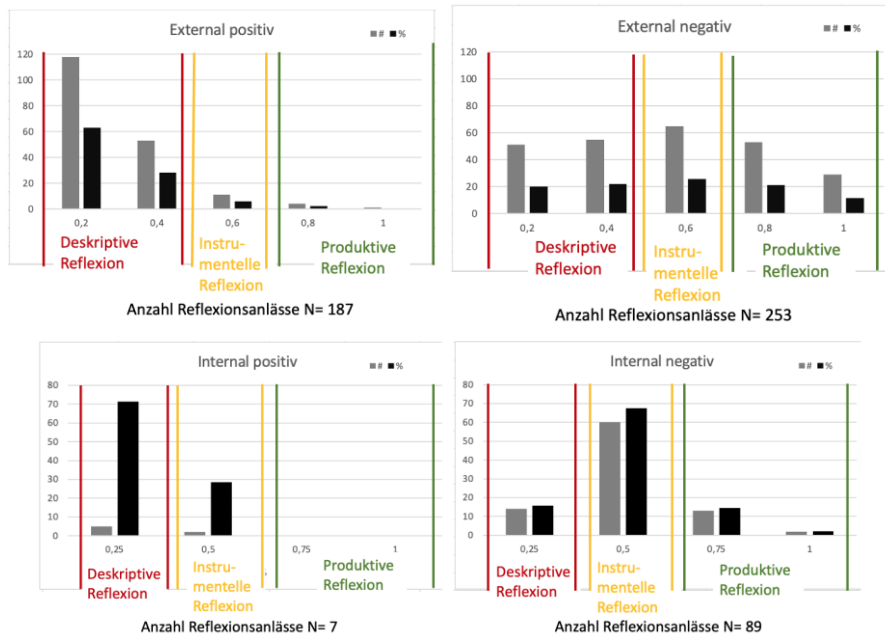


Abb. 1: Darstellung der Ergebnisse zur Reflexionstiefe für die 4 Bereiche

Erkennbar ist hier, dass die Überlegungen zu positiven Reflexionsanlässen sowohl beim *externalen* als auch im *internalen* Ziel eher im Bereich „Deskriptive Reflexion“ verbleiben, d.h. etwas wird zwar als positiv erkannt, aber es wird dann nicht differenzierter reflektiert. Für die negativen Reflexionsanlässe wird auch der Bereich der „Produktiven Reflexion“ erreicht, d.h. negative Reflexionsanlässe führen häufiger dazu, dass über die Verbesserung von Unterricht oder die eigene professionelle Weiterentwicklung nachgedacht wird.

Ausblick

Das Modell zur Reflexionstiefe ist in vielerlei Hinsicht im Rahmen der Physikdidaktik nutzbar:

- Studierenden können mögliche Kriterien für eine qualitativ hochwertige Reflexion aufgezeigt und die Ziele von Reflexion erläutert werden, wobei das Modell als Hilfestellung dient.
- Die Güte von Reflexionstexten kann eingeschätzt werden, sodass ein theoriegeleitetes Feedback in Praxisphasen möglich ist.
- Innerhalb der Forschung ist es geeignet, um bspw. die Entwicklung der Reflexionstiefe in den Texten einzelner Studierender innerhalb eines Praxiszeitraums zu untersuchen.
- In Verbindung mit weiteren Analysen, bspw. zu den Inhalten einer Reflexion, können Einblicke in die qualitativen Unterschiede der Texte erlangt werden.

Anmerkung

Die vorliegende Arbeit wurde gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen der Qualitätsinitiative Lehrerbildung (Projekt PSI Potsdam).

Literatur

- Boud, D., Keogh, R., & Walker, D. (1994). *Reflection: Turning Experience into Learning*. New York: Nichols Publishing Company.
- Brennan, R. L., & Prediger, D. J. (1981). Coefficient Kappa: Some Uses, Misuses, and Alternatives. *Educational and Psychological Measurement*, 41(3), 687–699. <https://doi.org/10.1177/001316448104100307>
- Chamoso, J. M. & Cáceres, M. J. (2009). Analysis of the reflections of student-teachers of mathematics when working with learning portfolios in Spanish university classrooms. *Teaching and Teacher Education*, 25, 198-206. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2008.09.007>
- Clarà, M. (2015). What Is Reflection? Looking for Clarity in an Ambiguous Notion. *Journal of Teacher Education*, 66(3), 261–271. <https://doi.org/10.1177/00224871.14552028>
- Dewey, J. (1933). *How We Think: A Restatement of the Relation of Reflective Thinking to the Educative Process*. Boston, MA, & New York: D.C. Heath & Co.
- Hatton, N., & Smith, D. (1995). Reflection in Teacher Education: Towards Definition and Implementation. *Teaching and Teacher Education*, 11 (1), 33–49. [https://doi.org/10.1016/0742-051X\(94\)00012-U](https://doi.org/10.1016/0742-051X(94)00012-U).
- InTASC (2013). *Interstate Teacher Assessment and Support Consortium InTASC Model Core Teaching Standards and Learning Progressions for Teachers 1.0: A Resource for Ongoing Teacher Development*. Washington, DC. Zugriff am 21.10.2022. https://ccsso.org/sites/default/files/2017-12/2013_INTASC_Learning_Progressions_for_Teachers.pdf
- KMK (Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland) (2004). *Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften*. Zugriff am 21.10.2022. http://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Standards-Lehrerbildung.pdf.
- Landis, J. R., & Koch, G. G. (1977). The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. *Biometrics*, 33(1), 159. [doi:10.2307/2529310](https://doi.org/10.2307/2529310)
- Leonhard, T., & Rihm, T. (2011). Erhöhung der Reflexionskompetenz durch Begleitveranstaltungen zum Schulpraktikum? – Konzeption und Ergebnisse eines Pilotprojekts mit Lehramtsstudierenden. *Lehrerbildung auf dem Prüfstand*, 4 (2), 240-270.
- Nowak, A., Kempin, M., Kulgemeyer, C. & Borowski, A. (2019). Reflexion von Physikunterricht. In: Maurer, C., Hrsg.: *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Kiel 2018*. Universität Regensburg, 838-841.
- von Aufschnaiter, C., Fraij, A., & Kost, D. (2019). Reflexion und Reflexivität in der Lehrerbildung. *Herausforderung Lehrer*innenbildung - Zeitschrift Zur Konzeption, Gestaltung Und Diskussion*, 2(1), 144–159. <https://doi.org/10.4119/hlz-2439>
- Wyss, C. (2013). *Unterricht und Reflexion: Eine mehrperspektivische Untersuchung der Unterrichts- und Reflexionskompetenz von Lehrkräften*. Münster: Waxmann.

Jens Damköhler¹
 Markus Elsholz¹
 Thomas Trefzger¹

¹Universität Würzburg

Selbst- und Fremdrelexionsprozesse im Lehr-Lern-Labor-Seminar

Einleitung

Praxisphasen und Veranstaltungen, in denen angehende Lehrkräfte praktische Erfahrungen sammeln, nehmen in der Ausbildung von Lehrkräften aller Schularten und länderübergreifend eine bedeutende Rolle ein. Eine Möglichkeit der Ausgestaltung solcher Veranstaltungen bilden Lehr-Lern-Labore (LLL), bei denen Studierende kleine Gruppen von Schüler*innen an vorbereiteten Stationen in komplexitätsreduzierten Situationen unterrichten und so erste praktische Erfahrungen sammeln. Fach- und publikationsübergreifend wird der Reflexion im Prozess der Ausbildung und Professionalisierung von Lehrkräften eine zentrale Rolle zugeschrieben (Damköhler, Elsholz & Trefzger, akzeptiert).

In der geplanten Studie im LLL-Seminar der Universität Würzburg sollen Reflexionsprozesse bei Studierenden angestoßen und untersucht werden. Insbesondere sollen die gewonnenen Erkenntnisse der Ausschärfung des Reflexionsbegriffs und dem Verständnis von Facetten einer angenommenen Reflexionskompetenz zu Gute kommen.

Verständnis von Reflexion

Obwohl sich so gut wie alle vorhandenen Arbeiten zu Reflexionsprozessen in ihrem Ursprung auf John Dewey (1910) berufen, finden sich heute in der Literatur unterschiedliche und teils stark divergierende Vorstellungen von Reflexion (Nguyen, 2015; Aeppli & Lötscher, 2016). Die geplante Studie schließt in wesentlichen Punkten an folgender Arbeitsdefinition von Aufschnaiters (2019) an:

„Reflexion ist ein Prozess des strukturierten Analysierens, in dessen Rahmen zwischen den eigenen Kenntnissen, Fähigkeiten, Einstellungen/Überzeugungen und/oder Bereitschaften und dem eigenen, situationsspezifischen Denken und Verhalten (z.B. bei der Betrachtung einer Situation, der Bearbeitung einer Aufgabe oder als Schüler_in/Lehrkraft/Dozent_in im Unterricht/Seminar) eine Beziehung hergestellt wird, mit dem Ziel, die eigenen Kenntnisse, Einstellungen ... und/oder das eigene Denken und Verhalten (weiter-)zuentwickeln.“

Vor allem wird der Definition von Aufschnaiters insofern gefolgt, dass Reflexion als ein Prozess verstanden wird, der intentional individuelle Dispositionen, zu denen explizit nicht nur kognitive Dispositionen gezählt werden, und situationales Verhalten in Bezug setzt. Eine solche „Bezugsetzung“ erfordert dem dieser Studie zu Grunde liegenden Verständnis nach allerdings nicht zwangsläufig eine eigene aktive Situationsteilnahme. Auch die Reflexion einer beobachteten Situation, also die Herstellung von Beziehungen zwischen einer beobachteten Situation und individuellen Dispositionen, erscheint möglich.

Ein ähnliches Verständnis von Reflexion findet man bei Kulgemeyer et al. (2021), wo Reflexion als „theory-based analysis of teaching with the goal of improving the quality of instruction and/or leading to further development as a science teacher“ definiert wird. Kulgemeyer et al. beziehen sich bei ihrer Definition auf von Aufschnaiter, grenzen sich aber von dieser durch die Möglichkeit, Unterricht anderer Lehrkräfte zu reflektieren, explizit ab.

In der geplanten Studie werden, um eine differenzierte Betrachtung der beiden unterschiedlichen Perspektiven zu ermöglichen, die Begriffe „Selbstreflexion“ und „Fremdreflexion“ verwendet, durch die jeweils das Reflexionsobjekt gekennzeichnet wird.

Reflexionskompetenz und Strukturmerkmale von Reflexionsprozessen

Die Förderung von Reflexion wird bei Lehrkräften seit langer Zeit als wünschenswert angesehen. Während Dewey (1933) Reflexivität noch primär als eine Kombination verschiedener Haltungen beschreibt, setzte sich in den vergangenen Jahrzehnten, wie Wyss (2013) in ihrem Dissertationsprojekt darlegt, zunehmend eine Vorstellung von Reflexivität als Fähigkeit oder auch „Reflexivität als Kompetenz“ (von Aufschnaiter, Fraij & Kost, 2019) durch. Von Aufschnaiter (2019) formuliert in Anlehnung an Blömeke et al. (2015) eine Reflexionskompetenz, welche die Elemente der Dispositionen, situativen Fähigkeiten und der Performanz enthält und zueinander in Beziehung setzt.

Mit dem Ziel der systematischen Förderung von Reflexivität geht der Wunsch einher, die Qualität von abgelaufenen Reflexionen messbar, bzw. beurteilbar, zu machen. Hierfür existieren unterschiedliche Ansätze, von denen auch einige bei Wyss (2013) beschrieben werden. Häufig findet man in den vergangenen Jahren Ratingverfahren (z.B. Boshuis, 2021), die auf Basis eines Reflexionsablaufschemas (z.B. das ERTO-Schema nach Krieg & Kreis, 2014) hierarchische Ebenen definieren und dann vorliegende Reflexionsprodukte entsprechend dieser bewerten. Neben der so erhaltenen Reflexionstiefe und einer sich beispielsweise aus der Unterschiedlichkeit der in der Reflexion thematisierten Aspekte ergebenden Reflexionsbreite finden sich in weiteren Veröffentlichungen etliche weitere Strukturmerkmale, die für eine Qualitätsbeurteilung relevant sein könnten. Von Aufschnaiter, Fraij & Kost (2019) fassen hier wiederum einige Aspekte zusammen, wie z.B. „Grad des hergestellten Selbstbezuges“, „Grad der Mehrperspektivität“ oder „Grad des Theorie-/Empiriebezugs“. Ob, bzw. inwiefern, sich diese Strukturmerkmale als Qualitätskriterien eignen, wird sicherlich davon abhängen, inwiefern sie charakteristisch für ein Reflexionsprodukt sind und ob sie tatsächlich Rückschlüsse auf die Qualität der zugrunde liegenden Reflexionsprozesse ermöglichen.

LLL-Seminar im M!ND-Center der Universität Würzburg

Das LLL-Seminar Physik an der Universität Würzburg ist eine Pflichtveranstaltung für alle Studierenden des Lehramts an Gymnasien und Realschulen. Es findet innerhalb des M!ND-Centers, dem Mathematischen, Informatischen und Naturwissenschaftlichen Didaktikzentrum der Universität, statt. Das M!ND-Center bildet das fächerübergreifende Koordinationszentrum für Ausbildung und Forschung an der Universität und beheimatet unter seinem Dach verschiedene Fachdidaktiken der Universität Würzburg (Völker & Trefzger, 2010).

Das Lehr-Lern-Labor gliedert sich in zwei Abschnitte: die Vorbereitungsphase und die Durchführungsphase. In der Vorbereitungsphase entwickeln die Studierenden unter Betreuung durch Dozierende Stationen, an denen sie in der späteren Durchführungsphase Gruppen von jeweils 3 - 4 Schüler*innen innerhalb von zirka 30 Minuten physikalische Inhalte vermitteln. Den inhaltlichen Rahmen im WS 2022/23 bildet das Thema Energie, die didaktisch-theoretische Grundlage der Stationen bilden die 5E (Bybee et al., 2006) für das forschend-entdeckende Lernen, die Förderung experimenteller Kompetenz (Nawrath, Maiseyken & Schecker, 2011) und die Basisdimensionen guten Unterrichts (Klieme, Pauli & Reusser,

2009). Zusätzlich digitalisieren die Studierenden in einem weiteren begleitenden Seminarangebot die Inhalte ihrer Stationen unter Verwendung der Plattform tet.folio (Haase, Kirstein & Nordmeier, 2016).

An jedem der drei Durchführungstage wird das LLL im M!ND-Center durch eine Schulklasse, im WS 2022/23 der 9. Jahrgangsstufe, besucht. Zwischen den Durchführungstagen erhalten die Studierenden jeweils Zeit zur Überarbeitung ihrer Stationen und eine Intervention in Form einer Reflexionsschulung. Die erste der beiden Schulungen befasst sich mit reflexiven Dispositionen, beispielsweise der Vermittlung von Fachwissen zur Reflexion (z.B. Ablaufschemata) und Wissen über die Bedeutung von Reflexion. Die zweite Schulung nimmt situative Fähigkeiten, z.B. in Form eines Noticing-Trainings, in den Blick (vgl. Klempin, 2019).

Geplante Studie

Die geplante Studie folgt einem Mixed-Methods-Ansatz mit einem Schwerpunkt auf qualitativen Methoden. Im Fokus des Interesses stehen drei Erkenntnisziele:

- Inwiefern unterscheiden sich Prozesse der Selbst- und Fremdrelexion (entsprechend des formulierten Reflexionsverständnisses) bezüglich charakteristischer Strukturmerkmale?
- Welche der beschriebenen Strukturmerkmale eignen sich für eine Charakterisierung der Qualität von Reflexionsprodukten, erlauben also genügend differenzierte Hinweise auf die Qualität abgelaufener kognitiver Prozesse im Sinne einer sukzessiven Ausschärfung des Konstrukts der Reflexionskompetenz?
- In welcher Weise verändern sich ablaufende Reflexionsprozesse bei Studierenden im Verlauf des Lehr-Lern-Labor-Seminars und wie nehmen Studierende selbst diese Veränderungen wahr?

Den Kern der geplanten Erhebung bilden von Studierenden im LLL angefertigte, mündliche („think aloud“) Reflexionsprodukte. In diesen reflektieren die Studierenden, direkt im Anschluss an eine 30minütige Durchführung, ihre eben gemachten Erfahrungen. Hinzu kommt ein weiteres, durch eine*n beobachtende*n Studierende*n mündlich angefertigtes Fremdrelexionsprodukt. Auf diese Weise existieren nach jedem Durchführungstag von jeder Person und jeder Situation ein Selbst- und ein Fremdrelexionsprodukt. Sie sollen später inhaltsanalytisch (sowohl deduktive als auch induktive Kategorienbildung) ausgewertet und auf die Ausprägung unterschiedlicher Strukturmerkmale hin untersucht werden.

Die Reflexionsprodukte bilden die Grundlage zur Untersuchung der ersten beiden Erkenntnisziele, indem untersucht werden soll, inwiefern die in der Theorie vorgeschlagenen Strukturmerkmale eine treffende Charakterisierung der Reflexionsprodukte erlauben und welche prototypischen Unterschiede sich zwischen Selbst- und Fremdrelexionsprozessen finden lassen. Um dem dritten Erkenntnisziel näher zu kommen, wird die Entwicklung der Studierenden im Rahmen des LLL-Seminars in den Fokus genommen. So wird einerseits die Entwicklung der Reflexionsprodukte betrachtet, zusätzlich werden in einem Pre-Post-Design Einstellungen und Überzeugungen zur Bedeutung von Reflexion (z.B. Fraij, 2018) erhoben. Im Anschluss an die Durchführung des LLL-Seminars sollen noch Studierende, deren Entwicklung als prototypisch angesehen werden kann, in Interviews zu ihrem Erleben und ihren Sichtweisen befragt werden. Derzeit befindet sich die Studie in der Vorbereitungs- und Pilotierungsphase.

Literatur

- Aeppli, J. & Lötscher, H. (2016). EDAMA - Ein Rahmenmodell für Reflexion. *Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung* 34(1), 78–97
- Blömeke, S., Gustafsson, J.-E., Shavelson, R. J. (2015). Wie situationsbezogen ist die Kompetenz von Lehrkräften? Zur Generalisierbarkeit der Ergebnisse von videobasierten Performanztests. *Zeitschrift für Pädagogik* 61, 310–327
- Boshuis, T. (2021). Konzeption eines praxisorientierten Seminarkonzepts im Biologie/Chemiestudium zur Erfassung und Förderung der Reflexionsfähigkeit von Lehramtsstudierenden. Dissertation. Julius-Maximilians-Universität Würzburg
- Bybee, R., Taylor, J., Gardner, A., Scotter, P., Carlson, J., Westbrook, A. Landes, N. (2006). *The BSCS 5E Instructional Model: Origins, Effectiveness, and Applications*. Colorado Springs: BSCS
- Damköhler, J., Elsholz, M. & Trefzger, T. (akzeptiert). Reflexionsprozesse im Lehr-Lern-Labor, in Groetzebauch, H. & Heinicke, S. (Hg.): *PhyDid B, Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung 2022*
- Dewey, J. (1910). *How we think*. Boston: Heath
- Dewey, J. (1933). *How we think: A restatement of the relation of reflective thinking to the educative process*. [New Ed.]. Boston: D.C. Heath & Co
- Fraij, A. (2018). *Skalendokumentation der Gießener Offensive Lehrerbildung zur Reflexionsbereitschaft*. Gießen: Giessener Elektronische Bibliothek
- Haase, S., Kirstein, J. & Nordmeier, V. (2016). The Technology Enhanced Textbook: An HTML5-based Online System for Authors, Teachers and Learners. In: Thoms, L.-J. & Girwidz, R. (Hg.): *Selected Papers from the 20th International Conference on Multimedia in Physics Teaching and Learning*. Mulhouse: European Physical Society, 85–92
- Klempin, C. (2019). *Reflexionskompetenz von Englischlehramtsstudierenden im Lehr-Lern-Labor-Seminar*. Stuttgart: J.B. Metzler
- Klieme, E., Pauli, C. & Reusser, K. (2009). The Pythagoras Study: Investigating effects of teaching and learning in Swiss and German mathematics classrooms. In Janik, T. & Seidel, T. (Hg.): *The power of video studies in investigating teaching and learning in the classroom*. Münster, New York, München, Berlin: Waxmann, 137–160
- Krieg, M. & Kreis, A. (2014). Reflexion in Mentoringgesprächen - ein Mythos? *ZFHE* 9(1)
- Kulgemeyer, C., Kempin, M., Weißbach, A., Borowski, A., Buschhüter, D., Enkrott, P., Reinhold, P., Riese, J., Schecker, H., Schröder, J., Vogelsang C. (2021). Exploring the impact of pre-service science teachers' reflection skills on the development of professional knowledge during a field experience. *International Journal of Science Education* 43(18), 3035–3057
- Nawrath, D., Maiseykenka, V. & Schecker, H. (2011). Experimentelle Kompetenz: Ein Modell für die Unterrichtspraxis. *Praxis der Naturwissenschaften - Physik in der Schule* 60(6), 42–49
- Nguyen, Q. D. (2015). What is reflection? A conceptual analysis of major definitions and a proposal of a five-component definition and model. Unpublished
- Völker, M. & Trefzger, T. (2010). *Lehr-Lern-Labore zur Stärkung der universitären Lehramtsausbildung: Phydid B, Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung in Hannover*
- Von Aufschnaiter, C., Fraij, A., & Kost, D. (2019). Reflexion und Reflexivität in der Lehrerbildung. *Herausforderung Lehrer_innenbildung*, 2 (1), 144–159. <https://doi.org/10.4119/UNIBI/hlz-144>
- Wyss, C. (2013). *Unterricht und Reflexion: Eine mehrperspektivische Untersuchung der Unterrichts- und Reflexionskompetenz von Lehrkräften*. Dissertation. Münster, New York, München, Berlin: Waxmann
- Wyss, C. (2013). *Unterricht und Reflexion: Eine mehrperspektivische Untersuchung der Unterrichts- und Reflexionskompetenz von Lehrkräften*. Dissertation. Münster, New York, München, Berlin: Waxmann

Joana Konrad¹
Annette Marohn¹

¹Universität Münster

fast²slow - Kognitive Verzerrungen (er)kennen und vermeiden **Entwicklung eines Unterrichtskonzepts zum schnellen und langsamen Denken**

Ausgangslage und Zielsetzung

Themen des Umweltschutzes oder der Gesundheit bilden Beispiele für gesellschaftliche Kontroversen. Dabei zeigt sich: Auch wenn dieselben Informationen und wissenschaftlichen Daten zur Verfügung stehen, gelangen Menschen zu unterschiedlichen Bewertungen und Entscheidungen.

Eine Erklärung für dieses Phänomen liefert das Konstrukt der *kognitiven Verzerrung*. Dieser Begriff bezeichnet systematische Gewichtungen und Verkürzungen im intuitiven Denken, welche vorhersehbar sind, unter bestimmten Umständen auftreten und einen Bestandteil des Alltags bilden (Kahneman, 2017; Pohl, 2022; Weber & Knorr, 2020). Ein Beispiel ist der *Confirmation Bias*, also die Tendenz, eigene Überzeugungen bestätigen zu wollen (Wason, 1960).

Kognitive Verzerrungen bedienen sich persönlicher Überzeugungen, Emotionen, erlernter Denkweisen sowie des individuell konstruierten Weltbildes. Dadurch werden Situationen, Informationen oder Argumente unterschiedlich gewichtet. Häufig helfen Kognitive Verzerrungen, Prozesse im Alltag zu beschleunigen: So würde ein Supermarkteinkauf wohl sehr lange dauern, wenn stets neu abgewogen werden müsste, welches Produkt die beste Wahl darstellen. Stattdessen entscheiden wir uns sehr schnell für Waren, die wir kennen, die uns optisch ansprechen oder die unserer Motivation - z.B. wenig Geld auszugeben - entsprechen (Vgl. Kahneman, 2017).

Kognitive Verzerrungen entstehen durch schnelles und intuitives Denken und erleichtern Entscheidungen, wenn wir besonders viele oder zu wenige Informationen haben (Valdez et al., 2017). Problematisch wird es dann, wenn sie bei wichtigen Entscheidungen, die zum Beispiel die Gesundheit von Menschen betreffen, einen rationalen Blick auf Argumente oder zur Verfügung stehende Informationen behindern.

Im Chemieunterricht sollen Lernende die Fähigkeit erlangen „[...] gestützt durch Daten oder andere Belege Schlussfolgerungen zu ziehen und darauf basierend, überzeugend zu argumentieren und rationale Entscheidungen zu treffen“ (Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen, 2014). Vor diesem Hintergrund scheint es unumgänglich, dass sich Schülerinnen und Schüler eigener Kognitiver Verzerrungen bewusst werden und Strategien entwickeln, diese zu verringern. Eine Möglichkeit Verzerrungen zu minimieren besteht darin, das eigene, schnelle Denken bewusst zu verlangsamen (Kahneman, 2017).

Ziel des hier vorgestellten Projektes ist es, ein Unterrichtskonzept („fast²slow“) zu entwickeln, das Lernende für die Thematik der Kognitiven Verzerrungen sensibilisiert. Sie sollen lernen, Verzerrungen sowohl bei sich selbst, als auch in ihrem Umfeld wahrzunehmen und Strategien anwenden, um in ein verlangsamtes Denken zu wechseln. Diese Strategien sollen dazu beitragen, Entscheidungen bewusster zu treffen.

Auswahl Kognitiver Verzerrungen

Um das Thema für Schülerinnen und Schüler greifbar zu machen, ist es notwendig einzelne Verzerrungen auszuwählen, die im Unterricht thematisiert werden sollen. Dazu wurden im Rahmen einer Literaturrecherche zunächst 181 Verzerrungen identifiziert. Diese Vielzahl wurde kriteriengeleitet reduziert. Ausgeschlossen wurden hierbei Verzerrungen, die nicht der oben genannten Definition entsprechen sowie themenspezifische Verzerrungen (etwa aus dem Bereich des Finanzwesens), die keinen Bezug zur Lebenswelt der Lernenden aufweisen.

Die verbleibenden 123 Verzerrungen wurden anhand der vorliegenden *Ursachen* kategorisiert, um bei der Auswahl von Verzerrungen für den Unterricht typische Ursachen berücksichtigen zu können. Die Kategorisierung erfolgte deduktiv anhand der Literatur und während des Prozesses induktiv erweitert (Pohl, 2022; Valdez et al., 2017). Beispielhafte Ursachen-Kategorien bildeten dabei *schnelles Handeln, zu viele Informationen, zu wenige Informationen, Wahrnehmungsverzerrungen, Handlungsverzerrungen und soziale Verzerrungen*. Aufgrund von Überschneidungen war eine trennscharfe Kategorisierung allerdings nicht in jedem Fall möglich.

Ergänzend wurden weitere Auswahlkriterien definiert: K1-Häufigkeit: Die Verzerrung wird in der aktuellen Literatur häufig genannt. K2-Relevanz: Die Verzerrung erweist sich als relevant für die Bewertung gesellschaftlicher Kontroversen. K3-Alltagsnähe: Die Verzerrung ist im Alltag der Lernenden in verschiedenen Bereichen erkennbar. K4-Repräsentativität: Die Verzerrung spiegelt eine der häufigsten oben genannten Ursachen wider. K5-Anforderungsniveau: Das Niveau passt zum Niveau der Handlungsverzerrung nach Valdez et al. (2017). K6-Wissenschaftsbezug: Die Verzerrung kann durch (natur-) wissenschaftliche Denkweisen minimiert werden.

Das letzte Kriterium beruht auf der Erkenntnis, dass wissenschaftliche Prinzipien wie etwa das Falsifizieren, Randomisieren oder Verblinden (Jungkamp, 2021) beim naturwissenschaftlichen Arbeiten verzerrte Ergebnisse verhindern. Eine Annahme des Projektes liegt daher darin, dass auch diese Potential für kognitive Strategien gegen die eigene verzerrte Wahrnehmung im Alltag bieten.

Ergebnisse

Anhand der entwickelten Kriterien wurden drei Kognitive Verzerrungen für eine exemplarische Thematisierung im naturwissenschaftlichen Unterricht ausgewählt:

Der *Halo-Effekt* bezeichnet das stärkere Gewichten eines einzelnen Merkmals einer Person oder Sache, welches andere Merkmale „überstrahlt“ (Weber & Knorr, 2020). Gesellschaftlich debattiert wird dieser Effekt zum Beispiel in Bezug auf die negative Bewertung ausländisch klingender Nachnamen, die den Erfolg bei Bewerbungen und Wohnungsanfragen beeinflussen kann (Dubois et al., 2019; Vedder, 2022). Eine Strategie, die auch in wissenschaftlichen Studien angewandt wird, ist die Verblindung (Kahneman, 2017): Nachnamen und Bilder könnten auf Bewerbungsunterlagen weggelassen werden, um den Halo-Effekt zu vermeiden.

Der Begriff der *Verfügbarkeitsheuristik* beschreibt die Neigung, Wahrscheinlichkeiten und Häufigkeiten danach einzuschätzen, welche Beispiele unmittelbar einfallen bzw. verfügbar sind (Tversky & Kahneman, 1973)). Hier kann die Strategie des Randomisierens nutzbar gemacht werden.

Der *Confirmation Bias* oder *Bestätigungsfehler* beschreibt – wie oben beschrieben – die Tendenz, die eigene Überzeugung zu bestätigen (Wason, 1960). In diesem Fall ist eine Anbindung an die wissenschaftliche Strategie der Falsifizierung denkbar. Allerdings greifen die genannten naturwissenschaftlichen Strategien nicht in jeder Situation. Zum Beispiel können einige Merkmale (etwa Gütesiegel auf Verpackungen) nicht ausgeblendet werden, um den Halo-Effekt zu vermeiden. Hier sollten den Lernenden weitere kognitive Strategien an die Hand gegeben werden. Hinweise bieten z.B. Ansätze aus psychologischen Studien.

Ausblick: das Konzept

Zur Entwicklung eines Unterrichtskonzeptes und zugehöriger Lernmaterialien wurden folgende Lernziele festgelegt: L1: Wissen darüber erlangen, was kognitive Verzerrungen sind und wodurch diese ausgelöst werden; L2: Wissen darüber erlangen, dass jeder Mensch kognitiven Verzerrungen sowohl auf hilfreiche, als auch auf hinderliche Weise unterliegt; L3: Handlungsstrategien entwickeln und anwenden, um Verzerrungen im Alltag identifizieren zu können; L4: Handlungsstrategien erlernen und anwenden, um kognitive Verzerrungen zu minimieren.

Aktuell werden Lernmaterialien zur Realisierung der formulierten Lernziele entwickelt. Diese werden in einem iterativen Prozess mit Schülerinnen und Schülern der 9. bis 11. Jahrgangsstufe erprobt, die Lernprozesse und -ergebnisse analysiert und das Material schrittweise optimiert.

Literatur

- Dubois, M., Fabiańczyk, E., Komitowski, D., Kraußlach, M., Lange, M. M., Pfeffer-Hoffmann, C., & Skwarek, A. (2019). *Prekär in Berlin: Zusammenhänge zwischen Arbeitsmarktintegration und Wohnungsnotfällen bei EU-Zugewanderten*. Mensch & Buch Verlag.
- Jungkamp, F. (2021). *Kontroversen mit Hilfe wissenschaftlicher Prüfkriterien bewerten: Die Unterrichtskonzeption choice 2 reflect*. Logos Verlag.
- Kahneman, D. (2017). *Schnelles Denken, langsames Denken* (T. Schmidt, Übers.; 1. Auflage). Penguin Verlag.
- Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.) (2014). *Kernlehrplan für die Sekundarstufe II Gymnasium/ Gesamtschule in Nordrheinwestfalen Chemie*. https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/lehrplan/151/KLP_GOSt_Chemie.pdf
- Pohl, R. F. (2022). *Cognitive illusions: Intriguing phenomena in judgement, thinking and memory* (3rd edition). Routledge.
- Tversky, A., & Kahneman, D. (1973). Availability: A heuristic for judging frequency and probability. *Cognitive Psychology*, 5(2), 207–232. [https://doi.org/10.1016/0010-0285\(73\)90033-9](https://doi.org/10.1016/0010-0285(73)90033-9)
- Valdez, A. C., Ziefle, M., & Sedlmair, M. (2017). *A Framework for Studying Biases in Visualization Research*. 5.
- Vedder, G. (2022). Unbewusste Vorurteile bei der Personalauswahl. In F. Krause & G. Vedder (Hrsg.), *Vielfalt in der Arbeitswelt* (S. 1–12). Rainer Hampp Verlag. <https://doi.org/10.5771/9783957104021-1>
- Wason, P. C. (1960). On the Failure to Eliminate Hypotheses in a Conceptual Task. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 12(3), 129–140. <https://doi.org/10.1080/17470216008416717>
- Weber, S., & Knorr, E. (2020). Kognitive Verzerrungen und die Irrationalität des Denkens. In *Die Psychologie des Postfaktischen: Über Fake News, „Lügenpresse“, Clickbait & Co*. Springer Berlin Heidelberg.

Autorenverzeichnis

Abbas, Nilab

Universität Paderborn
Didaktik der Physik
Warburger Str. 100
33098 Paderborn
nilab.abbas@upb.de

551

Anton, Tom Konrad

Universität zu Köln
Institut für Chemiedidaktik
Herbert-Lewin-Straße 2
50931 Köln
tom.anton@uni-koeln.de

83

Aßmann, Sandra, Prof. Dr.

Soziale Räume und Orte des non-formalen und
informellen Lernens
Universitätsstr. 150
44801 Bochum
Deutschland
sandra.assmann@rub.de

170

Bannert, Maria, Dr.

Technische Universität München

56

Becker, Manuel

Universität Wien
Porzellangasse 4
1090 Wien
manuel.becker@univie.ac.at

314

Abels, Simone, Prof. Dr.

Leuphana Universität Lüneburg
Didaktik der Naturwissenschaften
Universitätsallee 1
21335 Lüneburg
simone.abels@leuphana.de

410, 973

Arnold, Judith

310

Banerji, Amitabh, Prof. Dr.

Universität Potsdam
Didaktik der Chemie
Karl-Liebknecht-Straße 24/25
14476 Potsdam
Deutschland
abanerji@uni-potsdam.de

573

Bauer, Anna B.

Universität Paderborn
Didaktik der Physik
Warburger Str. 100
33098 Paderborn
Deutschland
anna.bauer@upb.de

543, 551

Becker, Sebastian, Prof. Dr.

Universität zu Köln
AG Digitale Bildung
Gronewaldstraße 2
50931 Köln
Deutschland
sebastian.becker-genschow@uni-koeln.de

510

Berger, Josephine

TU Darmstadt

247

Bering, Lisa

Humboldt-Universität zu Berlin
Fachdidaktik und Lehr-/Lernforschung Chemie
Brook-Taylor-Str. 2
12489 Berlin
beringli@hu-berlin.de

841

Bernstein, Fabian

Goethe-Universität Frankfurt
Institut für Didaktik der Physik
Max-von-Laue-Str. 1
60438 Frankfurt am Main
bernstein@physik.uni-frankfurt.de

278

Bewersdorff, Arne

Technische Universität München
Fachdidaktik Life Sciences
Arcisstraße 21
80333 München
arne.bewersdorff@tum.de

580

Billion-Kramer, Tim, Dr.

Pädagogische Hochschule Heidelberg
Forscherstation gGmbH
Keplerstr. 87
69120 Heidelberg
kramer@ph-heidelberg.de

61, 310, 514, 518, 528, 536

Bergold, Tobias

Westfälische Wilhelms-Universität Münster
Institut für Didaktik der Chemie
Corrensstraße 48
48149 Münster
chdid@wwu.de

849

Bernholt, Sascha

IPN Kiel
Didaktik der Chemie
Olshausenstraße 62
24118 Kiel
bernholt@leibniz-ipn.de

35

Bernsteiner, Angelika

Universität Graz
Didaktikzentrum für Naturwissenschaften und
Mathematik (DINAMA)
Harrachgasse 21
8010 Graz
angelika.mandl@uni-graz.at

813

Bicak, Besim Enes

Technische Universität Braunschweig
Institut für Fachdidaktik der Naturwissenschaften -
Abt. Chemie und Chemiedidaktik
Bienroder Weg 82
38106 Braunschweig
b.bicak@tu-braunschweig.de

382

Bleckmann, Tom

Leibniz Universität Hannover
IDMP - AG Physikdidaktik
Welfengarten 1A
30167 Hannover
Deutschland
bleckmann@idmp.uni-hannover.de

214

Bliesmer, Kai, Dr.

Universität Koblenz-Landau
Didaktik der Physik
Universitätsstraße 1
56070 Koblenz
Deutschland
kai-bliesmer@uni-koblenz.de

270, 671, 905

Böhmer, Jule, Dr.

Universität Hamburg
Allgemeine Interkulturelle und International
Vergleichende Erziehungswissenschaft sowie
Pädagogische Psychologie
Von-Melle-Park 8
20146 Hamburg
Deutschland
jule.boehmer@uni-hamburg.de

965

Bolte, Claus, Prof. Dr.

Freie Universität Berlin
Didaktik der Chemie
Haderslebener Straße 9
12163 Berlin
Deutschland
claus.bolte@fu-berlin.de

210, 222, 266, 330

Böning, Paul

774

Borowski, Andreas, Prof. Dr.

Universität Potsdam
Didaktik der Physik
Karl-Liebknecht-Str. 24/25
14476 Potsdam
Deutschland
andreas.borowski@uni-potsdam.de

294, 302, 563, 567, 608, 825, 869, 985, 997

Boegel, Svenja

Universität Duisburg Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
svenja.boegel@uni-due.de

738

Bölsterli Bardy, Katrin, Prof. Dr.

Pädagogische Hochschule Luzern
Dozentin für Chemie und ihre Didaktik
Pfistergasse 20
6003 Luzern
Schweiz
katrin.boelsterli@phlu.ch

374

Bonetti, Angela

Pädagogische Hochschule Zürich
Forschungsgruppe Naturwissenschaftsdidaktik
Lagerstrasse 2
8090 Zürich
Schweiz
angela.bonetti@phzh.ch

127

Borchert, Cornelia

Technische Universität Braunschweig
Institut für Fachdidaktik der Naturwissenschaften,
Abteilung Chemie und Chemiedidaktik
Bienroder Weg 82
38106 Braunschweig
Deutschland
cornelia.borchert@tu-braunschweig.de

186, 382

Brandt, Hanne, Dr.

Universität Hamburg
Allgemeine Interkulturelle und International
Vergleichende Erziehungswissenschaft
Von-Melle-Park 8
20146 Hamburg
Deutschland
hanne.brandt@uni-hamburg.de

965

Braun, Irina

Justus-Liebig-Universität Gießen
Institut für Didaktik der Chemie
Heinrich-Buff-Ring 17
35392 Gießen
Irina.Braun@didaktik.chemie.uni-giessen.de

486

Brockmüller, Steffen

Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
Didaktik der Chemie
Regensburger Str. 160
90478 Nürnberg
steffen.brockmueller@fau.de

338

Brückmann, Maja

Universität Oldenburg

282

Bühler, Eva

Pädagogische Hochschule Heidelberg
Chemie und ihre Didaktik
Im Neuenheimer Feld 562
69120 Heidelberg
bettina.grab@ph-heidelberg.de

514, 518, 528, 536

Buschhüter, David, Dr.

Universität Potsdam
Didaktik der Physik
Karl-Liebknecht-Str.24/25
14476 Potsdam
Deutschland
buschhue@uni-potsdam.de

825, 869

Breunig, Patricia

Universität Regensburg
Didaktik der Physik
Universitätsstr.31
93053 Regensburg
patricia.breunig@physik.uni-regensburg.de

829

Bruckermann, Till, Prof. Dr.

Leibniz Universität Hannover
Institut für Erziehungswissenschaft
Schloßwender Straße 1
30159 Hannover
Deutschland
till.bruckermann@iew.uni-hannover.de

510

Bub, Frederik,

Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Didaktik der Physik
Hoher Weg 8
6120 Halle (Saale)
frederik.bub@physik.uni-halle.de

202

Burde, Jan-Philipp, Jun.-Prof. Dr.

Universität Tübingen
AG Didaktik der Physik
Auf der Morgenstelle 14
72076 Tübingen
Deutschland
jan-philipp.burde@uni-tuebingen.de

107, 262, 274, 494, 714, 873

Cardinal, Kai

Ruhr-Universität Bochum
Didaktik der Physik
Universitätsstraße 150
44780 Bochum
Deutschland
kai.cardinal@rub.de

206, 563

Cirkel, Jasper
Universität Göttingen
Didaktik der Physik
Friedrich-Hund-Platz 1
37077 Göttingen
jasper.cirkel@phys.uni-goettingen.de

359

Damköhler, Jens
Universität Würzburg
Physik und ihre Didaktik
Emil-Hilb-Weg 22
97074 Würzburg
jens.damkoehler@uni-wuerzburg.de

1001

Dictus-Christoph, Christian
Humboldt-Universität zu Berlin
Fachdidaktik und Lehr-/Lernforschung
Brook-Taylor-Str. 2
12489 Berlin
christian.dictus@hu-berlin.de

506

Diermann, Dominik
Technische Universität München
Didaktik der Chemie
Arcisstr.21
80333 München
Deutschland
dominik.diermann@tum.de

482, 893

Doil, Melina
Carl von Ossietzky Universität Oldenburg
Didaktik der Chemie
Carl von Ossietzky Straße 9-11
26129 Oldenburg
melina.doil@uni-oldenburg.de

238

Dahlkemper, Merten
CERN
Teacher and Student Programmes
Esplanade des Particules 1
0 Genf 23, Schweiz
merten.dahlkemper@cern.ch

722

Dickmann, Martin, Dr.
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Physik
Universitätsstr. 2
45141 Essen
martin.dickmann@uni-due.de

683, 687

Diederich, Malte
TU Darmstadt
Didaktik der Physik
Hochschulstraße 12
64289 Darmstadt
malte.diederich@physik.tu-darmstadt.de

362, 555

Dietz, Dennis
Freie Universität Berlin
Didaktik der Chemie
Haderslebener Str. 9
12163 Berlin
dennis.dietz@fu-berlin.de

222

Dopatka, Liza, Dr.
Technische Universität Darmstadt
AG Didaktik der Physik
Hochschulstraße 12
64289 Darmstadt
Deutschland
liza.dopatka@physik.tu-darmstadt.de

262

Dorschu, Alexandra, Prof. Dr.

Hochschule Ruhr West
Institut Maschinenbau
DuisburgerStr.100
45479 MülheimanderRuhr
Deutschland
alexandra.dorschu@hs-ruhrwest.de

434, 659

Eckert, Christine

462

Eghtessad, Axel, Prof. Dr.

Pädagogische Hochschule Tirol

61

Eichinger, Annika

790, 945

Elsholz, Markus, Dr.

Universität Würzburg
Physik und ihre Didaktik
Emil-Hilb-Weg 22
97074 Würzburg
markus.elsholz@uni-wuerzburg.de

612, 881, 1001

Düwel, Frauke, Dr.

TU Dresden
Didaktik der Chemie
Weberplatz 5
1217 Dresden
frauke.duewel@tu-dresden.de

226

Eder, Christina

Kirchliche Pädagogische Hochschule Wien/Krems
Mayerweckstraße 1
1210 Wien
christina.eder@kphvie.ac.at

600

Ehlert, Lars, Dr.

Universität Regensburg
Didaktik der Chemie
Univeritätsstraße 31
93053 Regensburg
lars.ehlert@ur.de

778

Eitemüller, Carolin, Dr.

Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn70
45127 Essen
Deutschland
carolin.eitemueller@uni-due.de

182, 394, 474

Elsner, Julia

Universität Paderborn
Chemiedidaktik
Warburger Str. 100
33098 Paderborn
julia.elsner@upb.de

925

Engl, Alexander, Dr.
Universität Koblenz-Landau
Institut für naturwissenschaftliche Bildung
Fortstr.7
76829 Landau
engl@uni-landau.de

111, 119, 433, 616

Erb, Roger, Prof. Dr.
Goethe-Universität Frankfurt
Institut für Didaktik der Physik
Max-von-Laue-Str. 1
60438 FrankfurtamMain
Deutschland
roger.erb@physik.uni-frankfurt.de

87, 254, 346

Feser, Markus Sebastian, Dr.
Universität Hamburg
Didaktik der Physik
Bogenallee11
20144 Hamburg
Deutschland
markus.sebastian.feser@uni-hamburg.de

326, 547

Finger, Alexander
Universität Leipzig
Biologiedidaktik
Johannisallee 21
4103 Leipzig
Deutschland
alexander.finger@uni-leipzig.de

510

Fischer, Marie
Universität des Saarlandes
Didaktik des Sachunterrichts
Campus C 6.3
66123 Saarbrücken
Deutschland
marie.fischer@uni-saarland.de

514, 518, 522, 525, 540

Engstler, Valentin
Westfälische Wilhelms-Universität Münster
Institut für Didaktik der Chemie
Corrensstraße 48
48149 Münster
chdid@wwu.de

857

Fechner, Sabine, Prof. Dr.
Universität Paderborn
Chemiedidaktik
Warburger Str. 100
33098 Paderborn
Deutschland
sabine.fechner@upb.de

925

Finger, Lena

766

Fischer, Matthias
Pädagogische Hochschule Heidelberg
Didaktik der Physik
Im Neuenheimer Feld 561
69120 Heidelberg
m.fischer@ph-heidelberg.de

154

Flieser, Katharina
Universität Regensburg
Didaktik der Physik
Universitätsstr. 31
93053 Regensburg
katharina.flieser@ur.de

366

Forster, Katharina

Technische Universität München
Didaktik der Chemie
Arcisstraße 21
80333 München
katharina.forster@tum.de

75

Franken, Julia-Marie

Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Biologie
Universitätstraße 2
45141 Essen
Deutschland
julia.franken@uni-due.de

563

Friege, Gunnar, Prof. Dr.

Leibniz Universität Hannover
IDMP - AG Physikdidaktik
Welfengarten 1A
30171 Hannover
Deutschland
friege@idmp.uni-hannover.de

142, 214, 624, 710, 726, 917, 969

Gahrmann, Dennys

Universität Potsdam
Didaktik der Physik
Karl-Liebknecht-Str. 24-25
14476 Potsdam-Golm
dennys.gahrmann@uni-potsdam.de

567

Ghassemi, Novid

Freie Universität Berlin
Didaktik der Physik
Arnimallee 14
14195 Berlin
nghassemi@zedat.fu-berlin.de

322, 627

Frank, Florian

Julius-Maximilians-Universität Würzburg
Lehrstuhl für Physik und ihre Didaktik
Emil-Hilb-Weg 22
97074 Würzburg
florian.frank@uni-wuerzburg.de

91, 584

Freese, Mareike

Goethe-Universität Frankfurt am Main
Institut für Didaktik der Physik
Max-von-Laue-Str. 1
60438 Frankfurt am Main
freese@physik.uni-frankfurt.de

87

Gabi, Jonas, Prof. Dr.

Justus-Liebig-Universität Gießen
Institut für Didaktik der Physik
Karl-Glöckner-Straße 21C
35394 Gießen
jonas.gabi@didaktik.physik.uni-giessen.de

426

Gantenbein, Justin

Universität des Saarlandes
Didaktik der Chemie
Campus B2 2
66123 Saarbrücken
justingantenbein@icloud.com

514, 518, 532

Giese, Michael, Prof. Dr.

Universität Duisburg-Essen
Organische Chemie
Universitätsstraße 7
45141 Essen
Deutschland
michael.giese@uni-due.de

559

Gieske, Robert
Freie Universität Berlin
Didaktik der Chemie
Haderslebener Straße 9
12163 Berlin
r.gieske@fu-berlin.de

210

Glaser, Steffen, Prof. Dr.
Technische Universität München (Department Chemie)
Professur für Organische Chemie
Lichtenbergstrasse 4
85747 Garching
Deutschland
glaser@tum.de

482

Goreth, Sebastian, Dr.
Pädagogische Hochschule Tirol

61

Görzen, Katharina
Freie Universität Berlin
Didaktik der Chemie
HaderslebenerStr.9
12163 Berlin
Deutschland
goerzek86@zedat.fu-berlin.de

266

Grab, Bettina
PH Heidelberg
Didaktik der Chemie
ImNeuenheimerFeld562
69120 Heidelberg
Deutschland
bettina.grab@ph-heidelberg.de

514, 518, 528, 536

Glaesser, Judith, Dr.
Universität Tübingen
Methodenzentrum
Haußerstraße 11
72076 Tübingen
Deutschland
judith.glaesser@uni-tuebingen.de

714

Glatz, Lion Cornelius
Goethe-Universität Frankfurt
Institut für Didaktik der Physik
Max-von-Laue-Str. 1
60438 Frankfurt am Main
glatz@physik.uni-frankfurt.de

254

Gorr, Claudia, Dr.
experimenta GmbH
Experimenta-Platz
74072 Heilbronn
Deutschland
claudia.gorr@googlemail.com

270

Gottschlich, Benedikt
Universität Tübingen
AG Didaktik der Physik
Auf der Morgenstelle 14
72076 Tübingen
benedikt.gottschlich@uni-tuebingen.de

262

Gradel, Jan, Dr.
Pädagogische Hochschule Heidelberg
didaktik-aktuell e.V.
Bergheimerstr. 104
69115 Heidelberg
gradel@didaktik-aktuell.de

817

Graichen, Martina

Pädagogische Hochschule Freiburg
Abteilung Physik
Kunzenweg 21
79117 Freiburg
martina.graichen@ph-freiburg.de

282, 290

Grenda, Melanie

Goethe-Universität Frankfurt am Main
Institut für Didaktik der Physik
Max-von-Laue-Str. 1
60438 Frankfurt am Main
melanie.kollien@stud.uni-frankfurt.de

655

Gröger, Martin, Prof. Dr.

Universität Siegen
Didaktik der Chemie
Adolf-Reichwein-Str. 2 57076 Siegen
57076 Siegen
Deutschland
groeger@chemie.uni-siegen.de

454, 636

Groß, Katharina, Prof. Dr.

Universität zu Köln
Institut für Chemiedidaktik
Herbert-Lewin-Straße 2
50931 Köln
Deutschland
katharina.gross@uni-koeln.de

897

Große-Heilmann, Rike

Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen
Didaktik der Physik und Technik
Sommerfeldstraße 14
52074 Aachen
Deutschland
grosse-heimann@physik.rwth-aachen.de

107, 494, 873

Graulich, Nicole, Prof. Dr.

Justus-Liebig-Universität Gießen
Institut für Didaktik der Chemie
Heinrich-Buff-Ring 17
35392 Gießen
Deutschland
Nicole.Graulich@didaktik.chemie.uni-giessen.de

486

Gresens, Kerstin

Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Physik
Universitätsstr. 2
45117 Essen
kerstin.gresens@uni-due.de

957

Groß, Benjamin

Auf der Morgenstelle 14
72076 Tübingen
benjamin.gross@uni-tuebingen.de

714

Große, André

Goethe-Universität Frankfurt am Main
Institut für Didaktik der Physik
Max-von-Laue-Str. 1
60438 Frankfurt am Main
grosse@physik.uni-frankfurt.de

190

Grothaus, Jonathan

Uni Würzburg
Physik und ihre Didaktik
Theaterstr 6
97070 Würzburg
jonthan.grothaus@physik.uni-wuerzburg.de

612

Grottko, Tina
Humboldt-Universität zu Berlin
Fachdidaktik und Lehr-/ Lernforschung Chemie
Brook-Taylor Str. 2
12489 Berlin
tina.grottko@hu-berlin.de

470

Gstettner, Natasha-Gabriela
Pädagogische Hochschule Steiermark
Institut für Sekundarstufe Allgemeinbildung
Hasnerplatz 12
8010 Graz
natasha.gstettner@gmail.com

596

Güth, Fabien
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
fabien.gueth@uni-due.de

258

Haak, Inka, Dr.
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Didaktik der Physik
HoherWeg8
6120 Halle
Deutschland
inka.haak@physik.uni-halle.de

326, 547

Habig, Sebastian, Prof. Dr.
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
Didaktik der Chemie
RegensburgerStr.160
90478 Nürnberg
Deutschland
sebastian.habig@fau.de

691, 742, 770, 981

Gryl, Inga, Prof. Dr.
Universität Duisburg-Essen
Institut für Sachunterricht
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
inga.gryl@uni-due.de

909

Gut, Christoph, Prof. Dr.
Pädagogische Hochschule Zürich
Professor ZFH in der Forschungsgruppe
Naturwissenschaftsdidaktik
Lagerstrasse 2
8090 Zürich
Schweiz
christoph.gut@phzh.ch

127

Haagen-Schützenhöfer, Claudia, Univ.-Prof. Dr.
Karl-Franzens-Universität Graz
Institut für Physik
Universitätsplatz 5
8010 Graz
Österreich
claudia.haagen@uni-graz.at

206, 262, 298, 813

Haas, Jan-Bernd, Dr.
Westfälische Wilhelms-Universität Münster
Institut für Didaktik der Chemie
Corrensstraße 48
48149 Münster
chdid@wwu.de

953

Hahn, Larissa
Universität Göttingen
Didaktik der Physik
Friedrich-Hund-Platz 1
37077 Göttingen
Deutschland
larissa.hahn@uni-goettingen.de

358, 490

Hahn, Lotte

Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Didaktik der Physik, DikoLa - Digital kompetent im
Lehramt
Hoher Weg 8
6108 Halle Saale
lotte.hahn@zlb.uni-halle.de

833

Hartig, Katja, Dr.

Goethe-Universität Frankfurt
Institut für Psychologie
Theodor-W.-Adorno-Platz6
60629 FrankfurtamMain
Deutschland
hartig@psych.uni-frankfurt.de

346

Heinicke, Susanne, Prof. Dr.

Westfälische Wilhelms-Universität Münster
Institut für Didaktik der Physik
Wilhelm-Klemm-Straße 10
48149 Münster
Deutschland
susanne.heinicke@uni-muenster.de

99, 446

Heinke, Heidrun, Prof. Dr.

RWTH Aachen University
I. Physikalisches Institut IA
Sommerfeldstraße16
52074 Aachen
Deutschland
heinke@physik.rwth-aachen.de

442, 762

Helzel, Andreas, Dr.

Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Didaktik der Physik
Hoher Weg 8
6120 Halle
andreas.helzel@physik.uni-halle.de

458

Härtig, Hendrik, Prof. Dr.

Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Physik
Universitätsstr.2
45141 Essen
Deutschland
hendrik.haertig@uni-due.de

434, 957

Hauck, David Johannes

Technische Universität Dortmund
Fakultät für Chemie und Chemische Biologie -
Lehrstuhl für Chemie und ihre Didaktik
Otto-Hahn-Straße 6
44227 Dortmund
david.hauck@tu-dortmund.de

478

Heinitz, Benjamin

Leibniz Universität Hannover
Institut für Didaktik der Naturwissenschaften
Am Kleinen Felde 30
30167 Hannover
heinitz@idn.uni-hannover.de

250

Hellwig, Julia, Dr.

Ruhr-Universität Bochum
Fakultät für Physik und Astronomie
Universitätsstr. 150
44801 Bochum
hellwig@physik.ruhr-uni-bochum.de

242

Hensgen, Anika

Universität des Saarlandes
Didaktik der Chemie
Schau ins Land 19
66571 Eppelborn
ani_hensgen@web.de

945

Herzig, Melanie
Hochschule Ruhr West
Institut Energiesysteme und Energiewirtschaft
Lützwowstr. 5
46236 Bottrop
melanie.herzig@hs-ruhrwest.de

659

Hiniborch, Julia
Leibniz Universität Hannover
IDMP AG Physikdidaktik
Welfengarten 1A
30167 Hannover
hiniborch@idmp.uni-hannover.de

726

Holland, Dominique
Universität Regensburg
Didaktik der Physik
Universitätsstraße 31
93059 Regensburg
dominique.holland@ur.de

71

Holzappel, Marisa Alena, Dr.
Universität Greifswald
Institut für Erziehungswissenschaften
Steinbeckerstraße 15
17487 Greifswald
marisa.holzappel@uni-greifswald.de

230, 758

Hopf, Martin, Prof. Dr.
Universität Wien
Österreichisches Kompetenzzentrum für Didaktik der
Physik
Porzellangasse 4/2/2
1090 Wien
Österreich
martin.hopf@univie.ac.at

262, 314, 450

Heusler, Stefan

99

Hohrath, Sarah
Ruhr-Universität Bochum
Soziale Räume und Orte des non-formalen und
informellen Lernens
Universitätsstr. 150, GA 1/31
44801 Bochum
sarah.hohrath@ruhr-uni-bochum.de

170

Hollwedel, Valerie
Westfälische Wilhelms-Universität Münster
Institut für Didaktik der Chemie
Corrensstraße 48
48149 Münster
chdid@wwu.de

941

Höner, Kerstin, Prof. Dr.
Technische Universität Braunschweig
Institut für Fachdidaktik der Naturwissenschaften,
Abteilung Chemie und Chemiedidaktik
Bienroder Weg 82
38106 Braunschweig
Deutschland
k.hoener@tu-braunschweig.de

186, 382

Hoppe, Anett, Dr.
Technische Informationsbibliothek (TIB)
Forschungsgruppe Visual Analytics
Welfengarten 1b
30167 Hannover
Deutschland
anett.hoppe@tib.eu

135

Hoppmann, Josia
Universität Bielefeld
Didaktik der Chemie
Universitätsstraße 25
33615 Bielefeld
Deutschland
josia.hoppmann@uni-bielefeld.de

889

Horz, Holger, Prof. Dr.
Goethe-Universität Frankfurt
Institut für Psychologie
Theodor-W.-Adorno-Platz 6
60629 FrankfurtamMain
Deutschland
horz@psych.uni-frankfurt.de

346

Huber, Dennis, M.Sc.
Technische Universität München (Department Chemie)
Professur für Organische Chemie
Lichtenbergstrasse4
85747 Garching
Deutschland
dennis.huber@tum.de

482

Hümbert-Schnurr, Sebastian, Dr.
Bergische Universität Wuppertal
Physik und ihre Didaktik

50

Ivanjek, Lana, Jun.-Prof. Dr.
Technische Universität Dresden
Professur Didaktik der Physik
Helmholtzstraße 10
1069 Dresden
Deutschland
lane.ivanjek@tu-dresden.de

79, 262, 714

Hörnlein, Madeleine
Universität Paderborn
Didaktik der Physik
Warburger Str. 100
33098 Paderborn
Deutschland
madeleine.hoernlein@upb.de

386, 837

Höttecke, Dietmar, Prof. Dr.
Universität Hamburg
Didaktik der Physik
Von-Melle-Park/8
20146 Hamburg
Deutschland
dietmar.hoettecke@uni-hamburg.de

46, 334, 798, 961, 965

Hüfner, Sybille

410

Huwer, Johannes, Prof. Dr.
Universität Konstanz
Fachdidaktik der Naturwissenschaften (Chemie)
Universitätsstraße 10
78464 Konstanz
Deutschland
johannes.huwer@uni-konstanz.de

95, 510

Jasper, Leonie
Technische Universität Dortmund
Chemie und ihre Didaktik
Otto-Hahn-Straße 6
44227 Dortmund
leonie.jasper@tu-dortmund.de

730

Jedamski, Marko

Ruhr-Universität Bochum
Didaktik der Physik
Universitätsstraße 150
44780 Bochum
Deutschland
marko.jedamski@rub.de

206

Jung, Leonie

Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Physik
Universitätsstr. 2
45141 Essen
leonie.jung@stud.uni-due.de

683

Kaldewey, Marvin

Universität Bielefeld
Didaktik der Chemie
Universitätsstraße 25
33615 Bielefeld
marvin.kaldewey@uni-bielefeld.de

647

Kasper, Lutz, Prof. Dr.

Pädagogische Hochschule Schwäbisch Gmünd
46, 61

Kay, Christopher W. M., Prof. Dr.

Universität des Saarlandes
Physikalische Chemie und Didaktik der Chemie
CampusGebäudeB.22
66123 Saarbrücken
Deutschland
christopher.kay@uni-saarland.de

462, 518, 532, 790, 945

Jordans, Melanie

RWTH Aachen University
AG Didaktik der Physik und Technik, I.
Physikalisches Institut IA
Sommerfeldstraße 14
52074 Aachen
jordans@physik.rwth-aachen.de

802

Jungbluth, Tom

Pädagogische Hochschule Freiburg
Didaktik der Physik
Kunzenweg 21
79117 Freiburg im Breisgau
tom.jungbluth@ph-freiburg.de

286, 290

Kärcher, Kevin

Pädagogische Hochschule Schwäbisch Gmünd
Abteilung Chemie
Oberbettringer Str. 200
73525 Schwäbisch Gmünd
kevin.kaercher@ph-gmuend.de

422

Kaulhausen, Simon

Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
simon.kaulhausen@uni-due.de

182

Kelava, Augustin, Prof. Dr.

Universität Tübingen
Methodenzentrum
Hauberstraße 11
72076 Tübingen
Deutschland
augustin.kelava@uni-tuebingen.de

714

Khagy, Sevan
Universität Regensburg
Didaktik der Chemie
Universitätsstraße 31
93053 Regensburg
sevan.khagy@chemie.uni-regensburg.de

845

Kirchhoff, Antonia
Universität Bielefeld
Didaktik der Chemie
Universitätsstraße 25
33615 Bielefeld
antonia.kirchhoff@uni-bielefeld.de

889

Klautke, Franziska
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Physik
Universitätsstr. 2
45141 Essen
franziska.klautke@uni-due.de

154, 675

Klein, Pascal, Prof. Dr.
Universität Göttingen
Didaktik der Physik
Friedrich-Hund-Platz 1
37077 Göttingen
Deutschland
pascal.klein@uni-goettingen.de

358, 490, 667, 722

Koch, Valentina
Goethe-Universität Frankfurt
Institut für Didaktik der Physik
Max-von-Laue-Str. 1
60438 FrankfurtamMain
Deutschland

746

Kieferle, Sara
Pädagogische Hochschule Ludwigsburg
Didaktik der Chemie
Reuteallee 46
71634 Ludwigsburg
sarah.kieferle@ph-ludwigsburg.de

350

Kirstein, Dennis
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
dennis.kirstein@uni-due.de

123

Klein, Christian
Universität Siegen
Wirtschaftsinformatik
Adolf-Reichwein-Str. 2
57076 Siegen
Deutschland
christian.klein@uni-siegen.de

636

Knemeyer, Jens-Peter, Dr.
Pädagogische Hochschule Heidelberg
didaktik-aktuell e.V.
Bergheimerstr. 104
69115 Heidelberg
Deutschland
knemeyer@ph-heidelberg.de

498, 817, 853

Koenen, Jenna, Prof. Dr.
Technische Universität München
Didaktik der Chemie
Arcisstraße 21
80333 München
Deutschland
jenna.koenen@tum.de

56, 75, 482, 861, 893

Kok, Karel
Humboldt-Universität zu Berlin
Didaktik der Physik
Newtonstraße 15
12489 Berlin
karel.kok@physik.hu-berlin.de

166

Konrad, Joana
Westfälische Wilhelms-Universität Münster
Institut für Didaktik der Chemie
Corrensstraße 48
48149 Münster
chdid@wwu.de

1005

Korner, Marianne, Dr.
Universität Wien
EGHD, AECC Physik
Porzellangasse 4
1090 Wien
marianne.korner@univie.ac.at

418

Köster, Hilde

679

Krabbe, Heiko, Prof. Dr.
Ruhr-Universität Bochum
Didaktik der Physik
Universitätsstr.150
44801 Bochum
Deutschland
heiko.krabbe@rub.de

170, 242

Komorek, Michael, Prof. Dr.
Universität Oldenburg
Didaktik der Physik und
Wissenschaftskommunikation
Carl-von-Ossietzky-Straße 9-11
26129 Oldenburg
Deutschland
michael.komorek@uni-oldenburg.de

306, 671

Korneck, Friederike, Prof. Dr.
Goethe-Universität Frankfurt am Main
Institut für Didaktik der Physik
Max-von-Laue-Str. 1
60438 FrankfurtamMain
Deutschland
korneck@em.uni-frankfurt.de

190, 246, 655

Körner, Hans-Dieter, Prof. Dr.
Pädagogische Hochschule Schwäbisch Gmünd
Abteilung Chemie
OberbettringerStr.200
73525 SchwäbischGmünd
Deutschland
hans-dieter.koerner@ph-gmuend.de

422

Kozłowski, Tobias
Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf
Bautzner Landstr. 400
1328 Dresden
t.kozlowski@hzdr.de

115

Kraus, Stefan
Universität Würzburg
Physik und ihre Didaktik
Emil-Hilb-Weg 22
97074 Würzburg
stefan.kraus@physik.uni-wuerzburg.de

865

Krebs, Rita, Mag.

Universität Wien
Österreichisches Kompetenzzentrum für Didaktik der
Chemie
Porzellangasse4/2/2
1090 Wien
Österreich
rita.krebs@univie.ac.at

438, 949

Kremer, Fabienne E.

Westfälische Wilhelms-Universität Münster
Institut für Didaktik der Chemie
Corrensstraße 48
48149 Münster
chdid@wwu.de

103

Krey, Olaf, Prof. Dr.

Universität Augsburg
Didaktik der Physik
Universitätsstr.1
86159 Augsburg
Deutschland
olaf.krey@physik.uni-augsburg.de

46, 937

Kröger, Simone

786

Krumphals, Ingrid, Prof. Dr.

Pädagogische Hochschule Steiermark
Hasnerplatz12
8010 Graz
Österreich
ingrid.krumphals@phst.at

588, 592, 594

Kreikenbohm, Annika, Dr.

584

Kremser, Erik

Universität Konstanz
Fachdidaktik der Naturwissenschaften (Chemie)
Universitätsstraße 10
78464 Konstanz
erik.kremser@uni-konstanz.de

510

Kriegel, Moritz

Technische Universität Darmstadt
Didaktik der Physik
Hochschulstraße 12
64289 Darmstadt
moritz.kriegel@physik.tu-darmstadt.de

782

Krüger, Annika Sophie

Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie/ Institut für Sachunterricht
Schützenbahn 70
45127 Essen
annika.krueger@uni-due.de

921

Kuhlmey, Niklas

608

Kulgemeyer, Christoph, Prof. Dr.
Universität Bremen
Institut für Didaktik der Naturwissenschaften, Abt.
Physikdidaktik
Otto-Hahn-Allee1
28334 Bremen
Deutschland
kulgemeyer@physik.uni-bremen.de

378, 386, 825, 837, 869, 993

Lachner, Andreas, Prof. Dr.
Eberhard Karls Universität Tübingen
Abteilung Schulpädagogik
Keplerstraße 17
72074 Tübingen
Deutschland
andreas.lachner@uni-tuebingen.de

873

Lang, Vanessa
Universität des Saarlandes
Didaktik der Chemie
CampusB22
66123 Saarbrücken
Deutschland
vanessa.lang@uni-saarland.de

462, 518, 532, 790, 945

Langner, Axel
Justus-Liebig-Universität Gießen
Institut für Didaktik der Chemie
Heinrich-Buff-Ring17
35392 Gießen
Deutschland
Axel.Langner@didaktik.chemie.uni-giessen.de

486

Lauer, Luisa
Universität des Saarlandes
Didaktik der Primarstufe: Sachunterricht
Campus C6 3
66123 Saarbrücken
Deutschland
luisa.lauer@uni-saarland.de

514, 518, 521, 525, 540

Künsting, Josef
PH Freiburg

286

Lahme, Simon Z.
Universität Göttingen
Didaktik der Physik
Friedrich-Hund-Platz1
37077 Göttingen
Deutschland
simon.lahme@uni-goettingen.de

360, 575

Lange-Schubert, Kim, Prof.inDr.
Uni Leipzig
Institut für Pädagogik und Didaktik im Elementar-
und Primarbereich
Marschnerstraße 31
4109 Leipzig
Deutschland
kim.lange-schubert@uni-leipzig.de

529, 536

Lankers, Annika
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Biologie - BERLL
Universitätsstraße 2
45141 Essen
annika.lankers@uni-due.de

675

Laumann, Daniel, Dr.
Westfälische Wilhelms-Universität Münster
Institut für Didaktik der Physik
Wilhelm-Klemm-Straße10
48149 Münster
Deutschland
daniel.laumann@uni-muenster.de

99, 446

Lembens, Anja, Prof. Dr.

Universität Wien
Österreichisches Kompetenzzentrum für Didaktik
der Chemie
Porzellangasse 4/2/2
1090 Wien
Österreich
anja.lembens@univie.ac.at

61, 398, 438, 949

Lewalter, Doris, Prof. Dr.

Professur für Formelles und Informelles Lernen
Arcisstraße 21
80333 München
Deutschland
TechnischeUniversitätMünchen

56, 861

Legscha, Yannick

Technische Universität Darmstadt
Fachbereich Chemie / Fachdidaktik Chemie
Alarich-Weiss-Straße 4
64287 Darmstadt
yannick_lucas.legscha@tu-darmstadt.de

631

Longhitano, Marco

310

Lühken, Arnim, Prof. Dr.

Goethe-Universität Frankfurt
Institut für Didaktik der Chemie
Max-von-Laue-Str.7
60438 Frankfurt
Deutschland
luehken@chemie.uni-frankfurt.de

174

Lenzer, Stefanie, Dr.

Leibniz Universität Hannover
Institut für Didaktik der Naturwissenschaften
Am Kleinen Felde 30
30167 Hannover
Deutschland
lenzer@idn.uni-hannover.de

354, 639

Lindemann, Hannes Kasimir

Ruhr-Universität Bochum
Didaktik der Physik
Universitätsstraße 150
44780 Bochum
Deutschland
hannes.lindemann@rub.de

206

Lohse-Bossenz, Hendrik, JProf. Dr.

PH Heidelberg
Institut für Psychologie
Keplerstraße 87
69120 Heidelberg
Deutschland
lohse@ph-heidelberg.de

528, 536, 913

Ludwig, Lea

Goethe-Universität Frankfurt
Institut für Didaktik der Physik
Max-von-Laue-Str.1
60438 Frankfurt am Main
Deutschland

746

Lutz, Mathias

Pädagogische Hochschule Heidelberg
Chemie
Im Neuenheimer Feld 561
74889 Sinsheim
lutz1@ph-heidelberg.de

913

Maas, Hendrik
Leibniz Universität Hannover
Institut für Didaktik der Mathematik und Physik -
AG Physikdidaktik
Welfengarten 1a
30167 Hannover
hendrik.maas@stud.uni-hannover.de

969

Machts, Nils, Dr.
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
Psychologie für Pädagogen
Olshausenstraße 75
24118 Kiel
Deutschland
nmachts@ipl.uni-kiel.de

330

Marmé, Nicole, Prof. Dr.
Pädagogische Hochschule Heidelberg
Institut für Mathematik und Informatik
Bergheimerstr.104
69115 Heidelberg
Deutschland
marme@ph-heidelberg.de

498, 817, 853

Meier, Moritz
Universität Wien

61

Melle, Insa, Prof. Dr.
Technische Universität Dortmund
Chemie und ihre Didaktik
Otto-Hahn-Straße6
44227 Dortmund
Deutschland
insa.melle@tu-dortmund.de

480, 663, 699, 730

Machleid, Mareike
Goethe-Universität Frankfurt
Institut für Didaktik der Chemie
Max-von-Laue-Str. 7
60438 Frankfurt
machleid@chemie.uni-frankfurt.de

174

Markic, Silvija, Prof. Dr.
Ludwig-Maximilians-Universität München
Department Chemie
Butenandtstr.5-13/HausD
81377 München
Deutschland
s.markic@cup.lmu.de

146, 350, 414

Marohn, Annette, Prof. Dr.
103, 702, 706, 849, 857, 929, 941, 953, 1005

Meier, Monique, Dr.
Universität Kassel
Didaktik der Biologie / Digitalisierung
Heinrich-Plett-Str. 40
34132 Kassel
Deutschland
mmeier@uni-kassel.de

510

Menthe, Jürgen, Prof. Dr.
Universität Hildesheim
Didaktik der Chemie
Universitätsplatz1
31141 Hildesheim
Deutschland
menthe@uni-hildesheim.de

198, 402

Mertlik, Darius

Technische Universität Dresden
Professur für Bautechnik und Holztechnik sowie
Farbtechnik und Raumgestaltung/Berufliche
Didaktik; Berufliche Fachrichtung Labor- und
Prozesstechnik, Didaktik der Chemie
Malterstraße 48
1159 Dresden
darius.mertlik@tu-dresden.de

774

Meyer, André

Leibniz Universität Hannover
Institut für Didaktik der Mathematik und Physik -
Arbeitsgruppe Physikdidaktik
meyer_andre@outlook.com

710

Meyer, Pascal

Westfälische Wilhelms-Universität Münster
Institut für Didaktik der Chemie
Corrensstraße 48
48149 Münster
chdid@wwu.de

929

Mientus, Lukas, Prof. Dr.

Universität Potsdam
Didaktik der Physik
Karl-Liebknecht-Str. 25-25
14476 Potsdam
andreas.borowski@uni-potsdam.de

302, 985, 997

Milker, Clemens

Weberplatz 5
clemens.milker@tu-dresden.de

406

Metzger, Susanne, Prof. Dr.

Fachhochschule Nordwestschweiz
Leiterin Zentrum Naturwissenschafts- und
Technikdidaktik
Hofackerstrasse30
4132 Muttenz
Schweiz
susanne.metzger@fhnw.ch

131

Meyer, David

Universität Oldenburg
Didaktik der Chemie
Carl von Ossietzky Straße 9-11
26129 Oldenburg
david.meyer@uni-oldenburg.de

318

Micoloi, Magdalena

TU Dresden
Didaktik der Physik
Haeckelstraße 3
1069 Dresden
magdalena.micoloi@tu-dresden.de

79

Mikelskis-Seifert, Silke

PH Freiburg

286, 290

Milwa, Deborah

Universität Kassel
Didaktik der Physik
Heinrich-Plett-Straße 40
34132 Kassel
d.milwa@uni-kassel.de

390

Möhlenkamp, Michelle

Universität Duisburg-Essen

Didaktik der Chemie

Schützenbahn 70

45127 Essen

michelle.moehlenkamp@uni-due.de

691

Möller, Jens, Prof. Dr.

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Psychologie für Pädagogen

Olshausenstraße 75

24118 Kiel

Deutschland

jmoeller@ipl.uni-kiel.de

330

Möller, Stephanie, Dr.

FH Münster

FB Chemieingenieurwesen

Stegerwaldstraße 39

48565 Steinfurt

Deutschland

stephanie.moeller@fh-muenster.de

398

Morek, Miriam, Prof. Dr.

981

Müller, Freya, Prof. Dr.

Freie Universität Berlin

Didaktik des Sachunterrichts

Habelschwerdter Allee 45

14195 Berlin

hilde.koester@fu-berlin.de

679

Möller, Ivonne, Dr.

Ruhr-Universität Bochum

Fakultät für Physik und Astronomie

Universitätsstr.150

44801 Bochum

Deutschland

ivonne.moeller@physik.ruhr-uni-bochum.de

242

Möller, Rebecca

Universität Hamburg

Didaktik der Physik

Von-Melle-Park8

20146 Hamburg

Deutschland

rebecca.moeller@uni-hamburg.de

961, 965

Mönch, Corinna

Pädagogische Hochschule Ludwigsburg

Institut für Chemie, Physik und Technik

Reuteallee 46

71634 Ludwigsburg

corinna.moench@ph-ludwigsburg.de

414

Müller, Andreas, Prof. Dr.

Universität Genf

Institut Universitaire de Formation des Enseignants

Boulevard de Pont d'Arve 40

Genf

Schweiz

andreas.mueller@unige.ch

667, 722

Müller, Stefan, Dr.

Universität zu Köln

Institut für Chemiedidaktik

Herbert-Lewin-Str. 2

50931 Köln

s.mueller@uni-koeln.de

821

Murer, Livia

Pädagogische Hochschule Zürich
Forschungsgruppe Naturwissenschaftsdidaktik
Lagerstrasse 2
8090 Zürich
livia.murer@phzh.ch

127

Neff, Sascha

Universität Koblenz-Landau
Institut für naturwissenschaftliche Bildung - AG
Chemiedidaktik
Fortstraße 7
76829 Landau
neff@uni-landau.de

203

Nell, Sebastian

RWTH Aachen University
I. Physikalisches Institut IA
Otto-Blumenthal-Straße
52074 Aachen
nell@physik.rwth-aachen.de

442

Nerdel, Claudia, Prof. Dr.

Technische Universität München
Fachdidaktik Life Sciences
Arcisstraße 21
80333 München
Deutschland
claudia.nerdel@tum.de

576, 580

Nickel, Sebastian

Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
Didaktik der Chemie
Regensburger Str. 160
90478 Nürnberg
sebastian.nickel@fau.de

742

Mutschler, Tanja

Universität Potsdam
Didaktik der Physik
Karl-Liebknecht-Str. 24/25
14476 Potsdam
tmutschl@uni-potsdam.de

825

Nehring, Andreas, Prof. Dr.

Leibniz Universität Hannover
Institut für Didaktik der Naturwissenschaften
Am Kleinen Felde 30
30167 Hannover
Deutschland
nehring@idn.uni-hannover.de

131, 135, 214, 250, 354, 639

Nepper, Hannes Helmut

PH Schwäbisch Gmünd

61

Neumann, Irene, Dr.

Leibniz-Institut für die Pädagogik der
Naturwissenschaften und Mathematik
Didaktik der Mathematik
Olshausenstraße 62
24118 Kiel
Deutschland
ineumann@leibniz-ipn.de

567

Niehaves, Björn, Prof. Dr. Dr.

Universität Siegen
Wirtschaftsinformatik
Adolf-Reichwein-Str. 2
57076 Siegen
Deutschland
bjoern.niehaves@uni-siegen.de

636

Niethammer, Manuela, Prof. Dr.

Didaktik der Chemie
TUDresden

226

Nowak, Anna

Universität Potsdam
Didaktik der Physik
Karl-Liebknecht-Str.24/25
14476 Potsdam
Deutschland
anna.nowak@uni-potsdam.de

302, 985, 997

Oberbremer, Annika

Technische Universität Braunschweig
Institut für Fachdidaktik der Naturwissenschaften,
Abteilung Chemie und Chemiedidaktik
BienroderWeg82
38106 Braunschweig
Deutschland
a.nimz@tu-braunschweig.de

186

Oliveira, Karina

Universität Siegen
Didaktik der Chemie
Ferndorfer Str. 95
57223 Kreuztal
karina.soliveira@uni-siegen.de

636

Österlein, Jan-Martin

Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
jan-martin.oesterlein@uni-due.de

981

Nordmeier, Volkhard, Prof. Dr.

Freie Universität Berlin
Didaktik der Physik
Arnimallee14
14195 Berlin
Deutschland
volkhard.nordmeier@fu-berlin.de

322, 627, 695

Obczovsky, Markus

Universität Graz
Institut für Physik, Physikdidaktik
Universitätsplatz 3
8010 Graz
markus.obczovsky@uni-graz.at

298

Oldag, Jos

Leibniz Universität Hannover
IDN - Fachgebiet Didaktik der Chemie
Am Kleinen Felde 30
30167 Hannover
Deutschland
oldag@idn.uni-hannover.de

139, 214

Oltmanns, Stefan

Universität Bremen
Physikdidaktik
Otto-Hahn-Allee 1
28334 Bremen
Deutschland
s.oltmanns@uni-bremen.de

869

Pawlak, Felix

Eberhard Karls Universität Tübingen
Didaktik der Chemie
Auf der Morgenstelle 18
72076 Tübingen
felix.pawlak@uni-tuebingen.de

402

Peifer, Patrick
Universität des Saarlandes
Didaktik der Primarstufe: Sachunterricht
Campus C6 3
66123 Saarbrücken
Deutschland
patrick.peifer@uni-saarland.de

514 ,518, 521, 525, 540

Peter, Stefanie
Universität Augsburg
Didaktik der Physik
Universitätsstraße 1
86159 Augsburg
stefanie.peter@physik.uni-augsburg.de

937

Pfläging, Marisa
Universität Potsdam
Didaktik der Physik
Karl-Liebnecht-Str. 24/25
14476 Potsdam
marisa.pflaeging@uni-potsdam.de

294

Pietzner, Verena
Universität Vechta

238, 318

Plotz, Thomas, HS-Prof. Dr.
Kirchlich Pädagogische Hochschule Wien/Krems
Mayerweckstraße 1
1210 Wien
Österreich
thomas.plotz@kphvie.ac.at

588, 600

Peschel, Markus, Prof. Dr.
Universität des Saarlandes
Didaktik des Sachunterrichts
Campus C 6.3
66123 Saarbrücken
Deutschland
markus.peschel@uni-saarland.de

514 ,518, 521, 525, 540

Pfeiffer, Catharina Philine
Leibniz Universität Hannover
Institut für Didaktik der Naturwissenschaften
Am Kleinen Felde 30
30167 Hannover
pfeiffer@idn.uni-hannover.de

639

Pieschl, Stephanie, Prof. Dr.
TU Darmstadt
Pädagogische Psychologie
Alexanderstraße 10
64283 Darmstadt
pieschl@psychologie.tu-darmstadt.de

901

Plicht, Katja
Hochschule Ruhr West
Institut Naturwissenschaften
Duisburger Straße 100
45479 Mülheim an der Ruhr
katja.plicht@hs-ruhrwest.de

434

Pöloth, Benjamin, Dr.
Universität Tübingen
Didaktik der Chemie
Auf der Morgenstelle 18
72076 Tübingen
benjamin.poelloth@uni-tuebingen.de

218

Prechtl, Markus, Prof. Dr.
Technische Universität Darmstadt
Fachbereich Chemie / Fachdidaktik Chemie
Alarich-Weiss-Straße4
64287 Darmstadt
Deutschland
markus.prechtl@tu-darmstadt.de

631

Priemer, Burkhard, Prof. Dr.
Humboldt-Universität zu Berlin
Didaktik der Physik
Newtonstraße15
12489 Berlin
Deutschland
priemer@physik.hu-berlin.de

162, 166

Przywarra, Tobias
Universität Koblenz-Landau, Campus Landau
Fortstr. 7
76829 Landau
przywarra@uni-landau.de

466, 616

Ratzek, Johanna H.
Universität Hamburg
Didaktik der Physik
Von-Melle-Park 8
20146 Hamburg
johanna.ratzek@uni-hamburg.de

334

Rau-Patschke

758

Prewitz, Niklas
Universität zu Köln
Institut für Chemiedidaktik
Herbert-Lewin-Straße 2
50931 Köln
niklas.prewitz@uni-koeln.de

897

Priert, Christina
Universität Hildesheim
Didaktik der Chemie
Universitätsplatz 1
31141 Hildesheim
priert@uni-hildesheim.de

198

Rabe, Thorid, Prof. Dr.
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Didaktik der Physik
Hoher Weg 8
6120 Halle(Saale)
Deutschland
thorid.rabe@physik.uni-halle.de

202, 326, 458, 547, 833

Rau, Martina, Prof. Dr.
University of Wisconsin

4

Rehberg, Jana
Goethe Universität Frankfurt
Didaktik der Physik
Max-von-Laue-Str. 1
60439 Frankfurt
rehberg@physik.uni-frankfurt.de

362, 555

Rehm, Markus, Prof. Dr.

PH Heidelberg
Didaktik der Chemie
Im Neuenheimer Feld 561
69120 Heidelberg
Deutschland
rehm@ph-heidelberg.de

310, 374, 528, 536, 91

Reiners, Christiane S., Prof. Dr.

Universität zu Köln
Institut für Chemiedidaktik
Herbert-Lewin-Straße2
50931 Köln
Deutschland
christiane.reiners@uni-koeln.de

83

Reith, Marco

Leibniz Universität Hannover
Institut für Didaktik der Naturwissenschaften -
Fachgebiet Chemiedidaktik
Am Kleinen Felde 30
30167 Hannover
reith@idn.uni-hannover.de

131

Reuter, Christiane, Dr.

Universität Würzburg
Lehrstuhl für Pädagogik bei Geistiger Behinderung
WittelsbacherPlatz1
97072 Würzburg
Deutschland
Christiane.Reuter@uni-wuerzburg.de

342

Richter-Gebert, Jürgen, Prof. Dr.

Technische Universität München

56

Reimer, Stefanie

Universität Regensburg
Didaktik der Chemie
Universitätsstraße 31
93053 Regensburg
stefanie.reimer@chemie.uni-regensburg.de

989

Reinhold, Peter, Prof. Dr.

Universität Paderborn
Didaktik der Physik
Warburger Str. 100
33098 Paderborn
preinhold@mail.uni-paderborn.de

378, 543, 551

Reuschling, Theresa

Westfälische Wilhelms-Universität Münster
Institut für Didaktik der Chemie
Corrensstraße 48
48149 Münster
chdid@wwu.de

706

Richter, Dirk, Prof. Dr.

Universität Potsdam
Erziehungswissenschaftliche Bildungsforschung
Karl-Liebknecht-Str.24/25
14476 Potsdam
Deutschland
dirk.richter@uni-potsdam.de

294

Rieger, Marc Bastian

Universität Koblenz-Landau, Campus Landau
AG Chemiedidaktik
Fortstraße 7
76829 Landau
rieger@uni-landau.de

111

Riese, Josef, Prof. Dr.

RWTH Aachen
Didaktik der Physik und Technik
Sommerfeldstraße14
52074 Aachen
Deutschland
riese@physik.rwth-aachen.de

107, 494, 794, 802, 869, 873

Rincke, Karsten, Prof. Dr.

Universität Regensburg
Didaktik der Physik
Universitätsstr.31
93053 Regensburg
Deutschland
karsten.rincke@physik.uni-regensburg.de

71, 366, 718, 829

Rodemer, Marc, Dr.

Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn70
45127 Essen
Deutschland
marc.rodemer@uni-due.de

394, 909, 921, 977

Römer, Daniel

Pädagogische Hochschule Schwäbisch Gmünd
Didaktik der Physik
Oberbettringer Straße 200
73525 Schwäbisch Gmünd
daniel.roemer@ph-gmuend.de

229

Ropohl, Mathias, Prof. Dr.

Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn70
45127 Essen
Deutschland
mathias.ropohl@uni-due.de

194, 337, 643, 691, 736, 981

Rieß, Falk, Dr.

Universität Oldenburg
Didaktik der Physik
Carl-von-Ossietzky-Str.9-11
26129 Oldenburg
Deutschland
falk.riess@uol.de

905

Risch, Björn, Prof. Dr.

111, 119, 430, 466, 616

Rohr, Sebastian

Universität Regensburg
Didaktik der Chemie
Universitätsstraße 31
93053 Regensburg
sebastian.rohr@ur.de

745

Ropac, Stefan

Pädagogische Hochschule Steiermark
Institut für Sekundarstufe Allgemeinbildung
Hasnerplatz 12
8010 Graz
stefan.ropac@edu.uni-graz.at

592

Roski, Marvin

Leibniz Universität Hannover
IDN - Fachgebiet Didaktik der Chemie
Am Kleinen Felde 30
30167 Hannover
Deutschland
roski@idn.uni-hannover.de

135, 214

Rost, Marvin, Dr.

Universität Wien
Österreichisches Kompetenzzentrum für Didaktik
der Chemie
Porzellangasse 4/2/2
1090 Wien
marvin.rost@univie.ac.at

398

Röwekamp, Steffen

Westfälische Wilhelms-Universität Münster
Institut für Didaktik der Chemie
Corrensstraße 48
48149 Münster
chdid@wwu.de

702

Rumann, Stefan, Prof. Dr.

Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie/Institut für Sachunterricht
Schützenbahn70
45127 Essen
Deutschland
stefan.rumann@uni-due.de

2, 675, 909, 921, 977

Sajons, Christin, Dr.

Universität Oldenburg
Didaktik der Physik und
Wissenschaftskommunikation
Carl-von-Ossietzky-Straße9-11
26129 Oldenburg
Deutschland
christin.marie.sajons@uni-oldenburg.de

306

Schaber, Muriel

Leibniz Universität Hannover
Institut für Didaktik der Mathematik und Physik -
AG Physikdidaktik
Welfengarten 1A
30167 Hannover
schaber@idmp.uni-hannover.de

810

Rott, Lisa

702

Rueda, Antonio, Dr.

Universität Potsdam
Didaktik der Physik
ruedamunoz@uni-potsdam.de

608

Rüschepöhler, Lilith, Dr.

Pädagogische Hochschule Ludwigsburg
Didaktik der Chemie
Reuteallee 46
71634 Ludwigsburg
rueschepoehler@ph-ludwigsburg.de

146

Salim, Cem Aydin

PH Freiburg
Didaktik der Physik
Kunzenweg 21
79117 Freiburg
cem.salim@ph-freiburg.de

282

Schade, Svenja

Technische Universität Dortmund
Chemie und ihre Didaktik
Otto-Hahn-Straße 6
44227 Dortmund
svenja.schade@tu-dortmund.de

663

Schäfer, Xenia
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
Didaktik der Chemie
Regensburger Straße 160
90478 Nürnberg
xenia.schaefer@fau.de

770

Schauer, Regina, Dr.
Universität Hamburg
Didaktik der Physik
Von-Melle-Park 8
20146 Hamburg
regina.schauer@uni-hamburg.de

965

Schild, Nikola, Dr.
Freie Universität Berlin
Didaktik der Physik
Animallee 14
14195 Berlin
nikola.schild@fu-berlin.de

695

Schmeling, Sascha, Dr.
CERN
Esplanade des Particules 1
1211 Genf23
Schweiz
sascha.schmeling@cern.ch

278, 450, 722

Schmiemann, Philipp, Prof. Dr.
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Biologie
Universitätsstraße 2
45141 Essen
Deutschland
philipp.schmiemann@uni-due.de

563, 675

Schanze, Sascha, Prof. Dr.
Leibniz Universität Hannover
Institut für Didaktik der Naturwissenschaften -
Fachgebiet Didaktik der Chemie
Am Kleinen Felde 30
30167 Hannover
Deutschland
schanze@idn.uni-hannover.de

139, 214, 734, 806

Scheer, Stina, M. Sc.
Leibniz Universität Hannover
Institut für Didaktik der Mathematik und Physik -
AG Physikdidaktik
Welfengarten 1a
30167 Hannover
Deutschland
scheer@idmp.uni-hannover.de

969

Schiolko, Marcus
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
marcus.schiolko@uni-duisburg-essen.de

643

Schmidt, Adrian
Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover
Institut für Didaktik der Mathematik und Physik
Welfengarten 1
30167 Hannover
schmidt@idmp.uni-hannover.de

917

Schmitt, Kevin
Technische Universität Darmstadt
Didaktik der Physik
Hochschulstraße 12
64289 Darmstadt
kevin_richard.schmitt@tu-darmstadt.de

179

Schneeweiss, Annika
Technische Universität München

56

Schubatzky, Thomas, Jun.-Prof. Dr.
Universität Innsbruck
Didaktik der Physik
Technikerstraße 25
6020 Innsbruck
Österreich
thomas.schubatzky@gmail.com

107, 206, 262, 298, 494, 813, 873

Schübler, Katrin, Dr.
Universität Duisburg-Essen
Chemiedidaktik
Schützenbahn 70
45127 Essen
katrin.schuessler@uni-due.de

559

Schwanke, Hagen
Universität Würzburg
Physik und ihre Didaktik
Emil-Hilb-Weg 22
97074 Würzburg
hagen.schwanke@physik.uni-wuerzburg.de

67, 584

Schwedler, Stefanie, Prof. Dr.
Universität Bielefeld
Didaktik der Chemie
Universitätsstraße 25
33615 Bielefeld
Deutschland
stefanie.schwedler@uni-bielefeld.de

89

Schneider, Susanne, Prof. Dr.
Universität Göttingen
Didaktik der Physik
Friedrich-Hund-Platz 1
37077 Göttingen
Deutschland
sschnei@uni-goettingen.de

358

Schulz, Johannes, Dr.
Humboldt-Universität zu Berlin
Didaktik der Physik
Newtonstraße 15
12489 Berlin
schulzj@physik.hu-berlin.de

162

Schwanewedel, Julia, Prof. Dr.
Universität Hamburg
Didaktik der Biologie
Von-Melle-Park 8
20146 Hamburg
Deutschland
julia.schwanewedel@uni-hamburg.de

194

Schwarzer, Stefan, Prof. Dr.

218

Schweizer, Malte
Leibniz Universität Hannover
Institut für Didaktik der Naturwissenschaften -
Chemiedidaktik
Am Kleinen Felde 30
30167 Hannover
Schweizer@idn.uni-hannover.de

734

Seibert, Johann-Nikolaus, Dr.

Universität des Saarlandes
Didaktik der Chemie
Campus B2 2
66123 Saarbrücken
Deutschland
johann.seibert@uni-saarland.de

462

Sommer, Katrin, Prof. Dr.

766

Sowinski, Ronja

Leuphana Universität Lüneburg
Didaktik der Naturwissenschaften
Universitätsallee 1
21335 Lüneburg
Ronja.sowinski@stud.leuphana.de

973

Speiser, Jan

Universität Oldenburg
Didaktik der Physik
Carl-von-Ossietzky-Str. 9-11
26129 Oldenburg
jan.speiser@uol.de

905

Spitzer, Philipp, Jun.-Prof. Dr.

Universität Graz
Institut für Chemie, Chemiedidaktik
Heinrichstraße 28/VI
8010 Graz
Österreich
philipp.spitzer@uni-graz.at

620, 813

Siegmann, Sophia

Leibniz Universität Hannover
Institut der Didaktik für Mathematik und Physik
Welfengarten 1a
30167 Hannover
siegmann@idmp.uni-hannover.de

624

Sonnenschein, Ines, Dr.

FH Münster
Wandelwerk. Zentrum für Qualitätsentwicklung
Johann-Krane-Weg21
48149 Münster
Deutschland
ines.sonnenschein@fh-muenster.de

398

Spatz, Verena, Jun.-Prof. Dr.

Technische Universität Darmstadt
AG Didaktik der Physik
Hochschulstraße 12
64289 Darmstadt
Deutschland
verena.spatz@physik.tu-darmstadt.de

178, 262, 362, 555, 782, 901

Spitha, Natalia, Dr.

Humboldt Universität zu Berlin
Institut für Chemie, Fachdidaktik & Lehr-
/Lernforschung Chemie
Brook-Taylor-Straße 2
12489 Berlin
natalia.spitha@hu-berlin.de

885

Sprysch, Ayleen

Westfälische Wilhelms-Universität Münster
Institut für Didaktik der Chemie
Corrensstraße 48
48149 Münster
chdid@wwu.de

690, 786

Steffen, Andreas, Prof. Dr.
Technische Universität Dortmund
Fakultät für Chemie und Chemische Biologie -
Lehrstuhl für Anorganische Chemie
Otto-Hahn-Straße 6
44229 Dortmund
Deutschland

478

Steinmetz, Tilmann
PSE Stuttgart-Ludwigsburg
Physik und ihre Didaktik
Reutealle 46
71634 Ludwigsburg
tilmann.steinmetz@ph-ludwigsburg.de

651

Sterzing, Fabian
Universität Paderborn
Didaktik der Physik
Warburger Str. 100
33098 Paderborn
fabian.sterzing@upb.de

3748, 386

Stöger, Benjamin
Technische Universität München
Professur für Fachdidaktik Life Sciences
Arcisstraße 21
80333 München
benjamin.stoeger@tum.de

576

Streller, Sabine, Dr.
Freie Universität Berlin
Didaktik der Chemie
Haderslebener Straße 9
12163 Berlin
Deutschland
sabine.streller@fu-berlin.de

210, 266

Steinbach, Martin
Universität Duisburg Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
martin.steinbach@uni-due.de

394

Stender, Anita, Dr.
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Physik
Universitätsstr. 2
45117 Essen
Deutschland
anita.stender@uni-due.de

687

Stinken-Rösner, Lisa, Dr.
Leuphana Universität Lüneburg
Didaktik der Naturwissenschaften
Universitätsallee 1
21335 Lüneburg
Deutschland

402

Stolzenberger, Christoph, Dr.
Julius-Maximilians-Universität Würzburg
Lehrstuhl für Physik und ihre Didaktik
Emil-Hilb-Weg 22
97074 Würzburg
Deutschland
christoph.stolzenberger@physik.uni-wuerzburg.de

91, 584

Strieth, Dorina

616

Strippel, Christian Georg, Dr.

Ruhr-Universität Bochum
Didaktik der Chemie
Universitätsstraße 150
44801 Bochum
christian.strippel@rub.de

766

Sührig, Laura

Goethe-Universität Frankfurt
Institut für Didaktik der Physik
Max-von-Laue-Straße 1
60438 Frankfurt am Main
suehrig@physik.uni-frankfurt.de

346

Syskowski, Sabrina, Dr.

Universität Konstanz
AG Huwer
Universitätsstraße 10
78464 Konstanz
sabrina.syskowski@uni-konstanz.de

95

Tenberge, Claudia, Prof. Dr.

Universität Paderborn
Sachunterrichtsdidaktik mit sonderpädagogischer
Förderung
WarburgerStr.100
33098 Paderborn
Deutschland
claudia.tenberge@upb.de

925

Theyßen, Heike, Prof. Dr.

Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Physik
Universitätsstr.2
45141 Essen
Deutschland
heike.theysen@uni-due.de

154, 563, 675, 683, 687

Stuppan, Sebastian

Pädagogische Hochschule Luzern
Institut für Fachdidaktik Natur, Mensch,
Gesellschaft (IF NMG)
Sentimatt 1
6003 Luzern
sebastian.stuppan@phlu.ch

374

Svedkijs, Alexandra

Pädagogische Hochschule Heidelberg
Institut für Mathematik und Informatik
Bergheimer Str. 104
69115 Heidelberg
abramova@ph-heidelberg.de

853

Teichrew, Albert

Goethe-Universität Frankfurt
Institut für Didaktik der Physik
Max-von-Laue-Str. 1
60438 FrankfurtamMain
Deutschland
teichrew@physik.uni-frankfurt.de

87, 254, 346

Tepner, Oliver, Prof. Dr.

Universität Regensburg
Didaktik der Chemie
Universitätsstraße31
93053 Regensburg
Deutschland
oliver.tepner@ur.de

778, 841, 845, 989

Thoms, Lars-Jochen, Dr.

Universität Konstanz
Brückenlehrstuhl für Fachdidaktik der
Naturwissenschaften (AG Huwer)
Universitätsstraße 10
78464 Konstanz
Deutschland
lars.thoms@uni-konstanz.de

510

Thyssen, Christoph, Prof. Dr.
Technische Universität Kaiserslautern
AG Didaktik der Biologie
ErwinSchrödingerStr.
67663 Kaiserslautern
Deutschland
thyssen@rhrk.uni-kl.de

510

Tischer, Jonas
Universität Oldenburg
Didaktik der Physik und
Wissenschaftskommunikation
Carl-von-Ossietzky-Straße 9-11
26129 Oldenburg
jonas.tischer@uni-oldenburg.de

306

Trauten, Florian
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
florian.trauten@uni-due.de

474

Tremmel, Michael
Goethe-Universität Frankfurt am Main
Pädagogische Psychologie
Theodor-W.-Adorno-Platz 6
60629 FrankfurtamMain
Deutschland
tremmel@psych.uni-frankfurt.de

87

Tutt, Saskia
Technische Universität Dortmund
Chemie und ihre Didaktik
Otto-Hahn-Str. 6
44227 Dortmund
saskia.tutt@tu-dortmund.de

699

Tiemann, Rüdiger, Prof. Dr.
Humboldt-Universität zu Berlin
Fachdidaktik und Lehr-/ Lernforschung Chemie
Brook-TaylorStr.2
12489 Berlin
Deutschland
ruediger.tiemann@hu-berlin.de

370, 470, 506, 885, 917, 933

Tonyali, Büşra
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
buesra.tonyali@uni-due.de

194

Trefzger, Thomas, Prof. Dr.
Universität Würzburg
Physik und ihre Didaktik
Emil-Hilb-Weg/22
97074 Würzburg
Deutschland
trefzger@physik.uni-wuerzburg.de

67, 91, 584, 612, 865, 881, 1001

Tschiersch, Anja
Universität Potsdam
Didaktik der Chemie
Karl-Liebknecht-Straße 24/25
14476 Potsdam
tschiers@uni-potsdam.de

571, 573

Ubben, Malte

99

Ullrich, Mark, Dr.

Goethe-Universität Frankfurt
Institut für Psychologie
Theodor-W.-Adorno-Platz 6
60629 FrankfurtamMain
Deutschland
m.ullrich@psych.uni-frankfurt.de

87, 346

Vairo Nunes, Renan

Goethe-Universität Frankfurt am Main
Institut für Didaktik der Physik
Max-von-Laue-Str.1
60438 FrankfurtamMain
Deutschland
VairoNunes@physik.uni-frankfurt.de

246, 655

Vogelsang, Christoph, Dr.

Universität Paderborn
Zentrum für Bildungsforschung und Lehrerbildung
Mersinweg 3
33100 Paderborn
Deutschland
christoph.vogelsang@upb.de

869

von der Heide, Robert

Leibniz Universität Hannover
Institut für Didaktik der Naturwissenschaften -
Fachgebiet Didaktik der Chemie
Am Kleinen Felde 30
30167 Hannover
vdheide@idn.uni-hannover.de

806

von Wachter, Jana-Kirstin

Technische Universität München

56

Unger, Paul,

Universität Regensburg
Didaktik der Physik
Universitätsstr. 31
93053 Regensburg
paul-m-e.unger@physik.uni-r.de

50, 718

van Vorst, Helena, Dr.

Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn70
45127 Essen
Deutschland
helena.vanvorst@uni-due.de

1, 150, 258, 691

von Aufschnaiter, Claudia, Prof. Dr.

Justus-Liebig-Universität Gießen
Institut für Didaktik der Physik
Karl-Glöckner-Straße 21 C
35394 Gießen
Deutschland
cvaufschnaiter@jlug.de

426

von Kotzebue, Lena, Prof. Dr.

Paris-Lodron-Universität Salzburg
AG Didaktik der Bio- und Geowissenschaften
Hellbrunner Straße 34
5020 Salzburg
Österreich
lena.vonkotzebue@sbg.ac.at

510

Vorholzer, Andreas, Prof. Dr.

Technische Universität München
School of Social Sciences and Technology
Arcisstr.21
80333 München
andreas.vorholzer@tum.de

127, 426

Wackermann, Rainer, Dr.

Ruhr-Universität Bochum
Didaktik der Physik
Universitätsstraße 150
44780 Bochum
Deutschland

50, 206

Walpuski, Maik, Prof. Dr.

Universität Duisburg-Essen
Chemiedidaktik
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
maik.walpuski@uni-due.de

123, 182, 394, 474, 559

Watzka, Bianca, Jun.Prof. Dr.

Otto-von-Guericke Universität Magdeburg
Institut für Physik
Universitätsplatz 2
39106 Magdeburg
bianca.watzka@ovgu.de

588, 604

Webersen, Yvonne, Dr.

Universität Paderborn
Didaktik der Physik
Warburger Str. 100
33098 Paderborn
Deutschland
yvonne.webersen@upb.de

750, 754

Weiler, David Christoph

Eberhard Karls Universität Tübingen
AG Didaktik der Physik
Auf der Morgenstelle 14
72076 Tübingen
david-christoph.weiler@uni-tuebingen.de

61, 107, 494, 873

Walpert, Daniel

Universität Kassel
Didaktik der Physik
Heinrich-Plett-Str. 40
34132 Kassel
walpert@physik.uni-kassel.de

502

Watts, Elizabeth, Dr.

Universität Kassel
Didaktik der Biologie
Heinrich-Plett-Str. 40
34132 Kassel
Deutschland

402

Weatherby, Thomas Sean

Goethe-Universität Frankfurt
Institut für Didaktik der Physik
Max-von-Laue-Straße 1
60438 Frankfurt am Main
weatherby@physik.uni-frankfurt.de

274

Weckler, Julius

426

Weirauch, Katja, Dr.

Universität Würzburg
Didaktik der Chemie
Am Hubland
97074 Würzburg
Katja.Weirauch@uni-wuerzburg.de

342

Weißbach, Anna

Universität Bremen
Institut für Didaktik der Naturwissenschaften - Abt.
Physikdidaktik
Otto-Hahn-Allee 1
28359 Bremen
anna.weissbach@uni-bremen.de

993

Welzel-Breuer, Manuela, Prof. Dr.

Pädagogische Hochschule Heidelberg
Didaktik der Physik
ImNeuenheimerFeld561
69120 Heidelberg
Deutschland
welzel@ph-heidelberg.de

158

Wiedmann, Julia

Universität Duisburg-Essen
Institut für Sachunterricht
Schützenbahn 70
45127 Essen
julia.wiedmann@uni-due.de

909

Wiesner, Hartmut, Prof. Dr. Dr.

Ludwig-Maximilians-Universität München
Lehrstuhl für Didaktik der Physik
Geschwister-Scholl-Platz 1
80539 München
Deutschland
hartmut_wiesner@t-online.de

746

Wilhelm, Thomas, Prof. Dr.

Goethe-Universität Frankfurt
Institut für Didaktik der Physik
Max-von-Laue-Straße1
60438 FrankfurtamMain
Deutschland
wilhelm@physik.uni-frankfurt.de

262, 274, 278, 362, 555, 746, 901

Welberg, Julia

Westfälische Wilhelms-Universität Münster
Institut für Didaktik der Physik
Wilhelm-Klemm-Straße 10
48149 Münster
julia.welberg@uni-muenster.de

446

Werner, Bernhard, Dr.

Technische Universität München

56

Wiener, Jeff, Dr.

CERN
Teacher and Student Programmes
Esplanade des Particules 1
0 Genf23
Schweiz
jeff.wiener@cern.ch

722

Wilhelm, Markus, Prof. Dr.

Pädagogische Hochschule Luzern
Institut für Fachdidaktik Natur, Mensch und
Gesellschaft
Sentimatt1
6003 Luzern
Schweiz
markus.wilhelm@phlu.ch

374

Winkelmann, Jan, Jun.-Prof. Dr.

Pädagogische Hochschule Schwäbisch Gmünd
Didaktik der Physik
Oberbettringerstraße200
73525 SchwäbischGmünd
Deutschland
jan.winkelmann@ph-gmuend.de

87, 234, 346

Winkens, Tobias
RWTH Aachen University
I. Physikalische Institut IA
Sommerfeldstraße 16
52074 Aachen
tobias.winkens@rwth-aachen.de

762

Wittchen, Sascha
Freie Universität Berlin
Didaktik der Chemie
Haderslebener Straße 9
12163 Berlin
s.wittchen@fu-berlin.de

330

Wöhlke, Carina, Dr.
Ruhr-Universität Bochum
Didaktik der Physik
Universitätsstraße 150
44780 Bochum
carina.woehlke@rub.de

206

Wörner, Salome
Leibniz-Institut für Wissensmedien
Schleichstraße 6
72076 Tübingen
Deutschland
s.woerner@iwm-tuebingen.de

714

Ying, Yike, Dr.
Humboldt-Universität zu Berlin
Didaktik der Chemie
Abram Joffe Str 18 Huas 3 Zimmer 030209
12489 Berlin
yingyike@hu-berlin.de

370

Wirth, Joachim, Prof. Dr.
Ruhr-Universität Bochum

766

Wodzinski, Rita, Prof. Dr.
Universität Kassel
Didaktik der Physik
Heinrich-Plett-Str.40
34132 Kassel
Deutschland
wodzinski@physik.uni-kassel.de

46, 390, 502, 750

Woithe, Julia, Dr.
CERN
Esplanade des Particules 1
1211 Genf23
Schweiz
julia.woithe@cern.ch

450

Wulff, Peter, Jun.-Prof. Dr.
Pädagogische Hochschule Heidelberg
Physik und ihre Didaktik
Postfach 104240
69032 Heidelberg
Deutschland
peter.wulff@ph-heidelberg.de

19, 302, 985, 997

Zachert, Isabel

616

Zeller, Jannis
RWTH Aachen
Didaktik der Physik und Technik
Sommerfeldstraße16
52074 Aachen
Deutschland
zeller@physik.rwth-aachen.de

794, 869

Ziegler, Lisa
Universität des Saarlandes
Didaktik der Chemie
Campus B 2 2
66123 Saarbrücken
liziegler@t-online.de

790

Ziepprecht, Kathrin, Dr.
Universität Kassel
Didaktik der Physik
Heinrich-Plett-Straße40
34132 Kassel
Deutschland
k.ziepprecht@uni-kassel.de

390

Zöchling, Sarah
Universität Wien
CERN
Esplanade des Particules 1
1211 Genf 23
sarah.zoechling@cern.ch

450

Zwick, Linda
Universität Kassel
Didaktik der Physik
Heinrich-Plett-Straße 40
34132 Kassel
lzwick@mail.uni-paderborn.de

750

Zerouali, Amina
Technische Universität München
Didaktik der Chemie
Arcisstraße 21
80333 München
amina.zerouali@tum.de

56, 861

Ziegler, Birgit
TU Darmstadt

246

Zilz, Kendra
Universität Hamburg
Von-Melle-Park 8
20146 Hamburg
kendra.zilz@uni-hamburg.de

798

Zügge, Thomas, Dr.
Universität Greifswald

46

Die 49. Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDCP) wurde im September 2022 an der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule (RWTH) Aachen ausgerichtet.

Zum Tagungsthema „Lernen, Lehren und Forschen in einer digital geprägten Welt“ diskutierten neben den Plenarreferent*innen eine große Anzahl an Tagungsgästen.

Der vorliegende Band umfasst die ausgearbeiteten Beiträge der Teilnehmenden.

GDCP

www.gdcp-ev.de