Sebastian Habig (Hg.)

Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDCP)

Naturwissenschaftlicher Unterricht und Lehrerbildung im Umbruch?

Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik online Jahrestagung 2020

GDCP

Sebastian Habig (Hg.)
Naturwissenschaftlicher Unterricht und Lehrerbildung im Umbruch?

Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDCP)

Herausgeber: Sebastian Habig
Vorstand: Stefan Rumann (Sprecher), Katrin Sommer, Claudia von Aufschnaiter, Andreas Borowski, Christoph Vogelsang

Erscheinungsjahr 2021





https://creativecommons.org/licenses/by/2.0/de/

Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik

Band 41

Universität Duisburg-Essen

Sebastian Habig (Hg.)

Naturwissenschaftlicher Unterricht und Lehrerbildung im Umbruch?

Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik
online Jahrestagung
2020

Universität Duisburg-Essen

Inhaltsverzeichnis

Vorwort und Einführung

SEBASTIAN HABIG

Vorwort 1

STEFAN RUMANN

Einführung 2

Plenarvorträge

FRIEDERIKE KORNECK, LARS OETTINGHAUS & JAN LAMPRECHT

Physiklehrkräfte: Gewinnung – Professionalisierung – Kompetenzen 4

MATHIAS ROPOHL

Zum Einsatz von Medien für das Lehren und Lernen in den Naturwissenschaften 22

Ehrenmedaille

MARKUS REHM

Laudatio zur Verleihung der GDCP-Ehrenmedaille an Prof. Dr. Peter Buck (Heidelberg) 37

Hackathon

DAVID BUSCHHÜTER & PETER WULFF

Pre-Conference Hackathon der GDCP Jahrestagung 2020 41

TANJA MUTSCHLER, KATJA PLICHT & PETER WULFF

Die Vielfältigkeitsdimension Geschlecht in fachdidaktischen DFG-Anträgen 42

STEFAN SORGE, MARCUS KUBSCH, JUDITH BREUER, SABRINA SYSKOWSKI & CARINA WÖHLKE

Lehrkräftebildung neu gedacht - Ergebnisse des GDCP Hackathon 2020 45

ALINA BEHRENDT, FABIEN GÜTH, SIMON KAULHAUSEN, MARTIN STEINBACH, FABIAN STERZING, CHRISTOPH VOGELSANG & DAVID CHRISTOPH WEILER

Flexible Gestaltung von Datenerhebungen in Schulen und Universitäten 48

MARVIN ROST, DAVID BUSCHHÜTER, TINA GROTTKE & PHILIPP MÖHRKE

Entwicklung eines Workflows für quantitative Datenauswertungen in R für die MINT-Didaktiken 51

Gruppenvorträge

Vortragsblock A

FABIAN STOLLIN & CLAUS BOLTE

Analyse chemiedidaktisch relevanter diagnostischer Kompetenzen 54

INGRID KRUMPHALS & CLAUDIA HAAGEN-SCHÜTZENHÖFER

Einsatz von Video-Vignetten zur Förderung der Diagnosekompetenz 58

MARVIN ROST & RÜDIGER TIEMANN

Dimensionalitätsanalysen von Modellnutzung zur Erkenntnisgewinnung im Chemieunterricht 62

LEONIE LIEBER

Denken in Alternativen – Ein Aufgabendesign für Lernende in der OC 66

VERONIKA BILLE, MARIA OPFERMANN, JULIAN ROELLE & STEFAN RUMANN

Ikonisches Modellverständnis und Studienerfolg in Chemie 69

INES KOMOR, HELENA VAN VORST, ELKE SUMFLETH, JULIAN ROELLE & ECKART HASSELBRINK

Förderung des symbolisch-mathematischen Modellverständnisses 73

CHRISTINA LÜDERS, AHMAD ASALI, SEBASTIAN STAACKS & HEIDRUN HEINKE

Möglichkeiten zur Online-Selbsteinschätzung im Physikstudium 77

BIANCA PACZULLA, VANESSA FISCHER, ELKE SUMFLETH & MAIK WALPUSKI

Zur Studienabbruchintention von Bildungsaufsteigern im Chemiestudium 81

SALOME JANKE, SEBASTIAN HABIG, ELKE SUMFLETH & MAIK WALPUSKI

Clusteranalytische Ergebnisse: Studierendenprofile im Fach Chemie 85

INKA HAAK, LARA GILDEHAUS & MICHAEL LIEBENDÖRFER

Genese und Funktionen von Lerngruppen in der Studieneingangsphase Physik 89

PETER WULFF, DAVID BUSCHHÜTER, ANNA NOWAK & ANDREAS BOROWSKI

Computer-basierte Sprachanalyse von Reflexionstexten in der Physik 93

FABIAN POENSGEN & CHRISTIANE S. REINERS

Diagnose experimenteller Kompetenzen in der Chemielehrer*innenbildung 97

NINA SKORSETZ, STEFFEN WAGNER, THOMAS WILHELM & MANUELA WELZEL-BREUER

Brain Type und Nawi-Interesse von Grundschullehramtsstudierenden 101

Gruppenvorträge

Vortragsblock B

CARINA WÖHLKE & HEIKO KRABBE

Schriftliches Erklären im Physikunterricht unterstützen 105

OLIVER GREWE, MARIA TODOROVA & KORNELIA MÖLLER

Professionelles Wahrnehmen sprachsensibler Maßnahmen im Unterricht fördern 109

FABIAN STERZING, AGNES SZABONE VARNAI & PETER REINHOLD

Theoriebasierte Gestaltung & Validierung der Qualität von Erklärvideos 113

NADJA BELOVA & JAN MATHIS TIETJEN

Lernen über (!) soziale Medien im Chemieunterricht- eine Interviewstudie 117

PASCAL KLEIN, MERTEN DAHLKEMPER, MARIE-ANNETTE GEYER, STEFAN KÜCHEMANN, LANA IVANJEK, KATARINA JELIČIĆ & ANA SUŠAC

Evaluation der Online-Lehre Physik während COVID19 121

LUKAS GROOS & NICOLE GRAULICH

IVEX – Interaktive Videoexperimente auf dem Prüfstand 125

DAVID WOITKOWSKI

Problemlösefähigkeiten zu Studienbeginn 129

MARCO SEITER, HEIKO KRABBE & THOMAS WILHELM

Vergleich von Elementarisierungen der Mechanik in der Sekundarstufe I 133

WOLFGANG LUTZ, SEBASTIAN HAASE, JAN-PHILIPP BURDE, THOMAS WILHELM & THOMAS TREFZGER

Nutzung digitaler Materialien zum Elektronengasmodell im Homeschooling 137

JANA TAMPE & VERENA SPATZ

Evaluation eines interdisziplinären Seminars zur Erkenntnisgewinnung 141

JAN-PHILIPP BURDE, THOMAS SCHUBATZKY, CLAUDIA HAAGEN-SCHÜTZENHÖFER, THOMAS WILHELM, LIZA DOPATKA, VERENA SPATZ, LANA IVANJEK & MARTIN HOPF

Das Konzept „Elektrizitätslehre mit Potenzial“ aus Sicht der Lehrkräfte 145

HELENA VAN VORST & HATICE AYDOGMUS

Untersuchung der Kontextwahl von Lernenden im Chemieunterricht 149

SARAH ZÖCHLING, MARTIN HOPF, JULIA WOITHE & SASCHA SCHMELING

Die Rolle interessanter Inhalte und Kontexte im Physikunterricht 153

Gruppenvorträge

Vortragsblock C

ANDREAS BEDNAREK & RITA WODZINSKI

Universitätsbesuche: Ansatzpunkte für Reflexionen zu Nature of Science 157

ANASTASIA STRILIGKA, MICHAEL KOMOREK & DIMITRIS STAVROU

Lernprozesse von Schüler:innen bei der Interaktion mit Exponaten im Science Centers 161

KAI BLIESMER, ANNIKA ROSKAM & MICHAEL KOMOREK

Physikalische Dynamik der Küste an außerschulischen Lernorten 165

Inklusion und Naturwissenschaftsdidaktik

LISA STINKEN-RÖSNER, SIMONE ABELS, SARAH HUNDERTMARK, JÜRGEN MENTHE, ANDREAS NEHRING & LISA ROTT

Inklusion und Naturwissenschaften systematisch verknüpfen 169

MICHAELA OETTLE, SILKE MIKELSKIS-SEIFERT, KATJA SCHARENBERG & WOLFRAM ROLLETT

Erfassung der Barrierefreiheit von schulischen Experimentierumgebungen 173

LAURA SÜHRIG, KATJA HARTIG, ALBERT TEICHREW, JAN WINKELMANN, MARK ULLRICH, HOLGER HORZ & ROGER ERB

Inklusiv experimentieren? Ein Konzept für einen Physikunterricht für alle 177

SARAH BRAUNS & SIMONE ABELS

Kategoriensystem inklusiver naturwissenschaftlicher Unterricht (KinU) 181

NICOLE SCHRADER & CLAUS BOLTE

(Un)Wissen und Risikowahrnehmung von Schülern zum Thema Radioaktivität 185

SASCHA SCHANZE, SARAH HUNDERTMARK & JULIAN HEEG

Merkmale für eine erfolgreiche kollaborative Konzeptentwicklung 189

DENNIS DIETZ, PAULINE HICKMANN, JOSCHA LENZE & CLAUS BOLTE

Analyse der Vernetzung von Begriffselementen im Basiskonzept Energie 193

JOHANN SEIBERT, FRANZISKA PERELS, JOHANNES HUWER & CHRISTOPHER W.M. KAY

Förderung von Selbstreguliertem Lernen mit digitalen Medien 197

NILS FITTING, GABRIELE HORNUNG & LARS CZUBATINSKI

Individualisiertes Lernen: Digitale Arbeitsblätter (HyperDocs) im Chemieunterricht 201

ALBERT TEICHREW & ROGER ERB

Online-Förderung physikalischer Konzepte mit Modellen und Experimenten 205

Gruppenvorträge

Vortragsblock D

LIZ KEINER & NICOLE GRAULICH

Ein Reflexionsbogen für das organische Praktikum 209

DAVID KRANZ & NICOLE GRAULICH

Mechanistisches Denken anleiten – geht das? 212

JULIA ECKHARD, MARC RODEMER, SASCHA BERNHOLT & NICOLE GRAULICH

„Welches Erklärniveau?“ – Analyse von Begründungen von OC-Dozierenden 216

SIMON GOERTZ & HEIDRUN HEINKE

Möglichkeiten zur Online-Selbsteinschätzung im Physikstudium 220

Reflexion und Beurteilung naturwissenschaftlicher Unterrichtsqualität

ANDREAS NEHRING, BENJAMIN HEINITZ, MICHAEL SZOGS & FRIEDERIKE KORNECK

Symposium - Reflexion naturwissenschaftsdidaktischer Unterrichtsqualität 224

LUKAS MIENTUS, PETER WULFF, ANNA NOWAK & ANDREAS BOROWSKI

Zusammenhänge zwischen Reflexionskompetenz und professioneller Handlungskompetenz 226

BENJAMIN HEINITZ & ANDREAS NEHRING
Beurteilung von Unterrichtsqualität im Referendariat 230

MICHAEL SZOGS, ANDRÉ GROßE & FRIEDERIKE KORNECK
Gute Reflexion Gute Unterrichtsqualität? 234

SASCHA NEFF, ALEXANDER ENGL & BJÖRN RISCH
Transfer virtueller Labore – Identifikation von Implementationshürden 238

JUDITH BREUER, CHRISTOPH VOGELSANG & PETER REINHOLD
Transfer fachdidaktischer Innovation in die Schulpraxis 242

FREDERIK BUB & THORID RABE
Physik ist Mathe mit Technik? - Typologien aus einer Interviewstudie 246

THOMAS SCHUBATZKY & CLAUDIA HAAGEN-SCHÜTZENHÖFER
Können wir SchülerInnen gegen Klimawandel-Desinformationen impfen? 250

ERIK HEINE & GESCHE POSPIECH
Das NoS-Potenzial fachlicher Kontroversen und dessen Nutzung 254

Gruppenvorträge

Vortragsblock E

Entwicklung von Wissen und unterrichtsbezogenen Fähigkeiten im Lehramtsstudium

TANJA MUTSCHLER, DAVID BUSCHHÜTER, JAN SCHRÖDER, JOSEF RIESE & ANDREAS BOROWSKI
Basismodelle in Unterrichtsplanungen im Praxissemester Physik 258

CHRISTOPH KULGEMEYER, MAREN KEMPIN & ANNA WEIßBACH
Entwicklung von Professionswissen und Reflexionsfähigkeit im Praxissemester 262

JAN SCHRÖDER, CHRISTOPH VOGELSANG & JOSEF RIESE
Entwicklung der Fähigkeit zur Unterrichtsplanung im Fach Physik 266

PHILIPP BITZENBAUER & JAN-PETER MEYN
Förderung eines funktionalen Modellverständnisses Lernender in der Quantenphysik 270

MICHAEL M. HULL, ALEXANDRA JANKSY & MARTIN HOPF

Reasoning Fluidly about Half-life on a Two-tier Multiple-choice Survey 274

BIANCA WATZKA

Wirksamkeit einer Lehrerfortbildung zu webbasierten Lernmaterialien 278

ANJA KRANJC HORVAT, JEFF WIENER, SASCHA SCHMELING & ANDREAS BOROWSKI

Delphi-Studie über Lernziele von Lehrerfortbildungsprogrammen 282

ANN-KATHRIN JOSWIG-KÄFER & JOSEF RIESE

Längsschnitt Physikdidaktischen Wissens: Ursachen für Veränderungen 286

CLEMENS MILKER & DAVID JUGEL

Inklusiver Unterricht im Kontext professionskooperativer Diagnostik 290

RENÉ DOHRMANN, NOVID GHASSEMI & VOLKHARD NORDMEIER

Curriculare Umsetzung einer inklusionsorientierten Physiklehrer*innenbildung in Dtl. 294

ULLA STUBBE, UTE BRINKMANN & MARKUS PRECHTL

Quantitative Befunde des berufsorientierenden Projekts DiSenSu 298

WIEBKE LEISEN, MARIA OPFERMANN & HENDRIK HÄRTIG

Wahrnehmung von Repräsentationen im Physikunterricht 302

LARISSA HAHN, STEFAN HALVERSCHEID, JOCHEN KUHN & PASCAL KLEIN

Blickbewegungen beim Koordinieren multipler Repräsentationen in der mathematischen Physik 306

Poster

Fach-Fachdidaktik-Verknüpfung in universitären Lehr-Lern-Laboren

VOLKER WOEST, PHILIPP ENGELMANN, THERESA JÜNGER, MARCEL SIMON & CHRISTOPH BLEY

Konzepte zur Fach-Fachdidaktik-Vernetzung in der LehrerInnenbildung 310

THERESA JÜNGER & VOLKER WOEST

Von der Beobachtung zur Erkenntnis: Erfahrungen aus einem Schulprojekt 314

MARCEL SIMON & VOLKER WOEST

Lehr-Lern-Labore zur Professionalisierung angehender Chemielehrkräfte 318

PHILIPP ENGELMANN & VOLKER WOEST
Phaseninterne Kooperation zur Entwicklung von Lehr-Lern-Einheiten 322

CHRISTOPH BLEY & VOLKER WOEST
Konstruktion und Rezeption von Lernvideos im Fach Chemie 326

PROFESSIONALISIERUNG IN DER MINT-LEHRERBILDUNG VERNETZT GESTALTEN

CORNELIA BORCHERT, DAGMAR HILFERT-RÜPPELL & GESA UHDE
Professionalisierung in der MINT-Lehrerbildung vernetzt gestalten 330

BESIM ENES BICAK, CORNELIA BORCHERT & KERSTIN HÖNER
Förderung von Erkenntnisgewinnung mit Problemlösen im OC-Praktikum 334

CORNELIA BORCHERT, ANNIKA NIMZ, DÖRTE SONNTAG & OLIVER BODENSIEK
Fach und Fachdidaktik im Lehramt MINT: Vernetzung produktiv aufgreifen 338

GESA UHDE, BARBARA THIES & SELINA BRÜCK
Fachspezifisches Classroom-Management-Training für Masterstudierende 342

TOBIAS DENECKE, DAGMAR HILFERT-RÜPPELL & KERSTIN HÖNER
Lehramtsstudierende analysieren NaWi-Classroom Management 346

DAGMAR HILFERT-RÜPPELL & KERSTIN HÖNER
Diagnose- und Reflexionsfähigkeiten von Lehramtsanwärter*innen 350

ANNIKA NIMZ, CORNELIA BORCHERT & KERSTIN HÖNER
ProSciencE+: Nature of Science mit aktuellen Forschungsthemen 354

LENA SCHENK, MIRIAM LANGLOTZ & RAINER MÜLLER
Fachsprachlichkeit im Physikunterricht und Textverstehen 358

KOMPETENZERWERB IN DEN NATURWISSENSCHAFTEN DURCH AUGMENTED REALITY

CHRISTOPHER W.M. KAY, MARKUS PESCHEL, FRANZISKA PERELS, SARAH BACH, MAREIKE KELKEL, LUISA LAUER, JOHANN SEIBERT, VANESSA LANG & ANNIKA EICHINGER
Kompetenzentwicklung für die Naturwissenschaften durch Augmented Reality 362

ANNIKA EICHINGER, ISABEL SCHMOLL, MAREIKE KELKEL, JOHANN SEIBERT, LUISA LAUER, VANESSA LANG, SARAH BACH, FRANZISKA PERELS, CHRISTOPHER W.M. KAY & MARKUS PESCHEL

QUANTAG: Augmented-Reality-Campus-Rallye als Einstieg in die Quantentechnologie 366

CHRISTOPHER W.M. KAY, MARKUS PESCHEL, FRANZISKA PERELS, LUISA LAUER, JOHANN SEIBERT, VANESSA LANG, ANNIKA EICHINGER, SARAH BACH & MAREIKE KELKEL

Mediales Lernen - Kompetenzerwerb durch didaktisch eingebettete AR 370

VANESSA LANG, JOHANN SEIBERT, ANNIKA EICHINGER, SARAH BACH, MAREIKE KELKEL, MARKUS PESCHEL, FRANZISKA PERELS & CHRISTOPHER W.M. KAY

Das Projekt SCIENCE without FICTION innerhalb des Reality-Virtuality-Continuum 374

LUISA LAUER, MARKUS PESCHEL, JOHANN SEIBERT, VANESSA LANG, ANNIKA EICHINGER, KRISTIN ALTMEYER, SARAH MALONE, MAREIKE KELKEL, SARAH BACH, FRANZISKA PERELS & CHRISTOPHER W.M. KAY

Untersuchung der Wirkungen von AR-Visualisierungstechniken in der Primarstufe 378

HANNE RAUTENSTRAUCH, SVENJA M. GARRELFS & MAIKE BUSKER

Chemie fachfremd Unterrichten – eine Interviewstudie 382

DOMINIQUE ROSENBERG & HANNE RAUTENSTRAUCH

Professionalisierung zur Einbindung digitaler Medien im CU 386

MAREIKE FREESE, JAN WINKELMANN, ALBERT TEICHREW & MARK ULLRICH

Nutzung von und Einstellungen zu Augmented Reality im Physikunterricht 390

FREJA KRESSDORF & THORID RABE

Bildungswegentscheidungen junger Frauen unter Identitätsperspektive 394

FELIX PAWLAK & KATHARINA GROß

Chemiespezifisches Classroom-Management – Einblick in den Unterricht 398

BIANCA WINKLER, PHILIPP BITZENBAUER & JAN-PETER MEYN

Assoziationen Forschender zur Quantenphysik 402

STEFAN SOMMER, FLORIAN WESSEL & JAN WINKELMANN

Neuartige Auseinandersetzung mit Mondphasen durch GeoGebra 406

PAULINE BÖTTCHER-GRAF & JENNA KOENEN
Anregung kognitiver Prozesse im naturwissenschaftlichen Unterricht 410

GREGOR BENZ TOBIAS LUDWIG
Förderung der TPCK-Kompetenzen von zukünftigen Physiklehrkräften 414

MARTIN ERIK HORN
Verstecken wir die Geometrische Algebra hinter reellwertigen Matrizen! 418

SIMONE RÜCKERT & HELENA VAN VORST
Schwierigkeiten mit Gemeinsamem Unterricht am Berufskolleg 422

JAN WINKELMANN
Idealisierungen: ein Fragebogen zur Perspektive von Lehrkräften 426

LARS EHLERT & OLIVER TEPNER
Wirksamkeit einer Fortbildung zum selbstgesteuerten Experimentieren 430

ANITA STENDER
Konzeption des Lehr-Lern-Labor Seminars BinEx 434

SVEN SACHTLEBER & JAN WINKELMANN
Digitale Lerngelegenheiten in der Astronomie mit Universe Sandbox² 438

RIKE GROßE-HEILMANN & RIESE JOSEF
Erwerb physikdidaktischen Wissens zum Einsatz digitaler Medien im PU 441

JANA-KIM BUSCHMANN, MATTHIAS KAPPE & STEFANIE SCHWEDLER
Individuelle Online-Hilfen zu physikochemischen Aufgaben im Studium 445

MARVIN ROSKI, ANETT HOPPE, SARAH DANNEMANN, STEFAN DIETZE, RALPH EWERTH, GUNNAR FRIEGE, IVANA MARENZI, EIRINI NTOUTSI, SASCHA SCHANZE & ANDREAS NEHRING
Unterstützung von Lehr-Lern-Prozessen durch maschinelles Lernen 449

KATJA PLICHT, HENDRIK HÄRTIG & ALEXANDRA DORSCHU
Aufgabenanalyse und Worked-Examples als Basis eines Strategietrainings 453

VERENA AUER & ALEXANDER STRAHL
Genderkompetenzforschung im Physikunterricht 457

YANNIK PEPERKORN & STEFANIE SCHWEDLER

Simulationen im Chemieunterricht: Aufbau mentaler Modelle zu Energie 461

JULIA WERTHMÜLLER & MARKUS PRECHTL

Sichtweisen von Lehrkräften im Fach Chemie auf das Phänomen Internet-Challenges 465

THOMAS PLOTZ & BARRY W. FITZGERALD

Superheroes of the electromagnetic spectrum! Ein neuer Ansatz für den Strahlungsunterricht 469

CORINNA MÖNCH, SILVIJA MARKIC, CATHERINE MARTIN, MARIKA KAPANADZE, NINO MODEBADZE, INES NUIC, ZORA PILIC, LYDIA ROLEDA & MARIE PAZ MORALES

ESTA - Educating Science Teachers for All 473

SEBASTIAN SPRENGER & MARKUS PRECHTL

Umgang mit chemischen Gefahren – eine Befragung von Feuerwehrleuten zur Dekon-Stufe I 477

KEVIN SCHMITT & VERENA SPATZ

Anforderungen und Erwartungen an Physik-Serviceveranstaltungen 481

RAINER WACKERMANN, THOMAS SCHUBATZKY, CARINA WÖHLKE & CLAUDIA HAAGEN-SCHÜTZENHÖFER

Entwicklung eines Climate Change Concept Inventory 485

MARINA HÖNIG, JULIAN KÜSEL, LILITH RÜSCHENPÖHLER & SILVIJA MARKIC

DiSenSu: Ein Kartenspiel zur Berufsorientierung im MINT-Bereich 489

DAVID JOHANNES HAUCK & INSA MELLE

Digital-kollaboratives Lernen im Anfangsstudium Chemie 493

LARS GREITEMANN & INSA MELLE

Tablet-gestütztes Lernen in Wissensvermittlung und Wissenssicherung 497

FRANZISKA ZIMMERMANN & INSA MELLE

Entwicklung und Evaluation von TPACK-Kompetenzen in der Hochschullehre 501

CHRISTINA KRABBE & INSA MELLE

Videovignetten zur Professionalisierung angehender Chemielehrkräfte 505

MONIKA HOLLÄNDER & INSA MELLE

Entwicklung eines digitalen Formats für ein chemiedidaktisches Seminar 509

MATS KIESERLING & INSA MELLE

Digital vs. analog: Unterrichtsmaterialien zum Thema Stofftrennung 513

JOHANNA HENRIETTE RATZEK & DIETMAR HÖTTECKE

Reflexion von Bewertungsprozessen 517

MELANIE HERZIG, STEFAN HABEL, MARTIN LANG & ALEXANDRA DORSCHU

Projektbasiertes Lernen zur Motivation von Erstsemesterstudierenden 521

SARAH HUNDERTMARK

Konzeptionelles Lernen durch vorinstruktionales Problemlösen 525

STEFAN MÜLLER, CHRISTIANE S. REINERS & LAURENCE SCHMITZ

e-lement: e-learning entwickeln mitsamt Evaluation durch neue Technik 529

JAN-MARTIN ÖSTERLEIN, MATHIAS ROPOHL, MIRIAM MOREK & SEBASTIAN HABIG

Untersuchung der Wirksamkeit von Schreibfördermaßnahmen im Chemieunterricht 533

MARCO REITH & ANDREAS NEHRING

Experimentelle Kompetenz zwischen Disposition, Performanz und Produkt 537

THOMAS WEATHERBY, THOMAS WILHELM, JAN-PHILIPP BURDE, FABIAN BEIL, SEBASTIAN KAPP, JOCHEN KUHN & MICHAEL THEES

Repräsentationsbasierte Simulation zu einfachen Gleichstromkreisen 541

TILMANN JOHN & ERICH STARAUSCHEK

Wirkung einer schulbezogenen kumulativen Lehramtsausbildung in der Praxis 545

SVEN HOLSCHEMACHER & CLAUS BOLTE

Subjektive Theorien zum Protokollieren im Chemieunterricht der Sek. I 549

MARTIN STEINBACH, CAROLIN EITEMÜLLER & MAIK WALPUSKI

Untersuchung der Schwierigkeit von organisch-chemischen Aufgaben 553

JOHANN SEIBERT, VANESSA LANG, LUISA LAUER, ANNIKA EICHINGER, SARAH BACH, MAREIKE KELKEL, FRANZISKA PERELS, MARKUS PESCHEL, JOHANNES HUWER & CHRISTOPHER W.M. KAY

Augmented Reality als digitales Lernwerkzeug zur Visualisierung nicht-beobachtbarer Prozesse 557

DOMINIQUE HOLLAND & KARSTEN RINCKE
Bildung für nachhaltige Entwicklung kooperativ gestalten 561

SEBASTIAN NELL, SIMON GOERTZ & HEIDRUN HEINKE
Unterstützung für Studierende in einem digitalen Semester 565

JENNY MEßINGER-KOPPELT, INGOLF SAUER & DANIEL LAUMANN
Ergebnisse der LEIFIphysik-Nutzerbefragung 2019 569

JULIAN KÜSEL & SILVIJA MARKIC
Hochschullehre im flipped-classroom mit interaktiven digitalen Medien 573

LION CORNELIUS GLATZ, ROGER ERB & ALBERT TEICHREW
Interaktive Experimentiervideos zum Teilchenmodell 577

GERRIT ALBERT & JOSEF RIESE
Digitale Kompetenzen im Techniklehramt 581

DOROTHEE ERMEL & JOSEF RIESE
Praktische technische Kompetenzen im Techniklehramt 585

SANDRA PIA HARMER & KATHARINA GROß
CHEMideos – Fachdidaktische Analyse chemischer Erklärvideos 589

SIMONE SUPPERT, TIMO FLEISCHER & ALEXANDER STRAHL
Belletristische Literatur als Ankermedium im Chemieunterricht 593

FABIEN GÜTH & HELENA VAN VORST
Interessengestützte Binnendifferenzierung im Chemieunterricht 597

MARIE-ANNETTE GEYER & WIEBKE KUSKE-JANßEN
Kurzinterviews mit Physiklehrenden–Warum sind Diagramme und Formeln wichtig? 601

PASCAL POLLMEIER & SABINE FECHNER
Erweiterung des epistemologischen Verständnisses durch Konfrontation mit anomalen Daten 605

JULIA ELSNER, CLAUDIA TENBERGE & SABINE FECHNER
Unterstützung des Modellierungsprozesses durch Analogiebildung im Sachunterricht 609

HENDRIK PEETERS, SEBASTIAN HABIG & SABINE FECHNER

Augmented Reality als Experimentierhilfe bei Deutung und Beobachtung 613

BENEDIKT GOTTSCHLICH & JAN-PHILIPP BURDE

Einfluss der Muttersprache auf die Ausbildung von Schülervorstellungen 617

SIMON KAULHAUSEN, CAROLIN EITEMÜLLER & MAIK WALPUSKI

Schwierigkeiten beim kompetenzorientierten Prüfen in Chemie an der Universität 621

JULIAN HEEG, ROBERT MARTEN BITTORF & SASCHA SCHANZE

Vorstellungen zum chemischen Gleichgewicht – ein systematisches Review 625

ANDREAS HELZEL & THORID RABE

Sprachbewusstheit Unterstützen durch ein kasuistisches Lehrformat 629

RENAN MARCELLO VAIRO NUNES, FRIEDERIKE KORNECK, JOSEPHINE BERGER, BIRGIT ZIEGLER, SILKE RÖNNEBECK & ILKA PARCHMANN

Arbeitssituation und Professionalisierungswege von MINT-Lehrkräften 633

CHRISTOPHER KURTH & RITA WODZINSKI

Inwiefern gelingt es Studierenden, Schwierigkeiten zu antizipieren? 637

HAGEN SCHWANKE, ANNIKA KREIKENBOHM & THOMAS TREFZGER

Augmented Reality in Schülerversuchen der Elektrizitätslehre in der Sekundarstufe I 641

AHMAD ASALI, SEBASTIAN STAACKS, CHRISTINA LÜDERS & HEIDRUN HEINKE

Experimentiersets aus Karton für den Einsatz mit der App phyphox 645

NOVID GHASSEMI & VOLKHARD NORDMEIER

Evaluation des ‚Lehramtsmaster mit Profil Quereinstieg' im Fach Physik 649

LUISA ZIMMERMANN, FRIEDERIKE KORNECK, JAN LAMPRECHT & MICHAEL SZOGS

Verstehenselemente: Analyse physikdidaktischer Unterrichtsqualität 653

SARAH ZLOKLIKOVITS & MARTIN HOPF

Didaktische Rekonstruktion EM-Strahlung 657

PAUL SCHLUMMER, PHILIPP WICHTRUP, JENNY MEßINGER-KOPPELT, STEFAN HEUSLER & DANIEL LAUMANN

Digitale Medien und Experimente – Perspektiven aus der Schulpraxis 661

SIMON GOERTZ & HEIDRUN HEINKE

Experimentiersets aus Karton für den Einsatz mit der App phyphox 665

ANNA HENNE, ANJA BEUTER, AXINJA HACHFELD, STEPHAN SCHUMANN & PHILIPP MÖHRKE

Naturwissenschaftlicher Unterricht während der Corona-Pandemie 669

FREDERIC BONIN & GISELA LÜCK

Wissenschaftsverständnis und Nature of Science - Kritik und Entwicklungsvorschläge 673

ANDRÉ GROßE, MICHAEL SZOGS, JAN LAMPRECHT & FRIEDERIKE KORNECK

Rating der Qualität kollegialer Reflexionen im Prä-/Post-Vergleich 677

JAN HEYSEL & FRANK BERTOLDI

Expliziter Unterricht zu naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung 681

ANDRÉ DORN & MARTIN GRÖGER

Bildung für nachhaltige Entwicklung im Sachunterrichtsstudium 685

CLAUS BOLTE & JONATHAN DREßLER

Bedenken bzgl. der Förderung von Bewertungskompetenz im Chemieunterricht 689

MELANIE RENNER & CLAUDIA HAAGEN-SCHÜTZENHÖFER

Vorstellungen von Lehramtsstudierenden zu Sprache im Physikunterricht 693

KATHARINA FLIESER & KARSTEN RINCKE

Einflussfaktoren auf die Verständlichkeit physikalischer Fachtexte 697

MICHAEL NOETHLICHS, BENJAMIN NIEHS, ALEXANDER STRAHL & ANDRÉ BRESGES

Zusammenarbeit über alle Phasen der Lehrerbildung 701

SABINE STRELLER & CLAUS BOLTE

Fortbildungsbedarf im Fach Naturwissenschaften in Berlin/Brandenburg 705

FRANZISKA GERKE, RAINER MÜLLER, PHILIPP BITZENBAUER, MALTE UBBEN & KIM-ALESSANDRO WEBER

“Requirements for future Quantum Workforce”-Delphi-Studie: Ergebnisse der Pilotrunde 709

SARAH RAU-PATSCHKE

Übergreifende Kompetenzen am Übergang vom Sach- zum Fachunterricht 713

STEFFEN BROCKMÜLLER & MATHIAS ROPOHL

Auswerten von Versuchsdaten – Wo benötigen Oberstufenschüler Unterstützung? 717

BÜŞRA TONYALI, MATHIAS ROPOHL & JULIA SCHWANEWEDEL

Optimierung von Arbeitsblättern durch Feedback in Chemie 721

SILVIA ALEXANDRA HAVLENA, ALEXANDER STRAHL & ANDREAS MÜLLER

Physik literarisch vernetzen – neue Wege der Kontextorientierung 725

HUONG GIANG DO, ROBIN BLÄSING, SEBASTIAN NELL, JENS NORITZSCH, SEBASTIAN STAACKS, CHRISTOPH STAMPFER & HENDRUN HEINKE

Ein interaktives Steckbrett zum Aufbau elektrischer Schaltungen 729

SEBASTIAN KELLER, SEBASTIAN HABIG & STEFAN RUMANN

Potentiale von Augmented Reality für das Erlernen der organischen Chemie 733

ANGELA FÖSEL

Empirische Forschung im Erlanger SchülerForschungsZentrum 737

TIMO FLEISCHER, MARKUS TATZGERN, INES DEIBL & JÖRG ZUMBACH

Virtual Reality Chemielabor für Labor- und Gerätekunde 741

SVEN WEISSENBORN, UTE KRAUS & CORVIN ZAHN

Relativitätstheorie: Design und Evaluation eines Online-Schülerlabors 745

TOBIAS MEHRTENS, HILDE KÖSTER, DANIEL REFEHLDT & FREYA MÜLLER

Naturwissenschaftsbezogene Leistungspotenziale bei Grundschulkindern diagnostizieren 749

SARAH KIEFERLE, SILVIJA MARKIC, IZTOK DEVETAK, JANE ESSEX, SAIME SALEHJEE, MARTIN MCHUGH, SARAH HAYES & MARINA STOJANOVSKA

DiSSI - Diversity in Science towards Social Inclusion 753

DANIEL LAUMANN, BIANCA KRAMP, ALEXANDER PUSCH, MALTE UBBEN, STEFAN HEUSLER & SUSANNE HEINICKE

Eigene Smartphones im MINT-Unterricht – Gelingensbedingungen 757

JOHANNES LEWING & SUSANNE SCHNEIDER

Interessenstudie zu Energie in biologischen und technischen Kontexten 761

DANIEL WALPERT & RITA WODZINSKI

Einstellungen von Studierenden zur Vermittlung digitaler Kompetenzen 765

Sebastian Habig Universität Paderborn

Vorwort

Die 47. Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDCP) war in vielen Belangen besonders. Die Gesellschaft und viele externe Interessierte haben sich auf eine Jahrestagung in Aachen gefreut, die sicherlich viele positive Eindrücke bei allen Tagungsgästen hinterlassen hätte. Aufgrund der pandemischen Lage, den damit verbundenen Einschränkungen in Bezug auf Großveranstaltungen und aus Rücksicht auf unsere Mitglieder musste die Planung zur Jahrestagung 2020 jedoch angepasst werden, sodass der Vorstand der GDCP im Frühjahr 2020 entschieden hat, diese als virtuelle Jahrestagung stattfinden zu lassen. Zu diesem Zeitpunkt konnte noch niemand wirklich absehen, welche besondere Aktualität das schon feststehende Tagungsthema der Jahrestagung 2020 bekommen würde. Dieses lautete:

Naturwissenschaftlicher Unterricht und Lehrerbildung im Umbruch?

Im Zeitraum vom 14. bis 17. September 2020 diskutierten mehr als 350 Tagungsgäste aktuelle Forschungsergebnisse und Entwicklungen aus dem Bereich der Chemie- und Physikdidaktik sowie des naturwissenschaftsbezogenen Sachunterrichts im Rahmen von Videokonferenzsitzungen und einer online Posterpräsentation. Während des GDCP Hackathons arbeiteten Nachwuchswissenschaftler*innen an gemeinsamen Frage- und Problemstellungen, vor deren Hintergrund ganz konkrete Lösungsansätze entwickelt wurden, denen sich auch ein Abschnitt dieses Tagungsbandes widmet.

Herzlich bedanken möchte ich mich bei Ilka Parchmann, Friederike Korneck und Mathias Ropohl, die sich trotz der ungewöhnlichen Umstände bereiterklärt haben, das Tagungsthema aus ihrer jeweiligen Sicht in einem Plenarvortrag zu beleuchten. Mein besonderer Dank gilt allen, die sich auf das Experiment einer virtuellen Jahrestagung eingelassen haben und sich entweder mit einem eigenen Beitrag oder der aktiven Diskussion per Videokonferenz oder Chat beteiligt und so zum Gelingen der Jahrestagung beigetragen haben.

Auch wenn eine virtuelle Jahrestagung kein gleichwertiger Ersatz für eine Präsenztagung sein kann oder soll, können wir dennoch resümieren, dass die GDCP Jahrestagung 2020 den wissenschaftlichen Austausch in unserer Community ermöglicht hat. Die gesammelten Erfahrungen möchten wir für die kommende Jahrestagung 2021, die ebenfalls als virtuelle Tagung stattfinden wird, nutzen, um das Angebot noch weiter zu verbessern.

Essen, im April 2021 SH

Friederike Korneck
Lars Oettinghaus
Jan Lamprecht

Goethe-Universität Frankfurt am Main

Physiklehrkräfte: Gewinnung – Professionalisierung – Kompetenzen

„Wir haben weiter massiven Lehrermangel in den Naturwissenschaften …". Diese Interviewaussage des Lehrerverbandspräsidenten Heinz-Peter Meidinger im Juni 2020 ist für das Fach Physik nahezu zeitlos. Ursprünglich als kurzfristige Notprogramme gedacht, nutzen die Kultusministerien bereits seit der Jahrtausendwende verschiedene Sondermaßnahmen zur Gewinnung von Lehrkräften zur Unterrichtsversorgung, insbesondere in sog. Mangelfächern, zu denen seit Jahren die Physik zählt. Dieser Beitrag hat das Ziel, als Basis für eine gemeinsame Diskussion von Maßnahmen und zukünftigen Aktivitäten unserer Community, die Entwicklungen der letzten Jahrzehnte bis heute exemplarisch für das Fach Physik zusammenzufassen und einzuordnen.

Physiklehrkräfte: Angebot und Bedarf

Anfang der 1970er Jahre erstellten Fulde et al. (1974) eine Studie der Deutschen Physikalischen Gesellschaft (DPG) zu Angebot und Bedarf an Physiker*innen in der Bundesrepublik Deutschland bis zum Jahr 1990. Diese Studie berücksichtigte das höhere Lehramt an Schulen neben Wirtschaft, Hochschulen und Großforschungseinrichtungen als mögliches Betätigungsfeld für Physiker*innen. Die Ergebnisse der Prognosen waren bedrückend: Während für den Zeitraum von 1971-1980 noch ein Gesamtbedarf von ca. 1800 Physiker*innen angenommen wurde, waren es für die Jahre 1981-1990 nur noch ca. 1200. Eine Ursache war die Annahme, dass durch die Abnahme von Schüler*innen- und Studierendenzahlen aufgrund sinkender Geburtenraten keine Physiker*innen als Lehrkräfte an Schulen und ab 1986 auch keine Dozent*innen an Hochschulen eingestellt werden.

Die Ergebnisse dieser Studie veranlassten unseren Kollegen Gernot Born (1975) zu der Studie „Variationen zum Physiklehrerbedarf" und gemeinsam mit Manfred Euler zu der Folgestudie „Das Berufsbild der Physiklehrer" (Born & Euler, 1977), in der sie auf Basis der Befragungsergebnisse von 3000 Oberstufenlehrkräften (davon 84% mit Staatsexamen) folgende „ungesunde Altersverteilung" feststellten: Jede zweite Physiklehrkraft war zum Erhebungszeitpunkt jünger als 36 Jahre; der Mittelwert lag bei 38,3 Jahren (Abb.1). Weshalb sind diese Jahrzehnte alten Studienergebnisse heute noch interessant?

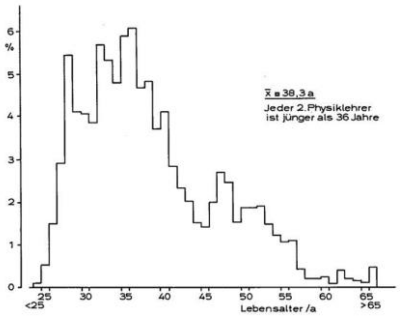


Abb.1: Altersverteilung Physiklehrkräfte (Born & Euler, 1977)

Geht man davon aus, dass die im Jahr 1976 38-jährigen Lehrkräfte nach ca. 27 Jahren in den Ruhestand gehen, konnte man bereits damals vorhersagen, dass ungefähr im Jahr 2003 eine Pensionierungswelle einsetzt. Obwohl der Bedarf an Physiklehrkräften durch diese beiden Studien richtig prognostiziert wurden und auch die fachunspezifischen Daten zur Altersstruktur der Lehrkräfte in dieselbe Richtung wiesen (siehe z.B. Lim, 2013, S. 147, 155 und 159), wurde die Kultusadministration offensichtlich von den erhöhten Bedarfen an Lehrkräften überrascht, so dass im Jahr 2003 die ersten Notprogramme zur Lehrkräftegewinnung ausgeschrieben werden mussten, um die freiwerdenden Stellen vor allem in den sog. Mangelfächern, u.a. Physik, wiederzubesetzen. In den Folgejahren verschärfte sich der

Lehrkräftemangel und die Einstellungsanforderungen wurden immer geringer. So fehlten in Hessen kurz vor Schuljahresbeginn 2008 noch 2.600 Lehrkräfte. Seiteneinsteigenden ohne Lehramtsstudium und Referendariat wurden Beschäftigungsverhältnisse mit 100% Stellenumfang, Verbeamtung bis zum 50. Lebensjahr und eine Einstufung in die Besoldungsgruppe A13 auch im Lehramt an Haupt- und Realschulen angeboten. Bewerber*innen wurden meist aufgrund einer Bewerbung per Formular und eines kurzen Bewerbungsgesprächs mit den Schulleiter*innen direkt eingestellt und unterrichteten - häufig ohne institutionelle Unterstützung - bereits wenige Tage später. Zudem wurden Quereinsteigende ohne Lehramtsstudium in den Vorbereitungsdienst eingestellt.

Befragung der Kultusministerien

Da sich die beunruhigenden Berichte aus Schulen und Studienseminaren häuften, wurde im Jahr 2008 die Studie proΦ initiiert, um Daten für ein umfassendes Bild der Ausbildungswege des Physiklehrkräftenachwuchses in den Ländern sowie des Ausmaßes und der Folgen der Einstellungspolitik zu erheben.

Zentraler Teil der ersten Projektphase war die Rahmenerhebung „Quereinstiege in das Lehramt Physik in der Bundesrepublik Deutschland“. Mit Hilfe eines Fragebogens wurden die Kultusministerien bezüglich der länderspezifischen Erlasse und Verordnungen, der Quoten von Quer- und Seiteneinsteigenden unter den eingestellten Lehrkräften, der Bedarfsprognosen, der Abbrecher*innenquoten, der Auswahlverfahren und Unterstützungsprogramme befragt. Es zeigte sich, dass die Ministerien nur über wenige Daten zu diesen Fragestellungen verfügten. Dies spiegelt sich auch in den Einstellungsberichten der Kultusministerkonferenz (KMK) wieder, die seit dem Jahr 2009 zwar die Anzahl der Seiteneinsteigenden in den Schuldienst, nicht aber der Quereinsteigenden in das Referendariat dokumentieren (KMK, 2009 bis 2020).

Die Ergebnisse einer Befragung der Kultusministerien wurden sowohl auf der GDCP-Tagung 2008 (Korneck & Lamprecht, 2009a und 2009 b) als auch in der DPG-Studie „Quereinsteiger in das Lehramt Physik – Lage und Perspektiven der Physiklehrerausbildung in Deutschland“ (DPG, 2010) vorgestellt.



Abb.2: Bundesländer mit Programmen für Quer- und/oder Seiteneinstiege ins Lehramt Physik

Ein Hauptergebnis der Erhebung war, dass im Jahr 2008 zwölf von 16 Bundesländer Interessenten mit Hochschulabschluss, aber ohne Lehramtsstudium Physik, die Möglichkeit des Quer- und /oder des Seiteneinstiegs anboten. Im Jahr 2020 sind es immer noch zwölf, allerdings teilweise andere Länder (Abb. 2).
Die Erhebungszeiträume für die Quoten der Quer- und Seiteneinsteigenden variierten mit den Zeitpunkten zu denen die Umsetzungsverordnungen der Notprogramme in den einzelnen Bundesländern in Kraft getreten sind (zwischen 2002 und 2008) und enden im Erhebungsjahr

2008. Bundesweit wurden in der Zeit zwischen 2002 bis 2008 rund 3.000 Physiklehrkräfte ohne Lehramtsstudium direkt in den Schuldienst oder den Vorbereitungsdienst eingestellt. Je nach Bundesland variierten die Quoten der Quereinsteigenden unter den Referendar*innen zwischen 12% (Rheinland-Pfalz, gymnasialer Bereich) und 60% (Baden-Württemberg, gymnasialer Bereich) und die der Seiteneinsteigenden unter den eingestellten Lehrkräften zwischen 24% (Rheinland-Pfalz, Haupt- und Realschulbereich) und 100% (Berlin, gymnasialer Bereich), allerdings bei relativ geringen absoluten Zahlen. Detailergebnisse zu den einzelnen Ländern und die tabellarisch zusammengefassten Ergebnisse finden sich in der DPG-Studie (DPG, 2010).

Weiterbildungskonzept „Physikdidaktik für Quereinsteiger“ (PD-Q)

Seit der Veröffentlichung dieser Ergebnisse begleitet uns Physikdidaktiker*innen die Frage, wie der Tatsache begegnet werden kann, dass ein erheblicher Teil der Physiklehrkräfte weder von den fachdidaktischen noch von den pädagogischen universitären Lerngelegenheiten profitieren.

In einem ersten Schritt wandten sich die Fachverbände GDCP, DPG und MNU (2010) mit einer Stellungnahme an die KMK sowie an die Kultusministerien der Länder. Ausgangspunkte des Papiers „Notprogramme zur Einstellung von Physiklehrkräften gefährden die Qualität des Physikunterrichts“ waren eine aktuelle Situationsbeschreibung sowie das alarmierende Ergebnis der Erhebung, dass die durchschnittliche Quote an Quereinsteigenden im gymnasialen Bereich, d.h. das Verhältnis der Anzahl der von den Ministerien genannten Quereinsteigenden zur Anzahl der von der Konferenz der Fachbereiche Physik (KFP) ermittelten Lehramtsabsolvent*innen, in den Jahren 2002-2007 bei 45% lag. Knapp die Hälfte aller Physikreferendar*innen hatten somit keine universitäre Lehrerbildung absolviert. Diese Situation wurde in der Stellungnahme dahingehend interpretiert, dass die Programme für Quer- und Seiteneinsteigende, die von der KMK im Oktober 2008 verabschiedeten ‚Ländergemeinsamen inhaltlichen Anforderungen für die Lehrerinnen- und Lehrerbildung‘ unterlaufen. Es wurde angemahnt, dass Quer- und Seiteneinsteigende aus diesen Gründen „trotz ihrer in der Regel guten fachlichen Kompetenzen“ (ebd.) nicht ausreichend auf die physikdidaktischen und pädagogischen Anforderungen in der Schule vorbereitet sind. Das Papier schloss mit folgenden Forderungen und Angeboten an die KMK und die Ministerien der Länder: Für einen auch zukünftig qualitätsvollen Unterricht muss …

- ein langfristiges, systematisches und adressatenspezifisches Qualifizierungsprogramm für Quer- und Seiteneinsteigende entwickelt und finanziert werden.
- der Beruf des/der Physiklehrkraft stärker gefördert und beworben werden.
- eine koordinierte Zusammenarbeit der Kultusministerien mit den Universitäten, Studienseminaren und Lehrerfortbildungsinstituten initiiert werden.

Um die in der Stellungnahme angebotene Unterstützung und Gesprächsbereitschaft sowie den Forderungen Nachdruck zu verleihen, bildete sich auf der GDCP-Tagung 2008 spontan ein bundesweiter Arbeitskreis mit ca. 30 Mitgliedern aus Hochschulen, Studienseminaren und Schulen, die in den folgenden Monaten das Weiterbildungskonzept „Physikdidaktik für Quereinsteiger“ (PD-Q) entwickelten. Das Programm hatte das Ziel, dass die Quereinsteigenden einen ausgewählten Teil der physikdidaktischen universitären Basisqualifikationen erwerben können, bevor sie das Referendariat beginnen. Es basiert auf den ländergemeinsamen inhaltlichen Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrkräftebildung der KMK.

Tab. 1: Modulübersicht *des Weiterbildungsprogramms PD-Q (DPG 2010, S. 39)*

Modul/ Modulbeauftragte	zentrale Inhalte[12]	Leistungs-punkte	Präsenz-zeit
Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten Prof. Dr. Horst Schecker (Universität Bremen)	▸ Kenntnis themenspezifischer und -übergreifender Schülervorstellungen ▸ Diagnose von Schülervorstellungen ▸ Erklären physikalischer Sachverhalte unter Berücksichtigung von Schülervorstellungen	1 LP	16 h
Unterrichtsbezogenes Experimentieren Prof. Dr. Roger Erb (Pädagogische Hochschule Schwäbisch Gmünd)	▸ Planung von Experimenten unter didaktischen Gesichtspunkten ▸ Bedeutung des Experiments im Erkenntnisprozess ▸ sachverständiger Umgang mit Experimentiermaterial unter Berücksichtigung der Sicherheitsrichtlinien	2 LP	40 h
Bildungsstandards und Kompetenzen PD Dr. Heike Theyßen (Technische Universität Dortmund) / Sigrid Zwiorek (Staatl. Studienseminar Frankfurt a.M.)	▸ Kompetenzbegriff und nationale Bildungsstandards ▸ Diagnose von Kompetenzanforderungen und Kompetenzen ▸ Planung, Gestaltung und Reflexion kompetenzorientierter Unterrichtsangebote	1,5 LP	8 h
Nature of Science Prof. Dr. Peter Heering (Universität Flensburg) / Prof. Dr. Dietmar Höttecke (Technische Universität Kaiserslautern)	▸ Wissenschaftsverständnis als Ziel von Unterricht ▸ Abgrenzung der Begriffe „Theorie", „Modell", „Hypothese", „Gesetz" an Beispielen ▸ die Rolle von Theorie und Experiment im physikalischen Erkenntnisprozess an ausgewählten Beispielen	1,5 LP	16 h
Differenzierung Motivation und Interesse Prof. Dr. Rita Wodzinski (Universität Kassel)	▸ Motive und Möglichkeiten für Differenzierung im Physikunterricht ▸ Diagnose von Interessen ▸ Ansatzpunkte zur interessenorientierten Unterrichtsgestaltung	1,5 LP	16 h
Aufgabenkultur – Lern- und Leistungsaufgaben PD Dr. Jochen Kuhn (Universität Koblenz-Landau)	▸ die Bedeutung von Aufgaben für Lernprozesse im Physikunterricht ▸ kriterienorientierte Beurteilung von Aufgaben ▸ kompetenz- und zielgruppenorientierte Aufgabenentwicklung	1,5 LP	8 h
Unterrichtsmethoden Dr. Friederike Korneck (Universität Frankfurt) Dr. Karsten Rincke (Universität Kassel)	▸ begründete und zielbezogene Auswahl von Unterrichtsmethoden ▸ Planung und Erprobung ausgewählter Methoden in beispielhaften Unterrichtsminiaturen ▸ Reflexion von Planungsprozessen als Ausgangspunkt für die Weiterentwicklung von Unterricht	1 LP	24 h
Digitale Medien Prof. Dr. Raimund Girwidz (Pädagogische Hochschule Ludwigsburg)	▸ Möglichkeiten und Lernvoraussetzungen bei der Mediennutzung ▸ computergesteuerte Messwerterfassung und Auswertesysteme ▸ Planung eines Einsatzszenarios digitaler Medien	1,5 LP	16 h
Physikspezifische und übergreifende Unterrichtskonzeptionen Dr. Gabriela Jonas-Ahrend Technische Universität Dortmund) / Prof. Dr. Michael Komorek (Universität Oldenburg)	▸ das Modell der Didaktischen Rekonstruktion ▸ forschendes Lernen, kontextorientierter Unterricht, fächerübergreifender Physikunterricht ▸ Planung von Unterricht auf der Basis unterschiedlicher Konzepte	1 LP	24 h
Gesamtprogramm		12,5 LP	168 h

Das Konzept besteht aus neun physikdidaktischen Modulen, deren Inhalte und Methoden von jeweils ein bis zwei Modulbeauftragten entwickelt und erprobt werden sollten (Tabelle 1). Zudem fanden sich 30 Hochschulstandorte, die bereit waren, Modulkurse anzubieten und die Materialien weiterzuentwickeln. Das dreiköpfige Leitungsteam sollte für das Gesamtkonzept und die Organisation des Modulangebots verantwortlich sein, während die Projektplattform und das Kursmanagement von der DPG organisiert werden sollte. Das Organigramm des Weiterbildungsprogramms findet sich in der DPG-Studie (DPG, 2010, S. 37).

Bereits im März 2010 konnte das Konzept der KMK und den Ministerien der Länder angeboten werden. Auf Basis variantenreicher Kalkulationen wurden zudem verschiedene Stiftungen um finanzielle und/oder logistische Unterstützung angefragt.

Während die damalige Bildungsministerin Annette Schavan und die KMK die Initiative begrüßten, waren die Reaktionen der für die Umsetzung des Programms relevanten Kultusministerien der Länder sehr verhalten. In ihren Schreiben formulierten die zuständigen Referent*innen u.a. die Annahmen, dass es sich beim Lehrkräftemangel um ein kurzfristiges Phänomen handele und die Quereinsteiger*innen im Vorbereitungsdienst ausreichend auf ihre Tätigkeit an der Schule vorbereitet würden. Auch die Vertreter*innen der Stiftungen sahen keine Handlungsrelevanz zum Problem des Lehrkräftemangels im MINT-Bereich. Offensichtlich waren unsere Fachgesellschaften in ihren Analysen und ihrem Problembewusstsein der Zeit voraus.

Kerncurriculum Physikdidaktik

Im Rahmen der Konzeption von PD-Q wurden parallel auch die existierenden Lerngelegenheiten der regulären Physiklehramtsstudiengänge an den verschiedenen Hochschulen verglichen und diskutiert. Um zukünftig die Studiengänge bundesweit inhaltlich besser harmonisieren zu können, beschloss der Arbeitskreis die Entwicklung eines physikdidaktischen Kerncurriculums auf Basis der Vorarbeiten an PD-Q. Im Rahmen der GDCP-Schwerpunkttagung „Curriculum Physikdidaktik“ im Februar 2010 in Frankfurt/Main wurde der Arbeitskreis erweitert und eine Basis für die Entwicklung von elf physikdidaktischen Studienelementen erarbeitet. Das Curriculum orientiert sich am „Kerncurriculum Fachdidaktik“ der Gesellschaft für Fachdidaktik (GFD, 2004) sowie den Vorgaben der KMK zu den ländergemeinsamen inhaltlichen Anforderungen für die Fachdidaktiken in der Lehrerbildung im Fach Physik (KMK, 2008). Es geht von einem Studienumfang für die Physikdidaktik von 24 Leistungspunkten (LP) aus, der sich in vier physikdidaktische Module und ein Praxismodul mit je 6 LP gliedert (DPG 2014, S. 45ff und S. 79ff). Das Kerncurriculum wurde in den folgenden Jahren bundesweit an vielen Hochschulen insbesondere für die Konzeption, Weiterentwicklung und Akkreditierung von Lehramtsstudiengängen Physik genutzt. Es ist zu überlegen, ob es nach nun zehn Jahren aktualisiert und erweitert werden sollte, z.B. um die Themen Sprachsensibilität im Fachunterricht oder Digitalisierung.

KMK: Sondermaßnahmen zur Gewinnung von Lehrkräften zur Unterrichtsversorgung

Im Jahr 2013 erkannten die KMK und die Landesregierungen an, dass der Lehrkräftemangel doch kein kurzfristiges Problem ist und beschlossen „sofern in den Ländern dennoch unabweisbare lehramts- und fächerspezifische Bedarfe bestehen […], können landesspezifische Sondermaßnahmen für die Gewinnung von Lehrkräften eingerichtet werden. Auch diese Maßnahmen orientieren sich grundsätzlich an der jeweils gültigen Fassung der von der KMK verabschiedeten Standards und ländergemeinsamen Vereinbarungen zur Lehrerausbildung“ (KMK, 2013, S. 2). Der Quereinstieg direkt in den Vorbereitungsdienst ist möglich, wenn sich aus dem vorhandenen universitären Masterabschluss oder ein diesem gleichgestellten Hochschulabschluss mindestens zwei lehramtsbezogene Fächer ableiten lassen. Falls sich nur ein Fach ableiten lässt, sind zusätzliche berufsbegleitende Studien zu leisten.

Der Seiteneinstieg wird in den statistischen Veröffentlichungen zu den Einstellungen von Lehrkräften (KMK, 2016, S. 35) definiert: Seiteneinsteigende sind „Lehrkräfte […], die in der Regel über einen Hochschulabschluss, nicht jedoch über die erste Lehramtsprüfung verfügen und ohne das Absolvieren des eigentlichen Vorbereitungsdienstes in den Schuldienst eingestellt werden“.

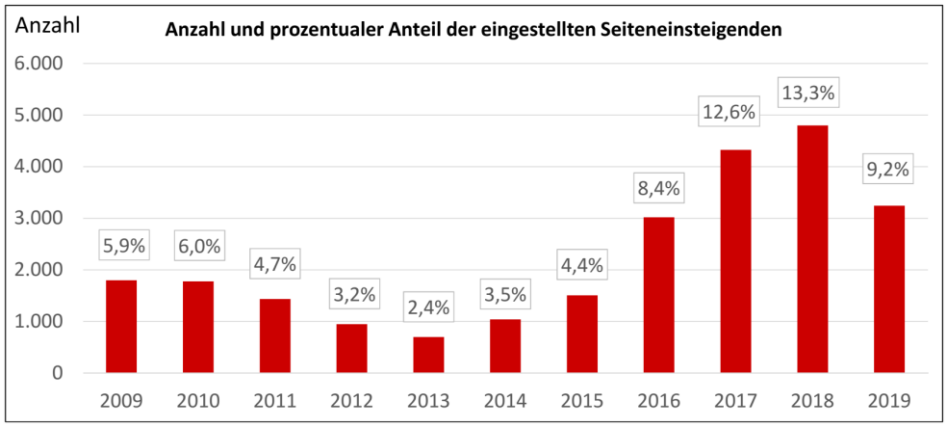


Abb.3: Fächerübergreifender Überblick der Anzahl und des prozentualen Anteils der Seiteneinsteigenden unter den eingestellten Lehrkräften (KMK 2010-2020)

In jährlich veröffentlichten Statistiken der KMK zu den Einstellungen von Lehrkräften bundesweit und in den Ländern werden seit dem Jahr 2009 zwar auch Seiteneinsteigende direkt in den Schuldienst, nicht aber Quereinsteigende in den Vorbereitungsdienst oder Lehrkräfte in weiteren Beschäftigungsverhältnissen ausgewiesen (KMK 2009 bis 2020). Abbildung 3 stellt einen fächerübergreifenden Überblick der Anzahl und des prozentualen Anteils der Seiteneinsteigenden unter den bundesweit eingestellten Lehrkräften dar. Im Berichtsjahr 2019 wurden 31% aller Seiteneinsteigenden für die MINT-Fächer eingestellt (18,5% für die drei Naturwissenschaften Biologie, Chemie und Physik).

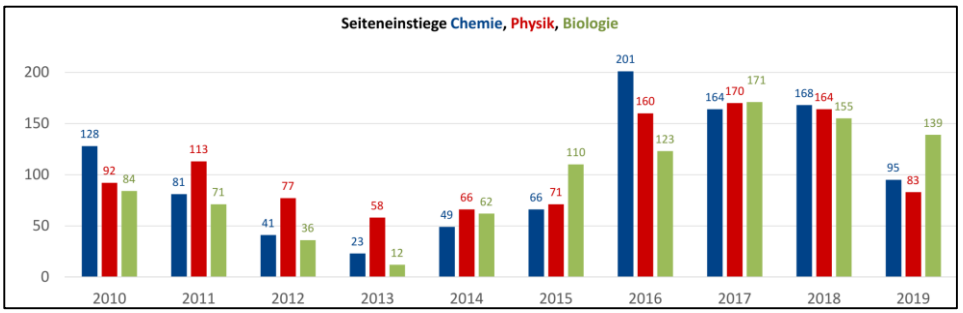


Abb.4: Anzahl der Seiteneinsteigenden in den naturwissenschaftlichen Fächern (KMK 2011 bis 2020)

Da die KMK- Statistiken keine fachspezifischen Daten zur Anzahl der jährlich eingestellten regulären Lehramtsabsolvent*innen berichten, sind auf dieser Datenbasis prozentuale Angaben für einzelne Fächer nicht möglich. Deshalb stellt Abbildung 4 eine Übersicht über die bundesweiten absoluten Zahlen der Seiteneinstiege für die drei naturwissenschaftlichen Fächer dar. Die Entwicklung folgt in etwa dem fächerübergreifenden Verlauf in Abbildung 3.

Das Absinken der Anzahl an Seiteneinsteigenden im Jahr 2019 ist vermutlich weniger mit einem sinkenden Bedarf an den Schulen zu erklären, sondern eher mit einer sinkenden Anzahl an Bewerber*innen für den Seiteneinstieg aufgrund der guten Berufschancen im Primärarbeitsmarkt. Zudem haben einige Bundesländer, wie z.B. Hessen, in den letzten Jahren die Seiteneinsteigenden-Programme zugunsten der Einstellung von Vertretungslehrkräften eingestellt, die in diesen Statistiken keine Berücksichtigung finden.

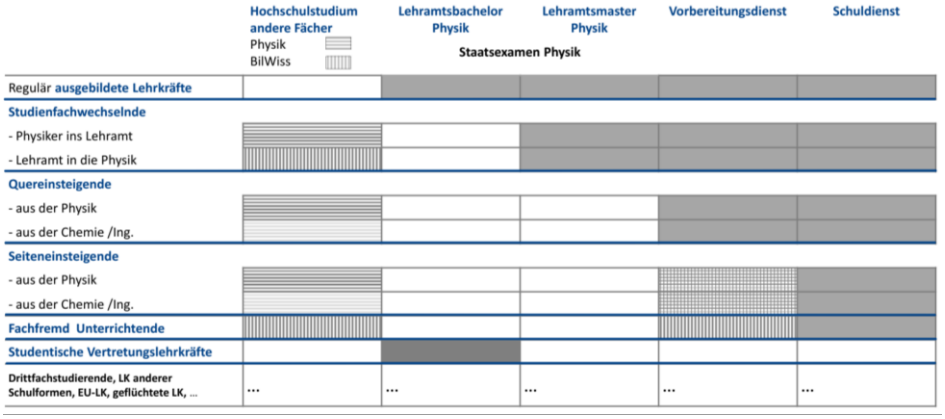
Professionalisierungswege von Physiklehrkräften

Die Einstellungspolitik der Kultusministerien zur Begegnung des Lehrkräftemangels hat zur Folge, dass die Fachkollegien an den Schulen bzgl. ihrer Professionalisierungswege immer heterogener zusammengesetzt sind. Tabelle 2 zeigt eine Zusammenstellung der am häufigsten auftretenden formalen Bildungswege vom Physiklehrkräften. Neben regulär ausgebildeten Lehrkräften mit abgeschlossenem Lehramtsmaster oder erstem Staatsexamen sowie Vorbereitungsdienst unterrichten Quer- und Seiteneinsteigende, meist mit einem Hochschulabschluss in Physik, Chemie oder Ingenieurwesen. Während Quereinsteigende den Vorbereitungsdienst vollumfänglich abgeschlossenen haben, durchlaufen Seiteneinsteigende, abhängig vom Bundesland, meist einen reduzierten Vorbereitungsdienst mit physikalischen und bildungswissenschaftlichen Anteilen. Seiteneinsteigende, die im Rahmen der berichteten Notprogramme (ca. 2003 bis 2013) eingestellt wurden, unterrichten Physik meist ohne Vorbereitungsdienst oder sonstige Weiterbildungen. Zudem hatten sie, abhängig vom absolvierten Studium, unterschiedliche Umfänge an physikalischen Lerngelegenheiten.

Zur kurzfristigen Unterrichtsversorgung werden von den Schulleitungen fachfremd Unterrichtende ohne Lehrbefähigung für das Fach Physik und studentische Vertretungslehrkräfte, die sich oft erst am Anfang ihres Studiums befinden, eingesetzt.

Die Spalten der Tabelle 2 stellen die Stationen des regulären Bildungswegs dar, die von den nicht regulär ausgebildeten Lehrkräften teilweise (gestreift je nach Schwerpunkt), komplett (grau) oder nicht (weiß) durchlaufen wurden.

Tab. 2: Formale Bildungswege von Physiklehrkräften (angelehnt an Lucksnat et al., 2020)



Während die KMK-Statistiken nur die Einstellungszahlen von Seiteneinsteigenden berichten, gibt der IQB Bildungstrend Einblicke in die Zusammensetzung der Lehrerkollegien an den Schulen (IQB, 2019). Für diesen Bericht wurde eine bundesweite Stichprobe von 1.500 Schulen gezogen und deren ca. 4.700 Mathematik- und Naturwissenschaftslehrkräfte befragt. 17% der Physik- und 14,5% der Chemielehrkräfte an diesen Schulen waren Quereinsteigende, wobei Seiteneinsteigende ebenfalls dieser Gruppe zugeordnet werden und damit kein differenziertes Bild entsteht. 6,5% der Physik- und 4,2% der Chemielehrkräfte unterrichteten zum Erhebungszeitpunkt fachfremd. Alle prozentualen Anteile sind in den nichtgymnasialen

Schularten noch einmal deutlich höher (IQB, 2019, S.394) und unterscheiden sich stark zwischen den einzelnen Bundesländern (IQB, 2019, S.396). Ein weiterer zentraler Befund des Berichts ist, dass Quereinsteigende und fachfremd unterrichtende Lehrkräfte eher an Schulen mit Schüler*innen mit schwierigerem sozioökonomischen Hintergrund arbeiten (IQB 2019, S. 403). Eine Konsequenz aus diesem Befund muss sein, dass die Fachdidaktiken sich stärker an der Unterstützung sozial benachteiligter Schulen beteiligen und die Universitäten als Kompetenzzentren und Ansprechpartner von allen Lehrkräften wahrgenommen werden.

Informationen zur Anzahl und Qualifikation der in der Physik häufig eingesetzten Vertretungslehrkräfte haben laut telefonischen Auskünften weder der Pressesprecher der KMK noch die hessische Bezügestelle, die exemplarisch für die Länder angefragt wurde. Letztere bestätigte, dass die Aufgaben und Berechtigungen von Vertretungslehrkräften im schulischen Rahmen geregelt werden und keine allgemeinen Vorgaben seitens des Kultusministeriums existieren (mündliche Auskünfte am 10.8. und 4.9. 2017).

Eine Ursache für den Lehrkräftemangel im Fach Physik sind die immer noch zu geringen Zahlen an erfolgreichen Studienabsolvent*innen. Die DPG und die KFP veröffentlichen jährlich die Studienanfänger- und Absolvent*innenzahlen aller Physik-Studiengänge (Abbildung 5 und 6). Dabei erweist sich die Erfassung der Lehramtsstudierenden als eine Herausforderung: „Allerdings ist die Lehramtserhebung seit Jahren eine Quelle verlässlichen Verdrusses. Die Datenbank der KFP erfasst 136 aktive Lehramtsstudiengänge in zehn verschiedenen Kategorien“ (Düchs & Mecke, 2020, S.71).

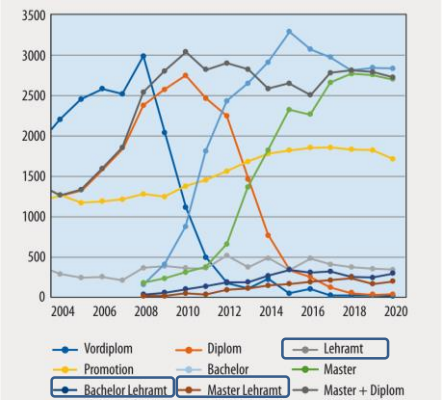


*Abb. 5: Studienanfänger*innen Physik-Studiengänge (Düchs & Mecke, 2020, S.71)*

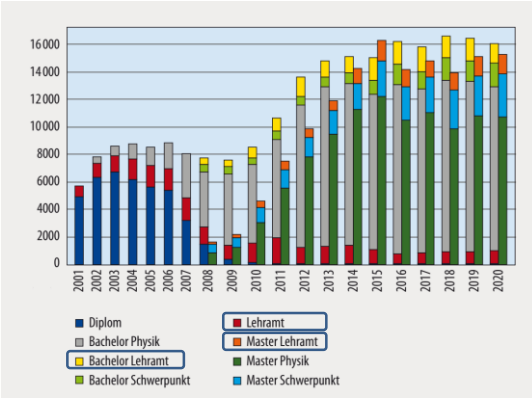


Abb. 6: Studienabschlüsse Physik-Studiengänge (Düchs & Mecke, 2020, S.70)

Im Wintersemester 2019/20 und Sommersemester 2020 schrieben sich insgesamt 1.443 Studierende in einen Lehramtsbachelor- und 341 in einen Lehramtsmasterstudiengang sowie 950 in ein grundständiges Lehramtsstudium ein. „Allerdings erschwert die Vielfalt von Lehramtsstudiengängen und möglicher Kombinationen die statistische Erhebung“ (Düchs & Mecke, 2020, S.70). Im gleichen Zeitraum schlossen bundesweit insgesamt 519 Lehramts-studierende ihr Studium ab, davon 191 Masterabschlüsse und 328 Staatsexamina.

Da die Anzahl an Absolvent*innen seit Jahren nicht ausreicht um den Bedarf zu decken, initiierten die Physikdidaktiken eine Vielzahl verschiedener Angebote für Schüler*innen, von Schülerlaboren bis zum MILeNa-Programm (Schorn et al., 2018), um diese für die Physik und das Lehrerstudium zu begeistern. Dennoch scheint die doppelte Studien- und Berufsentscheidung eine besondere Hürde zu sein: Abiturient*innen, die sich für das Lehramt interessieren, haben die Wahl zwischen attraktiven Alternativfächern und diejenigen, die sich

für Physik interessieren sehen wiederum attraktive Alternativen auf dem freien Arbeitsmarkt. Zudem bleibt die Frage, welche Faktoren das Studium und evtl. auch den Beruf noch immer unattraktiv machen und für hohe Abbruchquoten sorgen.

Studie proΦ - Professionelle Handlungskompetenz von angehenden Physiklehrkräften

Die unvollständigen Statistiken der KMK und des IQB-Berichts bieten den bildungssteuernden Instanzen und den lehrerbildenden Institutionen noch keine ausreichende Datenlage zu der Frage, welche Lehrkräfte mit welcher Professionalisierung Schüler*innen in den naturwissenschaftlichen Fächern unterrichten. Zur Schaffung einer ersten empirischen Basis untersuchten deshalb die beiden Projekte COACTIV-R (Kunter et al., 2011) für die Mathematik und proΦ für die Physik vergleichend die professionellen Kompetenzen von Lehramtsabsolvent*innen und Quereinsteigenden in der Phase des Vorbereitungsdiensts. Im Folgenden wird die proΦ-Studie (Lamprecht, 2011; Oettinghaus, 2015) vorgestellt und deren Ergebnisse mit denen der COACTIV-R-Studie verglichen.

Die Studie proΦ orientiert sich an dem Modell der professionellen Handlungskompetenz von Lehrkräften sowie dem Modell der Determinanten und Konsequenzen (Kunter et al., 2011 und 2013) und untersucht die Forschungsfrage, inwiefern sich Physikreferendar*innen verschiedener Professionalisierungswege in Bezug auf ihre Handlungskompetenzen (Lehrerüberzeugungen, Professionswissen, Berufsmotivation und Selbstregulation) unterscheiden. Die Vergleichserhebungen, durchgeführt in drei Teilerhebungen von 2008 bis 2011 an Studienseminaren in den Bundesländern Baden-Württemberg, Bremen, Hamburg, Hessen und Niedersachsen, wurde vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) unterstützt.

Für die Erhebung und die Analysen wurden folgende vier Absolventengruppen/ Professionalisierungswege unterschieden:

Gym: Absolvent*innen des Lehramts im gymnasialen Bereich
HR: Absolvent*innen des Lehramts im Haupt- und Realschulbereich
Phys: Quereinsteigende, Absolvent*innen eines Physikstudiums
ChIng: Quereinsteigende, Absolvent*innen eines Chemie- oder Ingenieursstudiums

Die Stichprobe umfasst 368 angehende Physiklehrkräfte, davon 222 Lehramtsabsolvent*innen (LAA) und 146 Quereinsteigende (QE). Da die Erhebungen direkt in den Physikfachgruppen an den Studienseminaren der Länder erfolgten, nahmen über 80% der Referendar*innen, die in dem jeweiligen Jahr ihren Vorbereitungsdienst begonnen hatten, teil. 34% der Quereinsteigenden und 40% der Lehramtsabsolvent*innen waren in dieser Stichprobe Frauen. Die Quereinsteigenden waren im Mittel 36 Jahre alt (SD= 7.0), die Lehramtsabsolvent*innen 29.3 Jahren (SD= 5.4).

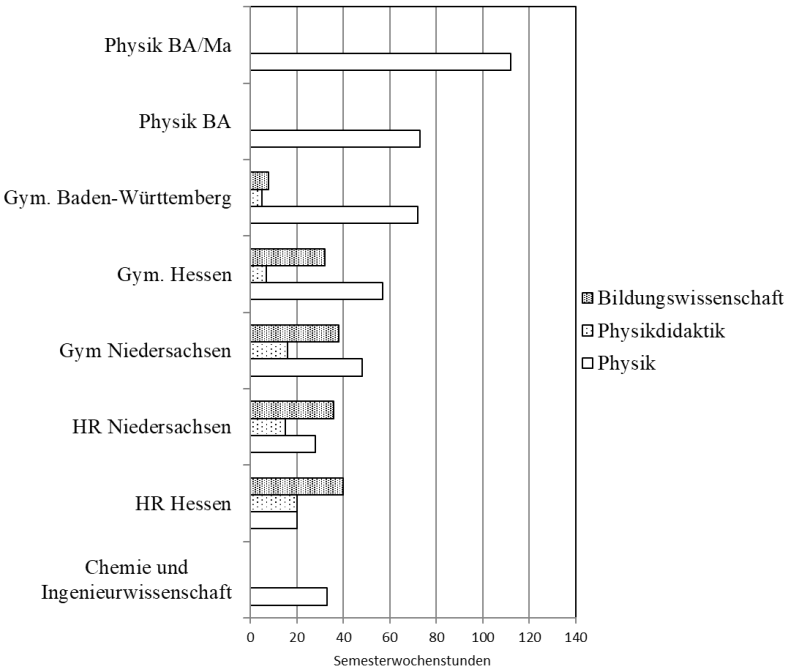
Tab. 3: Stichprobe der Studie proΦ (Oettinghaus, 2015, S. 108)

	LAA	**QE**	**Gym**	**HR**	**Phys**	**ChIng**	**QE-Quote**
Baden-Württemberg	93	81	92	1	48	33	47%
Bremen und Hamburg	20	12	19	1	9	3	38%
Hessen	50	16	24	26	5	11	24%
Niedersachsen	59	37	18	41	12	25	39%
Σ	**222**	**146**	**153**	**69**	**74**	**72**	**40%**
weiblich (gesamt 38%)	40%	34%	44%	51%	24%	35%	

Die größte Teilgruppe Gym umfasste ca. 150 Lehrpersonen, die anderen drei Teilgruppen HR, Phys und ChIng jeweils ca. 70 Personen. Tabelle 3 zeigt zudem die länderspezifische Zusammensetzung der Stichprobe. Die Quote der Quereinsteigenden ins Referendariat lag im Mittel der beteiligten Länder bei 40%.

Die Professionalisierungswege der vier Teilgruppen der Studie unterscheiden sich gravierend in den fachlichen, fachdidaktischen und bildungswissenschaftlichen Lerngelegenheiten. Tabelle 4 zeigt die Lerngelegenheiten in Physik, Physikdidaktik und Bildungswissenschaften. Nicht dargestellt sind die teilweise oder komplett fehlenden fachlichen und fachdidaktischen Studienanteile im zweiten Unterrichtsfach. Aufgrund verschiedener Erhebungszeiträume wurden für Gym Studienordnungen vor dem Jahr 2006 und für HR nach 2006 herangezogen.

Tab. 4: Stichprobe proΦ - Studienanteile verschiedener Studienordnungen (Oettinghaus, 2015, S. 115)



Am auffälligsten sind die Unterschiede in den physikalischen Studienanteilen, die in dieser Stichprobe zwischen 20 Semesterwochenstunden (SWS) für HR in Hessen und bis zu 110 SWS für Physiker*innen im BA/Ma-Studium variierten. Aber auch Chemiker*innen und Ingenieur*innen unter den Quereinsteigenden absolvierten nur ca. 30 SWS Physik. Studienanteile der Fachdidaktik in beiden Unterrichtsfächern sowie der Bildungswissenschaften können beide Quereinsteigendengruppen nicht aufweisen. Aber auch innerhalb der Lehramtsstudiengänge variieren diese Studienanteile je nach Studiengang, Hochschule und Bundesland stark.

Erhebungsmethodik der Studie proΦ: Operationalisierung der Kompetenzmerkmale

Das Professionswissen wurde mit zwei Testheften à je drei Aufgabenblöcke erhoben. Dafür wurden aus den Instrumenten von Riese (2009) Kurztests entwickelt (Oettinghaus, 2015, S. 144 ff.). Da die Testitems während der ersten Teilerhebung 2008 (Lamprecht, 2011) noch in der Entwicklungsphase waren, wurden die Wissenstests erst in der zweiten und dritten

Erhebungsphase eingesetzt. So ergeben sich verschiedene Probandenzahlen N für die einzelnen Testteile.

Der *Fachwissen*-Test (FW) umfasste sechs Aufgaben (14 Items) zu den Inhaltsbereichen „Kraft", „Kinematik", „Impuls" und „Experimentieren". Die Niveaustufen „Schulwissen" und „vertieftes Wissen" sowie die Anforderungsbereiche „Reproduzieren", „Verstehen" und „Beurteilen/ Analysieren" wurden durch die Items abgedeckt. Die mittels des Programms ConQuest berechnete EAP/PV-Reliabilität beträgt für dieses Instrument .69 (N=147).

Der Test für das *fachdidaktische Wissen* (FDW) erfasste mit acht Aufgaben (31 Items) die Inhaltsbereiche „Aspekte physikalischer Lernprozesse", „Einsatz von Experimenten", „Gestaltung und Planung von Lernprozessen", „Beurteilung, Analyse und Reflexion von Lernprozessen" und „Adäquate Reaktion in kritischen Unterrichtssituationen" (EAP/PV=.69, N=147). Der Test für das *pädagogische Wissen* (PW) mit 30 Items wurde von König & Blömeke (2010) übernommen (EAP/PV = .75, N=60).

Die Erhebung der *Lehr-Lern-Überzeugungen* der zukünftigen Lehrkräfte erfolgte über Selbsteinschätzungen von Items zu folgenden drei Dimensionen (Oettinghaus, 2015, S. 118 ff.): Die „Überzeugungen zum selbstständigen Lernen (SL)" erfassen die Vorstellungen zum alltags- und handlungsnahen Unterricht mit 16 Items (EAP/PV=.81, N=347), die „Überzeugungen zum transmissiven Lernen (TL)" die Vorstellungen zum Lernen als Weitergabe von Wissen mit ebenfalls 16 Items (EAP/PV=.84, N=347) und das „Wissenschaftsverständnis (WiV)" die Vorstellungen zur Wissenschaft und zur Genese von Wissensbeständen mit 14 Items (EAP/PV=.69, N=347).

Als weitere Komponenten der professionellen Kompetenzen wurden die *selbstregulativen Fähigkeiten* mit dem Instrument AVEM erhoben, das die arbeitsbezogenen Verhaltens- und Erlebensmuster von Lehrkräften mit 44 Items erfasst (Schaarschmidt & Fischer, 2008) sowie die Persönlichkeitsmerkmale mit dem NEO-FFI (Brokenau & Ostendorf, 2008).

Die erhobenen *berufsbiografischen Daten* umfassen u.a. die Leistungskurse, Studienschwerpunkte und Abschlussnoten der Studienteilnehmer*innen sowie ihre beruflichen Vorerfahrungen und ihre Erfahrungen im Umgang mit Kindern. Zudem wurden die Lehrerfahrungen und ihre Berufswahlmotive (pädagogisch-erzieherische Motive (5 Items, α = .79), positive Rahmenbedingungen (5 Items, α = .72) erfasst (Lamprecht, 2011, S. 123).

Auswertung und ausgewählte Ergebnisse der Studie proΦ

Die umfassenden Ergebnisse der Studie finden sich in den Dissertationen von Lamprecht (2011) und Oettinghaus (2015). Mit dem Ziel, die Messgenauigkeit zu maximieren, modellierte Oettinghaus die Zusammenhangsstruktur der Professionalisierungswege und der persönlichen Voraussetzungen der Referendar*innen mit deren Kompetenzen mithilfe des Programms Mplus (Muthén & Muthén 2007). Im Zentrum des Modells standen fünf latente Kompetenzmerkmale FW, FDW, SL, TL, WiV und die Professionalisierungswege der zukünftigen Lehrkräfte, getrennt nach den vier Teilgruppen Gym, HR, Phys und ChIng. Da vorhergehende Studien (Neuhaus, 2004; Lamprecht, 2011) für die drei Überzeugungsmerkmale Bundeslandeffekte zeigten, wurde die Bundeslandzugehörigkeit der Proband*innen ins Modell aufgenommen. Das Strukturmodell sowie die standardisierten Regressionskoeffizienten der Lerngelegenheiten und der Kompetenzen finden sich bei Oettinghaus (2015, S. 157, 173 und 183).

Um die Ergebnisse der Studie proΦ mit denen der Studie COACTIV-R (Lucksnat et al., 2020) zumindest qualitativ vergleichen zu können, wurden für die nun folgenden Ergebnisdarstellungen die Daten mit multivariaten Kovarianzanalyse ausgewertet (Korneck et al, eingereicht). Tabelle 5 zeigt die deskriptiven Ergebnisse der proΦ-Studie (z-transformierte Mittelwerte und Standardfehler) sowie die Ergebnisse der MANCOVA unter Kontrolle des

Bundeslands. Da es sich um einen alternativen methodischen Zugang zur oben beschriebenen Modellierung handelt, gleichen sich die Analyseergebnisse.

Ein erster Aspekt der Befragung war die Berufswahlmotivation der angehenden Lehrkräfte. In Bezug auf die pädagogischen-erzieherischen *Berufswahlmotive* waren die Unterschiede zwischen den vier Teilgruppen nicht signifikant. Ein Grund könnte in den vielfältigen Vorerfahrungen der Proband*innen im Umgang mit Kindern und Jugendlichen liegen. So hatten 53% der LAA und 39% der QE Erfahrungen in der Jugendarbeit sowie 60% der LAA und 46% der QE in der Nachhilfe. 14% der LAA und 36% der QE hatten eigene Kinder. Die positiven Rahmenbedingungen des zukünftigen Arbeitsplatzes, wie dessen Sicherheit oder die Vereinbarkeit von Beruf und Familie, trennten die Gruppen hingegen signifikant. Hier unterscheiden sich insbesondere Gym mit geringen von HR und ChIng mit höheren Zustimmungswerten.

*Tab.5: Auszug aus den deskriptiven Statistiken der proΦ-Studie zur professionellen Kompetenz von Quereinsteigenden und Lehramtsabsolvent*innen sowie Ergebnisse der multivariaten Kovarianzanalyse (Korneck et al., eingereicht). z-transformierte Mittelwerte und Standardfehler. Effektstärke η^2: klein: < .06, mittel: .06 - .14; groß: > .14.*

Signifikante Unterschiede sind blau gekennzeichnet.

	Lehramtsabsolventen				**Quereinsteigende**				**MANCOVA** (Kontrolle des Bundeslands)	
	Gym		**HR**		**Phys**		**ChIng**			
z-transformierte Werte / Standardfehler	**M**	SEM	**M**	SEM	**M**	SEM	**M**	SEM	**p**	**η^2**
Päd.-erzieherische Berufswahlmotive	**.06**	.055	**.15**	.058	**-.06**	.052	**-.21**	.051	.185	.014
Positive Rahmenbedingungen	**-.19**	.056	**.15**	.049	**.07**	.052	**.22**	.046	**.033**	.025
Fachwissen	**.61**	.072	**-.36**	.070	**.85**	.096	**-.22**	.068	**.053**	.052
Fachdidaktisches Wissen	**.15**	.101	**-.01**	.064	**.14**	.089	**-.18**	.096	.657	.011
Pädagogisches Wissen	**.28**	.137	**.57**	.049	**-.16**	.090	**-.83**	.143	**.003**	.223
Überzeugungen zum transmissiven Lernen	**-.15**	.047	**-.20**	.060	**.17**	.059	**.27**	.053	**.006**	.036
Überzeugungen zum selbstständigen Lernen	**.05**	.048	**.16**	.054	**-.18**	.058	**.03**	.060	.488	.007
Wissenschaftsverständnis	**.24**	.053	**-.36**	.050	**.17**	.052	**-.35**	.053	**.001**	.048
Persönlichkeitsmerkmal Offenheit für Erfahrungen	**.005**	.056	**-.35**	.053	**.26**	.049	**-.03**	.049	**.044**	.023

In den Ergebnissen zum *Fachwissen* spiegeln sich die physikalischen Lerngelegenheiten der Referendar*innen wider (Tabelle 4), indem die Phys, gefolgt von Gym deutlich bessere Ergebnisse erzielen als ChIng, gefolgt von HR. Die Gruppenunterschiede mit p=.053 sind sehr knapp an der 5%-Signifikanzgrenze.

Die Ergebnisse zum *fachdidaktischen Wissen* sind insofern erstaunlich, da die Teilgruppen Gym und Phys ähnliche Werte erzielen, obwohl letztere keine fachdidaktischen Lerngelegenheiten im Studium hatten. Die Teilgruppe HR liegt im Mittelfeld, während ChIng die geringsten Werte aufweist. Insgesamt werden die Gruppenunterschiede im FDW nicht signifikant. In den Modellierungsergebnissen von Oettinghaus (2015) zeigt sich zudem, dass die Ergebnisse im FW und FDW korrelieren.

Im Bereich des *pädagogischen Wissen*s, in dem Quereinsteigende ebenfalls keine Lerngelegenheiten im Studium hatten, sind die Ergebnisse eindeutiger. Hier weisen die HR hohe Werte auf, in deutlichem Abstand gefolgt von Gym. Die beiden Gruppen im Quereinstieg, Phys und insbesondere ChIng, zeigen niedrige Testergebnisse. Im PW werden die Gruppenunterschiede signifikant.

Auch im Bereich der *Überzeugungen* zum transmissiven Lernen werden die Unterschiede signifikant. Während die beiden Teilgruppen Gym und HR transmissive Lehr-Lern-Überzeugungen eher ablehnen, stimmen Phys und ChIng diesen eher zu. Den Aussagen zu den Überzeugungen zum selbstständigen Lernen stimmen zwar die HR stärker zu als die Phys, insgesamt unterscheiden sich die Teilgruppen aber nicht signifikant.

Im *Wissenschaftsverständnis* unterscheiden sich die Teilgruppen wiederum hochsignifikant. Analog zum Fachwissen weisen hier Gym und Phys deutlich höhere Werte als HR und ChIng auf.

Im Persönlichkeitsmerkmal „*Offenheit für Erfahrungen*" zeigen Phys deutlich höhere und HR deutlich niedrigere Werte als die anderen Teilgruppen, so dass auch diese Gruppenunterschiede signifikant werden.

Vergleich der Ergebnisse der Studien COACTIV-R und proΦ

In den Jahren 2007 bis 2009 erhob die Studie COACTIV-R im Fach Mathematik Daten zum Kompetenzerwerb von Lehramtskandidat*innen im Vorbereitungsdienst an Studienseminaren in vier Bundesländern. Die Forschungsfrage lautete: „Unterscheiden sich Quereinsteigende von traditionell ausgebildeten Lehramtsanwärter*innen im Vorbereitungsdienst hinsichtlich ihrer professionellen Kompetenz?" Die Stichprobe umfasste 770 LAA und 72 QE für das Fach Mathematik. 13 QE hatten ein Mathematikstudium und 31 QE ein mathematiknahes Studium (z.B. Ingenieurwissenschaften oder Physik) abgeschlossen. Von 28 QE liegen keine Daten zum Professionalisierungsweg vor. 69% der LAA und 36% der QE waren Frauen. Das Durchschnittsalter lag bei 27,5 Jahren (LAA) bzw. 32,2 Jahren (QE). 65% der QE und 41% der LAA absolvierten ihren Vorbereitungsdienst an einem Gymnasium (Lucksnat et al., 2020, S. 9).

*Tab. 6: Auszug aus der deskriptiven Statistiken der COACTIV-R-Studie zur professionellen Kompetenz von Quereinsteigenden und traditionell ausgebildeten Lehramtsanwärter*innen sowie die Ergebnisse der MANCOVA (Lucksnat et al., 2020, S. 11).*

	Lehramtsabsolvent*innen (N = 770)		**Quereinsteigende** (N = 72)		**MANCOVA** (Kontrolle Alter, Geschlecht, Unterrichtserfahrung)	
	M	***SD***	**M**	***SD***	**p**	**η^2**
Fachwissen	4.95	3.29	6.09	3.92	.96	.01
Fachdidaktisches Wissen	15.90	5.44	15.75	6.12	.32	.04
Pädagogisch-psychologisches Wissen	68.51	12.91	58.27	15.91	<.01	.02
Transmissive Überzeugungen	2.30	.04	2.36	.38	.16	.02
Konstruktivistische Überzeugungen	3.41	.34	3.36	.36	.53	.02

Tabelle 6 stellt einen Auszug der deskriptiven Statistiken der COACTIV-R-Studie zur professionellen Kompetenz von Quereinsteigenden und traditionell ausgebildeten Lehramtsanwärter*innen sowie die Ergebnisse der multivariaten Kovarianzanalyse dar (Lucksnat et al.,

2020, S. 11). Kovariaten waren das Geschlecht, das Alter, die Schulform (Gymnasium oder andere Schulart) und die Unterrichtserfahrung der Referendar*innen (die Daten wurden nach zwei oder sieben Monaten eigenständigen Unterrichts erhoben).

Die Tabelle stellt die Gruppenvergleiche der beiden Großgruppen LAA und QE dar. Hier zeigt sich lediglich im *pädagogisch-psychologischen Wissen* ein signifikanter Unterschied. Allerdings wurden für das *Fachwissen* und das *fachdidaktische Wissen* zudem die Unterschiede zwischen den beiden Teilgruppen der QE mit Mathematik- oder mathematiknahem Studium geprüft. Im Fachwissen erreichten die Mathematiker*innen unter den QE signifikant bessere Werte ($p<.01$, $\eta^2=.17$). Im fachdidaktischen Wissen zeigten diese beiden Teilgruppen keine signifikanten Unterschiede.

In Bezug auf die *transmissiven und konstruktivistischen lerntheoretischen Überzeugungen* wurden die Teilgruppen nicht getrennt analysiert. Für die Großgruppen der QE und der LAA ergaben sich keine signifikanten Unterschiede.

In ihren Ausführungen zu den Implikationen der Ergebnisse ihrer Studie interpretierten die Autoren die COACTIV-R-Ergebnisse folgendermaßen: „Zunächst kann aufgrund der Befunde zum fachlichen und fachdidaktischen Wissen eine Entwarnung für die Sekundarstufe der Mathematik gegeben werden. Es gibt zwischen den traditionell ausgebildeten Lehramtsanwärtern und den Quereinsteigern keine Unterschiede. Dies deutet darauf hin, dass Quereinsteiger vergleichbare Voraussetzungen wie traditionelle Lehrkräfte besitzen“ *(Lucksnat et al., 2020, S. 13).* Diese Position wurde mehrfach auch in den öffentlichen Medien, wie dem Deutschlandfunk vertreten: „Quereinsteiger sind laut einer Studie mit Referendaren in den meisten Bereichen genauso kompetent wie regulär ausgebildete Lehrkräfte. Quereinsteiger verfügten lediglich über geringere pädagogisch-psychologische Fachkenntnisse, sagte Studienleiter Dirk Richter von der Universität Potsdam“ (DLF, 20.6.2020). Aus Perspektive der Ergebnisse der proΦ-Studie kann diese Interpretation nicht geteilt werden. Da die beiden Gruppen QE und LAA auch intern bzgl. ihrer Kompetenzen heterogen sind, ist es unabdingbar, möglichst detailliert gut begründete Teilgruppen der zukünftigen Lehrkräfte zu analysieren. So zeigt sich zwar auch in der proΦ-Studie im Bereich des pädagogischen Wissens der erwartete Unterschied zwischen QE und LAA, aber im Fachwissen und fachdidaktischen Wissen erzielen Gym und Phys hohe Werte, während im Fachwissen vor allem HR aber auch ChIng niedrige Werte erreichen. Eine Trennung zwischen den Großgruppen QE und LAA greift zu kurz. Auch in den Überzeugungen der zukünftigen Lehrkräfte zahlt sich eine differenzierte Analyse aus: In Bezug auf die transmissiven lerntheoretischen Überzeugungen reicht zwar eine Differenzierung in die beiden Großgruppen aus. Hier stimmten die QE Aussagen zum Lernen als Weitergabe von Wissen eher zu als LAA. Im Wissenschaftsverständnis weisen hingegen wiederum Gym und Phys hohe sowie HR und ChIng ähnlich niedrige Werte auf (Korneck et al., eingereicht).

Abschließend ist positiv herauszuheben, dass die Ergebnisse der COACTIV-R-Studie und der proΦ-Studie eine ähnliche Tendenz aufweisen, obwohl sich die beiden Studien sowohl im untersuchten Fach, als auch in den Operationalisierungen des Professionswissens unterscheiden. Da beide Studien mit der Untersuchung von QE und LAA unter den Referendar*innen nur einen Teil der Professionalisierungswege von Lehrkräften abbilden (s. Tabelle 2), gelten die Untersuchungen weiterer Zugänge zum Lehrerberuf (Seiteneinsteigende, fachfremd Unterrichtende) sowie von Zusammenhängen zur Unterrichtsqualität oder Schüleroutcomes weiterhin als Forschungsdesiderate. Erste Hinweise zu den Zusammenhängen von Lehrerkompetenzen und Unterrichtsqualitätsmerkmalen gibt die Φactio-Studie. Hier zeigten sich für die Teilgruppe HR Zusammenhänge zwischen dem Fachwissen bzw. fachdidaktischen Wissen und den Qualitätsmerkmalen kognitive Aktivierung, konstruktive Unterstützung und Klassenführung. Für Gym sind die lerntheoretischen Überzeugungen prädiktiv für die Unterrichtsqualität (Korneck et al., 2017).

Studien wie COACTIV-R und proΦ geben Hinweise für die Konzeption von universitären Professionalisierungsprogramme und Studiengänge für Quereinsteigende, die an der Freien Universität Berlin (FUB) und der Universität Tübingen entwickelt und im Folgenden vorgestellt werden.

Studiengänge für Quereinsteigende

Der Newsletter Monitor Lehrerbildung (2020) stellt eine Erhebung unter 61 lehrkräftebildenden Hochschulen vor mit dem Ergebnis, dass zwar 17% dieser Hochschulen Masterstudiengänge für Quereinsteigende anbieten, darunter allerdings nur fünf mit Angeboten für allgemeinbildende Lehrämter. Bereits im Wintersemester 2016/17 wurde an der FUB für Fremdsprachen, Mathematik, Physik und Informatik der Studiengang „Q-Master: Lehramt an integrierten Sekundarschulen und Gymnasien mit dem Profil Quereinstieg“ eingeführt (FUB 2018; FUB 2019a, FUB 2019b). Er umfasst eine Regelstudienzeit von vier Semestern bzw. 120 Leistungspunkten (LP) und ist in das bestehende Angebot des regulären Lehramtsmasters an der FU Berlin integriert. Die Studienpläne umfassen die Fachwissenschaften im Zweitfach (35 LP), fachdidaktische Module (22 LP je Fach), Bildungswissenschaften (26 LP) sowie eine Masterarbeit im Zweitfach (15 LP) und ein Praxissemester. Zulassungsvoraussetzungen sind ein berufsqualifizierender, nicht lehramtsrelevanter Hochschulabschluss, der relevante fachwissenschaftliche Studienanteile für zwei der oben genannten Studienfächer aufweist (mindestens 110 LP). Seit WiSe 16/17 haben sich 157 Studierende eingeschrieben, davon 23 im Fach Physik, von denen bereits fünf ihr Studium mit guten Leistungen abgeschlossen haben (Ghassemi, Milster & Nordmeier, 2019; Ghassemi & Nordmeier, 2020). Seit dem WiSe 2020/2021 bietet auch die Universität Tübingen einen ähnlich aufgebauten viersemestrigen QE-Studiengang für Informatik, Physik oder Mathematik an (Uni Tübingen, 2020).

Ausblick

Obwohl die unvollständigen (oder unvollständig veröffentlichten) Einstellungsdaten von Lehrkräften gezielte Maßnahmen der lehrerbildenden Institutionen behindern, ist in den letzten Jahren deutlich geworden, dass neben dem traditionellen Studium gleichwertige, alternative universitäre Professionalisierungswege angeboten werden müssen, um den Bedarf an gut ausgebildeten Lehrkräften zu decken. Diese Forderung formuliert auch das Positionspapier „Ergänzende Wege der Professionalisierung“ der Gesellschaft für Fachdidaktik (GFD, 2018), dem sich der Senat der Hochschulrektorenkonferenz anschloss (HRK, 2020).

Da die bisherige Einstellung von Lehrkräften alternativer Zugangswege heterogene Fachkollegien an den Schulen zur Folge hat und kaum Erkenntnisse existieren, inwiefern sich diese Politik der letzten Jahre auf den Alltag und die Arbeitssituation von MINT-Lehrkräften auswirkt, widmet sich die Studie „MINT-Personal an allgemeinen und beruflichen Schulen “ (Vairo et al., 2020) der weiterführenden Frage, wie MINT-Lehrkräfte verschiedener Professionalisierungswege ihre beruflichen Rahmenbedingungen wahrnehmen und wie es den Schulen gelingt, Lehrkräfte mit unterschiedlichen Voraussetzungen und Potenzialen zu integrieren. Eine erste Befragung von MINT-Lehrkräften an allgemeinbildenden und beruflichen Schulen zu ihrer beruflichen und schulischen Situation sowie zu Veränderungspotentialen an Schulen ist in Kooperation mit dem IPN und der TU Darmstadt für das kommende Jahr geplant.

Literatur

Borkenau, P. & Ostendorf, F. (1993). NEO-Fünf-Faktoren-Inventar (NEO-FFI) nach Costa und McCrae. Göttingen: Hogrefe.

Born, G. (1975). Variationen zum Physiklehrerbedarf. Physikalische Blätter 31, S.69.

Born, G. & Euler, M. (1977). Das Berufsbild der Physiklehrer. Eine empirische Studie der Deutschen Physikalischen Gesellschaft. Phys. Blätter 9 (1977), 408 - 412. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/phbl.19770330904 (Stand 9/2020)

DLF (26.8.2020). Lehrermangel – Studie: Quereinsteiger sind besser als ihr Ruf. Interview mit Dirk Richter in der Sendung *Campus & Karriere*. https://www.deutschlandfunk.de/campus-karriere-das-bildungsmagazin.679.de.html?drbm:date=2020-08-26 (Stand 12/2020).

DPG, GDCP, MNU (2010). Notprogramme zur Einstellung von Physiklehrkräften gefährden die Qualität des Physikunterrichts. https://www.dpg-physik.de/veroeffentlichungen/publikationen/studien-der-dpg/studie-quereinsteiger (Stand 12/2020).

DPG (2010). Korneck, F., Lamprecht, J., Wodzinski, R. & Schecker, H. (Hrsg.), Quereinsteiger in das Lehramt Physik – Zur Lage und Perspektiven der Physiklehrerausbildung in Deutschland. Eine Studie der Deutschen Physikalischen Gesellschaft. Bad Honnef. (Stand 12/2020).

DPG (2014). Großmann, S. & Hertel, I. (Hrsg.), Zur fachlichen und fachdidaktischen Ausbildung für das Lehramt Physik. Eine Studie der Deutschen Physikalischen Gesellschaft. Bad Honnef. https://www.dpg-physik.de/veroeffentlichungen/publikationen/studien-der-dpg/studie-lehramt-physik (Stand 12/2020).

Düchs, G. & Mecke, K. (2020). Konstanz trotz Corona. Statistiken zum Physikstudium an den Universitäten in Deutschland 2020. Physik Journal 19 Nr. 8/9, 70-75.

FUB (2018). Studien- und Prüfungsordnung der Freien Universität Berlin für den Masterstudiengang für das Lehramt an Integrierten Sekundarschulen und Gymnasien. Amtsblatt der Freien Universität Berlin. https://www.fu-berlin.de/service/zuvdocs/amtsblatt/2018/ab272018.pdf (Stand 12/2020).

FUB (2019a). Studien- und Prüfungsordnung der Freien Universität Berlin für den Masterstudiengang für das Lehramt an Integrierten Sekundarschulen und Gymnasien mit dem Profil Quereinstieg. Amtsblatt der Freien Universität Berlin. https://www.fu-berlin.de/service/zuvdocs/amtsblatt/2019/ab162019.pdf (Stand 12/2020).

FUB (2019b). Zugangssatzung der Freien Universität Berlin für den Masterstudiengang für das Lehramt an Integrierten Sekundarschulen und Gymnasien mit dem Profil Quereinstieg. Amtsblatt der Freien Universität Berlin. https://www.fu-berlin.de/service/zuvdocs/amtsblatt/2019/ab132019.pdf (Stand 12/2020).

Fulde, P., Born, G., Peschel, I., Polke, M. (1974). Angebot und Bedarf an Physikern in der Bundesrepublik Deutschland bis 1990. Eine Studie der DPG. Physikalische Blätter, Vol. 30, Issue 9, S. 419-423. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/phbl.19740300908 (Stand 12/2020).

GFD (2004). Positionspapier „Kerncurriculum Fachdidaktik. Orientierungsrahmen für alle Fachdidaktiken". Beschluss der Mitgliederversammlung November 2004. https://www.fachdidaktik.org/veroeffentlichungen/positionspapiere-der-gfd/ (Stand 12/2020).

GFD (2018). Positionspapier „Ergänzende Wege der Professionalisierung von Lehrkräften" https://www.fachdidaktik.org/veroeffentlichungen/positionspapiere-der-gfd/ (Stand 12/2020).

Ghassemi, N. & Nordmeier, V. (2020). Professionelle Kompetenzen von Studierenden im ‚Lehramtsmaster mit Profil Quereinstieg' im Fach Physik. In Nordmeier, V. & Grötzebauch, H. (Hrsg.), PhyDid B. Didaktik der Physik. Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung Bonn. Berlin.

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., Milster, J.-J. & Nordmeier, V. (2019). Qualifizierung von Quereinsteiger*innen. Begleitforschung zum Kompetenzerwerb von Q-Masterstudierenden im Land Berlin. In Nordmeier, V. & Grötzebauch, H. (Hrsg.), PhyDid B. Didaktik der Physik. Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung Aachen (S. 99–103). Berlin.

HRK (2020). Quer- und Seiteneinstieg ins Lehramt. Entschließung des Senats der HRK am 25. Juni 2020. https://www.hrk.de/positionen/beschluss/detail/quer-und-seiteneinstieg-ins-lehramt/

IQB (2019). 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, Waxmann, Münster. www.iqb.hu-berlin.de/bt/BT2018.

König, J., Blömeke, S. (2010). Pädagogisches Unterrichtswissen (PUW). Dokumentation der Kurzfassung des TEDS-M Testinstruments zur Kompetenzmessung in der ersten Phase der Lehrerausbildung. Humboldt-Universität zu Berlin.

Korneck, F., Lamprecht, J. (2009a). Quer- und Seiteneinsteiger in das Lehramt Physik. In D. Höttecke (Hrsg.), Chemie- und Physikdidaktik für die Lehreramtsausbildung. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Schwäbisch Gmünd 2008. Münster: LIT-Verlag, (S. 22–37).

Korneck, F., Lamprecht, J. (2009b). Quer- und Seiteneinsteiger in das Lehramt Physik, Chemkon 16(1), S. 49-51

Korneck, F., Lamprecht, J., Wodzinski, R. & Schecker, H. (2010). Quereinsteiger in das Lehramt Physik. Lage und Perspektiven der Physiklehrerausbildung in Deutschland. Eine Studie der Deutschen Physikalischen Gesellschaft e.V., https://www.dpg-physik.de/veroeffentlichungen/publikationen/studien-der-dpg/studie-quereinsteiger (Stand 12/2020).

Korneck F., Lamprecht J., Oettinghaus L. (2010). Quer- und SeiteneinsteigerInnen in den Lehrerberuf im Fach Physik, jlb, 3,2010, 8-21.

Korneck F., Lamprecht J., Oettinghaus L. (2012). Unterrichtsabdeckung versus Qualität in der Lehrerbildung? Eine Analyse von Quer- und Seiteneinstiegen exemplarisch am Lehramt Physik, in Sauerland F, Uhl S. (Hrsg.): Selbstständige Schule. Hintergrundwissen und Empfehlungen für die eigenverantwortliche Schule und die Lehrerbildung. Carl Link-Verlag Kronach, 255 – 275.

Korneck, F., Krüger, M. & Szogs, M. (2017). Professionswissen, Lehrerüberzeugungen und Unterrichtsqualität angehender Physiklehrkräfte unterschiedlicher Schulformen. In E. Sumfleth & H. Fischler (Hrsg.), Professionelle Kompetenzen von Lehrkräften der Chemie und Physik. Studien zum Physik- und Chemielernen Bd. 200. Berlin: Logos.

Korneck, F. (2019). Sondermaßnahmen vs. nachhaltige Professionalisierung im Lehrerberuf, in Porsch, R., Rösken-Winter, B. (Hrsg.): Professionelles Handeln im fachfremd erteilten Mathematikunterricht, Springe Spektrum Wiesbaden, 49-77.

Korneck F., Oettinghaus L., Lamprecht J. (eingereicht): Kompetenzen von Quereinsteigenden und Lehramtsabsolventen im Vorbereitungsdienst für das Lehramt im Fach Physik, Zeitschrift für Pädagogische Psychologie

KMK (2013). Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 05.12.2013: http://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2013/2013_12_05-Gestaltung-von-Sondermassnahmen-Lehrkraefte.pdf (Stand 12/2020).

KMK (2016). Einstellung von Lehrkräften 2015. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/Statistik/EVL_2016.pdf (Stand 12/2020).

KMK (2002 bis 2020). Einstellung von Lehrkräften 2001 – 2019. Tabellenauszug. https://www.kmk.org/dokumentation-statistik/statistik/schulstatistik/einstellung-von-lehrkraeften.html (Stand 12/2020).

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., Klusmann, U., Baumert, J., Richter, D., Voss, T., & Hachfeld, A. (2013). Professional competence of teachers: Effects on instructional quality and student development. Journal of Educational Psychology, 105(3), S. 805-820.

Lamprecht, J. (2011). Ausbildungswege und Komponenten professioneller Handlungskompetenz. Berlin: Logos Verlag Berlin GmbH.

Lim S. (2013). Lehrerausbildung und Abstimmungsprobleme des Lehrermarkts – Entwicklungsdynamik in Deutschland und Südkorea, Wiesbaden: Springer-Verlag.

Lucksnat, C., Richter, E., Klusmann, U., Kunter, M., Richter, D. (2020). Unterschiedliche Wege ins Lehramt – unterschiedliche Kompetenzen? Ein Vergleich von Quereinsteigern und traditionell ausgebildeten Lehramtsanwärtern im Vorbereitungsdienst, Zeitschrift für Pädagogische Psychologie (2020), 1–16

Monitor Lehrerbildung 12/ 2020. https://www.monitor-lehrerbildung.de/web/newsletter/Newsletter-Dezember-2020 (Stand 12/2020).

Muthèn, L. K., & Muthèn, B. O. (2007). Mplus. Statistical Analysis With Latent Variables. User´s Guide. Los Angeles.

Oettinghaus L. (2015). Lehrerüberzeugungen und physikbezogenes Professionswissen. Vergleich von Absolventinnen und Absolventen verschiedener Ausbildungswege im Physikreferendariat. Berlin: Logos Verlag Berlin GmbH.

Riese, J. (2009). Professionelles Wissen und professionelle Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften. Berlin: Logos Verlag Berlin GmbH.

Schaarschmidt, U. & Fischer, A. (2008). AVEM – Arbeitsbezogenes Verhaltens- und Erlebensmuster. Manual. London: Pearson.

Schorn, Bernadette, Salinga, Christian & Heinke, Heidrun (2018). Perspektiven des Programms MILeNa zur MINT-Lehrer-Nachwuchsförderung. In: C. Maurer (Hrsg.), Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht- normative und empirische Dimensionen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Regensburg 2017. (S. 400). Universität Regensburg.

Universität Tübingen (2020). Master of Education Quereinstieg Lehramt Gymnasium (Informatik - Physik - Mathematik). https://uni-tuebingen.de/fakultaeten/mathematisch-naturwissenschaftliche-fakultaet/fachbereiche/mathematik/fachbereich/studium-und-lehre/studiengaenge/master-of-education-quereinstieg-lehramt-gymnasium/ (Stand 12/2020).

Vairo Nunes, R., Korneck, F., Berger, J., Ziegler, B., Rönnebeck, S., Parchmann, I. (eingereicht, in diesem Band). Arbeitssituation und Professionalisierungswege von MINT-Lehrkräften.

Mathias Ropohl Universität Duisburg-Essen

Zum Einsatz von Medien für das Lehren und Lernen in den Naturwissenschaften

Gerade die Ausstattung von Schulen mit Medien ist nicht zuletzt aufgrund der Folgen der Pandemie für die Schulen in den Mittelpunkt gesellschaftlicher Debatten geraten. Mit Blick auf die Ausstattung hat die Kultusministerkonferenz (KMK) im Jahr 2016 beschlossen, dass „möglichst bis 2021 jede Schülerin und jeder Schüler jederzeit, wenn es aus pädagogischer Sicht im Unterrichtsverlauf sinnvoll ist, eine digitale Lernumgebung und einen Zugang zum Internet nutzen können sollte“ (KMK, 2016, S. 11). Damit hat die KMK einen Zeitrahmen für die Digitalisierung in der schulischen Bildung vorgegeben und den Trend zur Digitalisierung in der schulischen Bildung eingeleitet. Der Bund stellt den Schulen zur Erreichung des Ziels im Rahmen des DigitalPakts Schule über einen Zeitraum von fünf Jahren insgesamt fünf Milliarden Euro zur Verfügung.

Doch gleichzeitig legt die zunehmende Ausstattung der Schulen mit digitaler Technik offen, dass die bloße Ausstattung nicht ausreicht, um das Lehren und Lernen nachhaltig und zielführend zu verbessern. Vielmehr bedarf es geeigneter fachdidaktischer Konzepte. Ihre Entwicklung und Einführung forderte auch die KMK (2016) in ihrer Strategie zur Bildung in der digitalen Welt: „Bei der Gestaltung von Lehr- und Lernprozessen werden digitale Lernumgebungen entsprechend curricularer Vorgaben dem Primat des Pädagogischen folgend systematisch eingesetzt“ (S. 12). Dabei gilt es zu berücksichtigen jedes Fach „spezifische Zugänge zu den Kompetenzen in der digitalen Welt durch seine Sach- und Handlungszugänge“ (S. 11) beinhaltet. Mittlerweile liegen erste Lehrpläne vor, in denen beispielsweise für das Chemie eine Verknüpfung zwischen dem fachlichen Lernen und dem Einsatz digitaler Medien hergestellt wird. So weist der Kernlehrplan für die Sekundarstufe I des Gymnasiums in Nordrhein-Westfalen aus, dass Schülerinnen und Schüler „Reaktionen zwischen Metallatomen und Metallionen als Elektronenübertragungsreaktionen deuten und diese auch mithilfe digitaler Animationen und Teilgleichungen erläutern (UF1)“ (MSB, 2019, S. 30) sollen.

Mit Blick auf die Nutzung der Technik gilt es eine begleitende Professionalisierung der Lehrkräfte aufzubauen. Im Bereich der Lehrerbildung ist die Berücksichtigung von entsprechenden Anforderungen und die Definition entsprechender Ziele durch die Standards für die Lehrerbildung etabliert (KMK, 2004 i. d. F. vom 16.05.2019). So sollen angehende Lehrkräfte „mit Medien unter konzeptionellen, didaktischen und praktischen Aspekten“ (S. 5) umgehen. Auch die Erklärung *Medienbildung in der Schule* (KMK, 2012) greift diesen Punkt auf und führt ihn weiter aus: „Lehrkräfte müssen mit den Medien und Medientechnologien kompetent und didaktisch reflektiert umgehen können, sie müssen gleichermaßen in der Lage sein, […] Medienangebote zu analysieren und umfassend darüber zu reflektieren, gestalterische und kreative Prozesse mit Medien zu unterstützen und mit Schülerinnen und Schülern über Medienwirkungen zu sprechen“ (S. 7). Auf europäischer Ebene wurde der Kompetenzrahmen DigCompEdu (European Union, 2017) vorgeschlagen. Darin werden für unterschiedliche Anforderungssituationen des Schulalltags für Lehrpersonen Kompetenzen definiert, wie beispielsweise die Erhebung des Lernstandes im Standard 4.1: „Digitale Medien für die Lernkontrolle und Leistungsbeurteilung verwenden. Digitale Medien nutzen, um die Vielfalt und die Angemessenheit von Beurteilungsformaten und -ansätzen zu erhöhen.“

(European Union, 2017, o.A.). Curricula für Lehrerbildungsprogramme können auf diesen Vorgaben und Empfehlungen aufbauen und ihrerseits konkrete Kompetenzerwartungen zur Nutzung digitaler Technik zur Erreichung von Bildungszielen im Fachunterricht beschreiben. Vor dem Hintergrund des einleitenden Überblicks zu bildungspolitischen Vorgaben werden im nächsten Abschnitt die schulischen Rahmenbedingungen des Medieneinsatzes basierend auf Befunden aus Untersuchungen zusammenfasst. Außerdem wird anschließend in einem zweiten Abschnitt die Rolle von Medien für die Qualität von Unterricht diskutiert. Abschließend werden Implikationen für die Lehrerbildung abgeleitet, die sich aus den beiden ersten Abschnitten ergeben.

Schulische Rahmenbedingungen des Medieneinsatzes

Perspektiven unterschiedlicher Disziplinen auf Medien

Wenn Medien im Unterricht eingesetzt werden, dann schauen unterschiedliche Disziplinen mit ganz unterschiedlichen *Brillen* auf diesen Einsatz. Dabei ergänzen sich diese unterschiedlichen Perspektiven auf Medien bzw. Intentionen für ihren Einsatz bei der Planung von Lerngelegenheiten. Mindestens beteiligt sind die Disziplinen Psychologie, Mediendidaktik, Medienpädagogik, Soziologie, Allgemeine Didaktik, Fachdidaktik und Fachwissenschaft. Hier werden sie bewusst getrennt dargestellt, um so die Schwerpunkte der Disziplinen auszuschärfen und gegeneinander abzugrenzen.

Die Psychologie schaut auf Medien unter psychologischen Aspekten, wie z.B. der Wahrnehmung, dem Lernen oder der Informationsverarbeitung (z.B. Ainsworth, 2006; Mayer, 2002). Die Medienpädagogik sieht Medien als Bestandteil der Lebenswelt an und betrachtet sie unter dem Aspekt des Umgangs miteinander und somit stark unter dem Aspekt der Erziehung. Ähnlich ist die Sichtweise der Soziologie, wobei hier stärker die Gesellschaft und weniger das Individuum im Fokus stehen, z.B. wenn es um Technik in der Gesellschaft oder die Teilhabe an der Gesellschaft geht. Die Mediendidaktik befasst sich mit Medien in und für Lernprozesse. Im Kern dieser instrumentellen Sicht auf Medien steht die Frage: Wie können Medien für das Lehren und Lernen zielgerichtet genutzt und methodisch eingebettet werden? (z.B. Kerres, 2007). Die Fachwissenschaft nutzt Medien, um fachliche Probleme zu untersuchen oder zu lösen. Der Einsatz von Medien kann bei der Anwendung bestimmter fachlicher Arbeitsweisen erforderlich sein. Im Kern dieser fachlichen Sicht auf Medien steht die Frage: wie können Medien für das Lösen fachlicher Probleme bzw. bei der Beobachtung fachlicher Phänomene genutzt werden? Medien selbst können Lerngegenstand einer Disziplin oder eines Faches sein im Sinne von domänen- oder fachspezifischen Arbeitsweisen.

In Ergänzung bzw. Abgrenzung zu den anderen Disziplinen und ihren Perspektiven ist es Aufgabe der Fachdidaktik zu klären, welche (medienbezogenen) fachlichen „Bildungsanliegen“ im Fachunterricht auftreten und wie diese mit mediengestützten Lernangeboten adressiert werden können. Damit können fachliche Lernziele (z.B. authentische Wissenschaftsorientierung als ein Bildungsargument) oder Lehr-Lern-Situationen (z.B. computergestützte Diagnose als ein Lernargument) als Begründung für den Medieneinsatz im Fachunterricht herangezogen werden. Medien gelten dabei als Mittler zwischen Gegenstand und Person bzw. zwischen Person und Person (Girwidz, 2015; Nerdel, 2017; Reiners, 2017).

Beim Medieneinsatz im naturwissenschaftlichen Unterricht kommen die unterschiedlichen Perspektiven natürlich mit unterschiedlichem Gewicht zum Tragen. Der Medieneinsatz in den naturwissenschaftlichen Fächern findet also nicht losgelöst von der Betrachtung durch andere Disziplinen statt. Zur Ausschärfung der fachdidaktischen Position und dem Verhältnis von

fachlichem Lernen und Medieneinsatz ist eine Abgrenzung aber zwingend notwendig, wie auch nachfolgend deutlich wird.

Befundlage zu Medienverfügbarkeit und -einsatz

In den vergangenen 10 Jahren wurde eine Reihe von Befragungen vor allem von Lehrkräften durchgeführt, die vorwiegend die Medienverfügbarkeit in Schulen in den Blick genommen und dabei zunehmend auch die Mediennutzung untersucht haben. Kernbotschaft all dieser Befragungen war die mangelnde Ausstattung von Schulen mit vor allem digitalen Medien und die bis dato unzureichende Nutzung dieser Medien, sofern sie denn verfügbar waren.

Tab. 1: Eckdaten von ausgewählten Studien zur Medienverfügbarkeit und -nutzung in Deutschland

Autoren bzw. Herausgeber	**Jahr**	**Name der Studie(n)**	**Fokus der Studien**
Initiative D21	2011 2016	Bildungsstudie: Digitale Medien in der Schule Sonderstudie: Schule digital	Ausstattung, Häufigkeit der Nutzung, Unterstützungsbedarf
BITKOM	2011 & 2014	Digitale Schule – vernetztes Lernen	Ausstattung, Häufigkeit der Nutzung, Fortbildungsbedarf, [Funktion]
forsa	2014	IT an Schulen – Ergebnisse einer Repräsentativbefragung von Lehrern in Deutschland	Ausstattung, Häufigkeit der Nutzung, Vor- und Nachteile der Nutzung digitaler Medien
Bos et al. Eickelmann et al.	2014 2019	ICILS 2013 ICILS 2018	u. a. Ausstattung, schulische Nutzung, Einstellungen von Lehrkräften
Deutsche Telekom Stiftung Bos et al. Lorenz et al.	2015 2016 2017	Länderindikator	Nutzung, Ausstattung, Kompetenzen von Lehrkräften, Lernaktivitäten (MINT-Fächer)

Ein Beispiel ist die International Computer and Information Literacy Study (ICILS), in deren Rahmen u.a. die befragten Lehrkräfte die schulische IT-Ausstattung einschätzen sollten (Eickelmann, Gerick, Labusch & Vennemann, 2019). Weniger als die Hälft der befragten deutschen Lehrkräfte hält die IT-Ausstattung für ausreichend. Ähnlich ist die Einschätzung des Stands der Technik und der Qualität der Internetanbindung. Besonders auffällig ist, dass laut eigener Auskunft nur weniger als ein Drittel ausreichenden Zugang zu digitalen Lernmaterialien hat. Im internationalen Mittel liegen die Einschätzungen für die vier hier herausgegriffenen Punkte bei um die 60 % und damit deutlich höher als für die deutsche Teilstichprobe. International Schlusslicht sind deutsche Lehrkräfte bezüglich der Ausstattung mit eigenen tragbaren digitalen Endgeräten durch die Schule oder den Schulträger

(Eickelmann et al., 2019). Von den befragten deutschen Lehrkräften gaben nur 3,2 % an, über ein eigenes, dienstlich bereitgestelltes Endgerät zu verfügen. In Dänemark sind es hingegen über 90 %. Dies könnte sich zeitnah ändern, da sich erste Bundesländer dazu entschlossen haben, alle Lehrerinnen und Lehrer mit digitalen Endgeräten auszustatten (Schulministerium NRW, 2020). Bisher galt jedenfalls, dass die Ergebnisse des Bildungsmonitorings des Länderindikators für die technische Ausstattung der Schulen einen klaren Nachholbedarf aufzeigten (Lorenz & Endberg, 2017, Eickelmann et al., 2019). Überraschend ist, dass MINT-Lehrkräfte in den MINT-Fachräumen keine bessere Ausstattung vorfinden als Lehrpersonen anderer Fächer in anderen (Fach-)Räumen (Lorenz & Endberg, 2017).

Wenn Lehrkräfte die Ausstattung von Schulen mit digitaler Technik im internationalen Vergleich als schlecht einschätzen, dann überrascht es nicht, dass sie im internationalen Vergleich auch Schlusslicht bei der Nutzung sind (Drossel, Eickelmann, Schaumburg & Labusch, 2019). Nur knapp ein Viertel der befragten deutschen Lehrkräfte gab in ICILS 2018 an, digitale Medien täglich im Unterricht zu verwenden, während ein weiteres Viertel digitale Medien nach Selbstauskunft nur einmal im Monat nutzt. Zum Vergleich: In Dänemark nutzen fast drei Viertel der befragten Lehrkräfte digitalen Medien jeden Tag im Unterricht.

Aus fachdidaktischer Perspektive entscheidend ist die Frage nach der Funktion der Nutzung. Bezüglich dieses Forschungsgegenstandes gibt es bisher nur wenige Befunde. Im Rahmen des Länderindikators wurden konkrete Funktionen erfasst; so z.B. der Anteile der Lehrpersonen, die angeben, dass die Schülerinnen und Schüler digitale Medien zu Anwendungen der Datenerfassung und -bearbeitung nutzen. Insgesamt sind dies gut ein Fünftel der befragten deutschen Lehrkräfte. Auffallend sind hohe regionale Unterschiede zwischen den Bundesländern. Hier schwanken die Anteile zwischen ca. 15 % und ca. 25 %. Kramer et al. (2019) konnten für den Biologieunterricht ebenfalls feststellen, dass diese Funktion aus zeitlicher Sicht eine hohe Bedeutung hat. In $N = 74$ untersuchten Unterrichtsvideos aus dem Biologieunterricht wurden im Mittel 13 Minuten lang digitale Medien für das Messen und Rechnen genutzt. Offensichtlich wird für diese naturwissenschaftliche Arbeitsweise zunehmend ein digitales Medium eingesetzt.

Mit Blick auf die Nutzung von Medien im MINT-Unterricht resümieren die Autoren des Länderindikators, dass das Potenzial an verfügbaren Medien nicht ausgeschöpft wird: „Allerdings zeigen die Ergebnisse insbesondere in Bezug auf die Nutzung der didaktischen Potenziale, dass in allen Bundesländern noch Entwicklungsbedarfe auszumachen sind, die ggf. durch die KMK-Strategie zielgerichtet und nachhaltig aufgearbeitet werden können […].“ (Eickelmann, Lorenz & Endberg, 2017, S. 257).

Ziele dieses Beitrags

Ein stärkerer Fokus auf die Nutzung von Medien und insbesondere auf die Funktion der Nutzung erscheint in der Auseinandersetzung mit Medien für den naturwissenschaftlichen Unterricht vor diesem Hintergrund logisch und dringend erforderlich. Das erste Ziel des Beitrags ist daher eine Betrachtung des Medieneinsatzes im Fach unter Gesichtspunkten der Unterrichtsqualität. Dazu wird eine theoretische Beschreibung des Medieneinsatzes aus fachdidaktischer Perspektive in Form einer Heuristik dargelegt. Das zweite Ziel des Beitrags ist die Vorstellung ausgewählter Befunde einer (online) Befragung von Lehrkräften der Naturwissenschaften zum Medieneinsatz in ihrem Unterricht und die Ableitung von Perspektiven für die Lehrerbildung aus den berichteten Befunden. Beide Ziele werden nachfolgend jeweils in einem eigenen Abschnitt adressiert.

Unterrichtsqualität: Beschreibung des Medieneinsatzes im naturwissenschaftlichen Unterricht

Der Medieneinsatz im naturwissenschaftlichen Unterricht ist im Gesamtzusammenhang des Unterrichtsgeschehen zu sehen und damit als ein Element des Angebots-Nutzungs-Modells von Unterricht. Entsprechend der obigen Darstellung zu den Perspektiven unterschiedlicher Disziplinen auf den Medieneinsatz lassen sich in solch einem Modell Medien und ihre Funktionen an unterschiedlichen Stellen verorten. Überraschend ist, dass Medien und ihre Nutzung bisher nicht systematisch in einem Angebots-Nutzungs-Modell aufgenommen wurden. Dabei kann ihr Einfluss auf die Qualität von Lerngelegenheiten gerade auch in den naturwissenschaftlichen Fächern als belegt angesehen werden.

Um eine fachspezifische Beschreibung und Begründung des Medieneinsatzes im naturwissenschaftlichen Unterricht zu ermöglichen, wurde im Rahmen des Projekts „Medien im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht“ (MiU) eine Heuristik theoriebasiert hergeleitet (Härtig, Kampschulte, Lindmeier, Ostermann, Ropohl & Schwanewedel, 2018). Das Ziel der Heuristik ist die Fokussierung der Passung zwischen Medium, Lernziel und Lernprozess aus fachlicher Sicht. Die Voraussetzung für die Analyse der Passung ist eine differenzierte Analyse des Lernziels und des Potenzials des Mediums. Dabei geht die Heuristik von zwei Grundannahmen aus: 1) zum einen unterscheidet die Heuristik zwischen dem Medium und dem Medieneinsatz; 2) zum anderen unterscheidet sie zwischen Oberflächenstrukturmerkmalen und Tiefenstrukturmerkmalen. Aus diesen zwei Grundannahmen ergeben sich somit vier Betrachtungsbereiche: A) ein Medium kann anhand seiner Oberflächenstrukturmerkmale beschrieben werden; B) der Medieneinsatz kann ebenfalls anhand seiner Oberflächenstrukturmerkmale beschrieben werden; C) das Potenzial eines Mediums kann anhand seiner Tiefenstrukturmerkmale betrachtet werden; und D) das Potenzial des Medieneinsatzes kann ebenfalls anhand seiner Tiefenstrukturmerkmale betrachtet werden. Die unterschiedlichen Betrachtungsbereiche werden nachfolgend anhand eines Beispiels erläutert:

Im Unterricht wird eine abgeschlossene Apparatur aufgebaut, in der ein Teelicht steht und in der zwei digitale Sensoren zur Messung des Sauerstoff- und Kohlenstoffdioxidanteils in der Luft eingebaut sind. Die Kerze wird entzündet, die Apparatur verschlossen und die Anteile der beiden Gase in der Luft gemessen. Während des Brennvorgangs können die Konzentrationen der Gase sowie ihre Veränderung über einen Bildschirm verfolgt werden.

Die erste Aufgabe für die Schüler ist, das Demonstrationsexperiment zu beobachten und die Situation nach dem Erlöschen der Kerze zu beschreiben. Die Schüler können beobachten, dass die Kerzenflamme erlischt, wenn der Anteil des Sauerstoffs in der Luft bei 18 % liegt. Diese Beobachtung steht im Widerspruch zu der Annahme der meisten Schülerinnen und Schüler, dass die Kerzenflamme erst bei einem kompletten „Verbrauch“ des Sauerstoffs ausgeht. Die zweite Aufgabe für die Schülerinnen und Schüler sind die Entwicklung von Fragestellungen anhand der Beobachtungen und das Aufstellen von Hypothesen zu euren Beobachtungen auf. Mögliche Fragen könnten wie folgt lauten:

- Warum brennt die Kerze nicht, wenn der Sauerstoffanteil in der Luft bei 18 % oder darunter liegt?
- Kann etwas in der Luft brennen, wenn der Anteil des Sauerstoffs unter 18 % sinkt?
- Welche Faktoren beeinflussen die Messung der Daten?

Welche Funktion kommt nun der digitalen Technik in dieser Einstiegsphase in eine Lerngelegenheit und damit im fachlichen Lernprozess zu? Zunächst werden die Veränderungen bezüglich der Sauerstoff- und der Kohlenstoffdioxidkonzentration auf der

Teilchenebene für jeden Lernenden erfahrbar, da die Konzentrationsänderung in ppm über die Zeit in einem Diagramm synchron zum Experiment durchgeführt wird. Die Schülerinnen und Schüler können wahrnehmen, dass die Zahl der Kohlenstoffdioxidmoleküle zunimmt und die der Sauerstoffmoleküle abnimmt. Eine weitere Funktion ist die dadurch ermöglichte direkte Anknüpfung an Schülervorstellungen bzw. deren Widerlegung. Durch die gleichzeitige Betrachtung der makroskopischen und der submikroskopischen Repräsentationsebene wird ein kognitiver Konflikt ausgelöst. Nicht zuletzt regen das Experiment und insbesondere die Nutzung der digitalen Technik zu weiterführenden Fragestellungen und entsprechenden Hypothesen an. Eine Zusammenfassung der Anwendung der Heuristik auf das Beispiel gibt Tabelle 2.

Tab. 2: Anwendung der Heuristik zum Einsatz von Medium im naturwissenschaftlichen Unterricht auf ein Beispiel

	Eigenschaft des Mediums (Was?)	**Eigenschaft des Medieneinsatzes (Wie?)**
Oberflächen-struktur-merkmale	Eingesetzt werden digitale Sensoren in Kombination mit einer Software für die synchrone und dynamische Datendarstellung.	Die Bedienung der digitalen Medien erfolgt in dem Demon-strationsexperiment durch die Lehrkraft, könnte aber auch durch Lernende erfolgen.
Tiefenstruktur-merkmale	- Reflexion von Schülervorstellungen - Datenaufbereitung als fachliche Arbeitsweise - Beschreibung und ggf. Erklärung eines naturwissenschaftlichen Phänomens	Zunächst dient das Medium hier der Sichtbarmachung des Un-sichtbaren, der Anzahl der Sauerstoff- und Kohlenstoff-dioxidmoleküle. Des Weiteren folgt das Medium dem Auslagerungsprinzip, da die Datenerhebung und -darstellung automatisiert sind. Mit Blick auf den weiteren Lernprozess ist eine weitere Funktion, dass durch den Einsatz des Mediums weiterführende Fragestellungen angeregt werden.

Das Beispiel zeigt auf, wie sich der Einsatz digitaler Medien im Fachunterricht begründen lässt. Entscheidend ist die Funktion des Mediums für den Lernprozess der Schülerinnen und Schüler. Weitere Beispielhafte Funktionen des Medieneinsatzes auf der Tiefenstrukturebene sind die nachfolgenden:

- sich wiederholende, aufwändige Routinetätigkeiten lassen sich auslagern (z. B. Ausrechnen abgeleiteter Größen beim Experimentieren),
- herausfordernde Tätigkeiten können an Software abgegeben werden, wenn diese nicht Teil des Lernziels sind (z. B. Erstellen eines Diagramms),
- komplexere Lösungswege können ausprobiert werden (z. B. Berücksichtigung von Messfehlern und Fehlerfortpflanzung als optionale Aufgabe), und
- mehrere Repräsentationsebenen können miteinander verbunden werden (z. B. Simulation, Text und Realexperiment).

Bei der Zuschreibung von Funktionen ist zwischen einem Medieneinsatz zu unterscheiden, bei dem das Medium selbst Lerngegenstand ist (z.B. bei der Nutzung von Medien für konkrete wissenschaftliche Arbeitsweisen wie das Modellieren), oder bei dem das Medium Mittel zum Zweck ist (z.B. beim Aufbau neuen Fachwissens).

Lehrerbildung: (online) Befragung von Lehrkräften der Naturwissenschaften zum Medieneinsatz in ihrem Unterricht

Zum zweiten Ziel des Beitrags, der Untersuchung des Medieneinsatzes durch Lehrkräfte im naturwissenschaftlichen Unterricht, leitet folgendes Zitat über:

„…we need to know how teachers […] give meaning to and use technologies, in teaching and learning, what their motives and expectations are, which routines they develop and how technologies direct their utilization."

(Voogt, Fisser, Tondeur & van Braack, 2016, S. 46)

Dieses Zitat gibt ein Desiderat mit Blick auf den Medieneinsatz im Unterricht und den ihm zugeschriebenen Funktionen wieder. An diesem Desiderat knüpft eine Untersuchung der Nutzung von Medien sowie der dem Medieneinsatz zugeschriebenen Funktionen in der Praxis des naturwissenschaftlichen Unterrichts an (Härtig, Ostermann, Ropohl, Schwanewedel, Kampschulte & Lindmeier, eingereicht; Ostermann, Härtig, Kampschulte, Lindmeier, Ropohl & Schwanewedel, 2018). Diese wird nachfolgend auszugsweise vorgestellt.

Ziel und Forschungsfragen der Befragung

Ziel der Befragung ist die Untersuchung der Medienverfügbarkeit und Mediennutzung für bzw. durch Lehrkräfte der Naturwissenschaften. Dabei interessierte vor allem die Funktion des Medieneinsatzes für Lernprozesse mit Blick auf fachliche Bildungsziele. Nachfolgend werden Befunde zu den drei Forschungsfragen berichtet:

FF1: Inwiefern sind bestimmte Medien an Schulen in den drei Naturwissenschaften verfügbar und wie zufrieden sind die Lehrkräfte für naturwissenschaftliche Fächer mit dieser Ausstattung?

FF2: Zu welchen Anteilen werden drei ausgewählte Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht genutzt?

FF3: Welche Funktionen schreiben die befragten Lehrkräfte für naturwissenschaftliche Fächer dem Einsatz der drei ausgewählten Medien zu?

Methodik der Untersuchung

Die Lehrkräfte wurden mit einer schriftlichen Fragenbogenerhebung befragt, die sowohl postalisch als auch online durchgeführt wurde. Dazu wurden zum einen Anschreiben an Schulen verschickt und zum anderen Lehrkräfte auf Tagungen direkt angesprochen. Die Stichprobenrekrutierung erfolgte zwischen April 2017 und September 2018. Insgesamt konnten $N = 189$ Lehrkräfte naturwissenschaftlicher Fächer rekrutiert werden (vgl. Tabelle 3).

Tab. 3: Ausgewählte Merkmale der rekrutierten Stichprobe

		Bundesland			**Berufserfahrung [Jahre]**			
	Häufigkeit	**NRW**	**SH**	**Andere**	**0-5**	**6-10**	**11-20**	**>20**
Biologie	53	27	12	14	14	12	15	12
Chemie	54	33	14	7	10	14	15	15
Physik	82	32	12	38	13	21	20	28
Gesamt	189	92	38	59	37	47	50	55

Der Fragebogen besteht aus einem allgemeinen und aus einem fachbezogenen Teil. Im allgemeinen Fragebogenteil wurden die Lehrkräfte zu ihrem beruflichen Hintergrund wie Lehrtätigkeit, Berufserfahrung und Bundesland befragt. Außerdem wurden ihre Einstellungen zu Medien und zum Medieneinsatz generell erhoben. Der fachspezifische Teil steht für die Fächer Biologie, Chemie, Physik zur Verfügung. Ein mehrfaches Ausfüllen durch eine Lehrkraft war möglich, wenn die Testperson mehr als ein naturwissenschaftliches Fach unterrichtet (z.B. Chemie und Physik). Die Lehrkräfte sollten für ihren Fachunterricht die Verfügbarkeit und Nutzungshäufigkeit von Medien einschätzen (vgl. Abbildung 1). Chemielehrkräfte wurden beispielsweise zum Medieneinsatz im Chemieunterricht, zu Modellen und Modellexperimenten im Chemieunterricht, zu virtuellen Lernumgebungen im Chemieunterricht sowie zu Desktop-Computern und Mobile-Computern im Chemieunterricht befragt. Die Skalen zu den Einschätzungen sind nicht normalverteilt. Daher wurden für die Analyse differentieller Effekte nicht-parametrische Verfahren angewendet.

1. Für die Gestaltung von Chemieunterricht in der 8. und 9. Jahrgangsstufe können unterschiedliche Medien eingesetzt werden. Bitte geben Sie für die nachfolgend genannten Medien die von Ihnen geschätzte Nutzungsdauer für Ihren Chemieunterricht an. Stellen Sie sich dabei eine typische, von Ihnen geplante Unterrichtseinheit zum Thema Säuren und Basen vor. **Schätzen Sie ab**, wie lange Sie in Ihrem Chemieunterricht das jeweilige Medium nutzen, wenn Sie ein Inhaltsgebiet über vier Wochen hinweg unterrichten (zwei Unterrichtsstunden pro Woche, 360 Minuten in vier Wochen).
*Bitte geben Sie die **geschätzte Zeit** in Minuten in der folgenden Tabelle an. Sie haben die Möglichkeit, weitere Medien zu ergänzen.*

Von den ca. 360 Minuten einer durchschnittlichen Unterrichtseinheit nutzen die Schülerinnen und Schüler …

ein gegenständliches Modell	ca. _____ Minuten.
eine virtuelle Lernumgebung	ca. _____ Minuten.
ein reales Experiment	ca. _____ Minuten.
ein Smartphone	ca. _____ Minuten.
…	

Abb. 1: Beispielhafter Ausschnitt aus dem Fragebogen zur Erhebung des Medieneinsatzes

Ausgewählte Ergebnisse der Befragung
Mit Blick auf die erste Forschungsfrage zeigt sich, dass bei der Verfügbarkeit Fachspezifika nur für digitale Technik im Bereich Hardware (zwischen Biologie & Chemie) sowie für virtuelle Lernumgebungen (zwischen Physik und beiden anderen Fächern) auftreten (vgl. Tabelle 4). Es wird zudem deutlich, dass gegenständliche Modelle als Sammlungsgegenstand der Lehrkraft zur Verfügung stehen; darüber hinaus ist die Hardware insbesondere nicht immer für alle Lernenden verfügbar. Diese Beobachtung dürfte mit der Beobachtung zusammenhängen, dass auch virtuelle Lernumgebungen kaum verfügbar sind. Für die Zufriedenheit lässt sich zusammenfassen, dass es kaum fachspezifische Befunde gibt und die Lehrkräfte mit der analogen Ausstattung eher zufriedener sind, als mit der digitalen.
Zur Beantwortung der zweiten Forschungsfrage wurden die Lehrkräfte gebeten anzugeben, welches Medium von ihnen im Unterricht wie lange genutzt wird. Untersucht werden soll in einem Vergleich die relative Nutzung der Medien. Zur Beantwortung der Frage wurde

zunächst die Mediennutzungszeit je Person normiert, um auf der Basis der normierten Zeit je Lehrkraft anschließend über die Lehrkräfte hinweg eine mittlere Nutzung eines bestimmten Mediums angeben zu können. Anhand der sich ergebenden normierten und gemittelten Nutzungszeiten kann der Anteil eines Mediums im Vergleich zu allen Medien verglichen werden. Diese Anteile beziehen sich je Lehrkraft ausdrücklich nur auf die Zeit, in der diese Lehrkraft die hier abgefragten Medien nutzt. Insgesamt muss festgehalten werden, dass es sehr große Unterschiede zwischen einzelnen Lehrkräften gibt, die zu sehr hohen Standardabweichungen führen. Dies zeigt sich sowohl für die gesamte Mediennutzungszeit als auch für die Verhältnisse der einzelnen Medien zueinander. Diese Unterschiede zwischen den Personen eines Fachs übertreffen auch die Unterschiede zwischen den Fächern. Dies ist insofern wichtig, als dass zusätzlich ein Vergleich der Fächer fachspezifische Mediennutzungsmuster aufdecken soll (vgl. Tabelle 5). Erwartungskonform zeigt sich, dass gegenständliche Modelle im Biologieunterricht länger eingesetzt werden, als in den beiden anderen Fächern. Der zeitliche Anteil von Experimenten fällt zwischen allen Fächern unterschiedlich aus, anteilig ist die Rolle im Chemieunterricht am größten. Auffallend sind auch die Unterschiede in den Nutzungszeiten der interaktiven Tafel.

Tab. 4: Verfügbarkeit zweier Medien in den drei naturwissenschaftlichen Fächern

	Modelle & Modellexperimente [% je Fach und Kategorie]					**virtuelle Lernumgebung[1,2] [% je Fach und Kategorie]**				
	für alle Lernenden immer verfügbar	bei Bedarf als mobiler Klassensatz verfügbar	bei Bedarf im Fachraum verfügbar	bei Bedarf einzelne verfügbar	nicht verfügbar	für alle Lernenden immer verfügbar	bei Bedarf als mobiler Klassensatz verfügbar	bei Bedarf im Fachraum verfügbar	bei Bedarf einzelne verfügbar	nicht verfügbar
Biologie	7,5	3,8	20,8	67,9	0,0	1,9	9,4	30,2	3,8	47,2
Chemie	11,3	3,8	30,2	50,9	3,8	3,9	13,7	29,4	17,6	35,3
Physik	9,9	1,2	33,3	51,9	3,7	8,9	12,7	55,7	7,6	15,2

Hinweis: [1]sign. zwischen Biologie & Physik; [2]sign. zwischen Chemie & Physik

Tab. 5: Anteil einzelner Medien an der Gesamtnutzungszeit

Mediennutzung in den drei Fächern
[Prozent der Gesamtmediennutzungszeit gemittelt über die Personen]

	gegen-ständliches Modell[1 2]	reales Experi-ment[1,2,3]	Tablet-PC	Notebook	Computer/ Desktop-PC	interaktive Tafel[1,2]	virtuelle Lern-umgebung
Biologie	16,3	21,1	2,3	6,0	7,2	4,1	3,5
Chemie	7,2	40,5	2,3	4,6	5,0	10,6	3,7
Physik	9,9	32,3	2,4	2,8	8,2	13,7	4,7

Hinweis: [1]sign. zwischen Biologie & Chemie; [2]sign. zwischen Biologie & Physik; [3]sign. zwischen Chemie & Physik

Um die dritte Forschungsfrage zu beantworten, wurden die Lehrkräfte für die drei ausgewählten Medien – gegenständliches Modell, Computer/Desktop-PC und virtuelle Lernumgebung – wieder mit Blick auf den Unterricht in einer Klasse gefragt, mit welchen Zielen sie von ihnen genutzt werden. Hierfür wurde eine vierstufige Skala mit den folgenden Kategorien eingesetzt: (1) in keiner oder fast keiner Unterrichtsstunde, (2) in weniger als der Hälfte der Unterrichtsstunden, (3) in mindestens der Hälfte der Unterrichtsstunden, (4) in jeder oder fast jeder Unterrichtsstunde. Bei der Betrachtung der Rohdaten zeigt sich für manche Funktionen innerhalb einer Fachgruppe eine deutliche Schiefe in der Verteilung. Aus diesem Grund werden ausschließlich Mediane berichtet und non-parametrische Verfahren gerechnet. Es muss ferner betont werden, dass aufgrund der sehr niedrigen Anteile digitaler Medien an den Gesamtnutzungszeiten (vgl. Tabelle 5) ein Blick nur auf die gegenständlichen Modelle aussagekräftig ist, für die sich auch – durchaus erwartbare – Fachspezifika zeigen. Eine fachdidaktische Interpretation der Muster ist zum Beispiel, dass gegenständliche, nicht prozesshafte Modelle in der Physik kaum genutzt werden (in Biologie ein Modell der Haut, in Chemie ein Modell eines Moleküls), daher werden in der Physik Modelle auch häufiger herangezogen, um „reale“ Experimente durchzuführen und Daten zu erheben, eine reine Beschreibung kommt seltener vor.

Limitationen der Befragung

Die (online) Befragung unterliegt Limitationen. Zunächst ist hervorzuheben, dass die Teilnahme für die befragten freiwillig war. Es handelt sich um eine Gelegenheitsstichprobe in der Variante Selbstselektionsstichprobe. Es ist davon auszugehen, dass für das Thema der Befragung weniger motivierte Personen von einer Teilnahme eher abgesehen haben. Dies kann dazu führen, dass die Nutzungshäufigkeit von Medien überschätzt wird. Schwerpunkte der Rekrutierung waren die Bundesländer Nordrhein-Westfalen und Schleswig-Holstein. Eine Generalisierung mit Blick auf das gesamte Bundesgebiet ist daher nicht möglich. Des Weiteren wurden in der Befragung aus Gründen der Vergleichbarkeit drei beispielhafte Medien ausgewählt. Die Kriterien für die Auswahl waren, dass sowohl analoge und digitale wie auch eher geläufige und weniger geläufige aufgegriffen werden. Durch diese Engführung der Befragung können ggf. intensivere Erfahrungen der Lehrkräfte mit der Nutzung anderer Medien nicht erfasst werden. Da der Zeitpunkt der Befragung vor der Umsetzung des vom Bund angestoßenen DigitalPakts Schule zur Ausstattung von Schulen mit digitaler Technik liegt, ist die Aktualität der Ergebnisse ggf. eingeschränkt.

Fazit

Die Befunde der Befragung lassen sich mit Blick auf die drei Forschungsfragen zu drei knappen Antworten zusammenfassen. Die erste Frage nach den an Schulen in den Naturwissenschaften verfügbaren Medien lässt sich wie folgt beantworten: Die Angaben aus der Befragung deuten allenfalls auf eine Grundausstattung mit digitalen Medien hin, wohingegen die Ausstattung mit analogen Medien deutlich umfassender ist. Die Antwort auf die daran anschließende Frage nach der Nutzung der verfügbaren Medien lautet: Es zeigen sich insbesondere sehr geringe Nutzungszeiten für digitale Medien im Vergleich zu analogen Medien. Wiederum anknüpfend an die beiden ersten Fragen interessierte, welche Funktionen Lehrkräfte für naturwissenschaftliche Fächer dem Medieneinsatz bezogen auf exemplarische Medien zuschreiben. Es zeigen sich fachspezifische Nutzungsmuster und Funktionen beim Medieneinsatz und insgesamt ein breites Spektrum an möglichen Funktionen.

Gesamtfazit zum Medieneinsatz im naturwissenschaftlichen Unterricht

In diesem Beitrag lag ein Fokus auf der Verknüpfung des Medieneinsatzes im Unterricht mit der Perspektive der Unterrichtsqualität. Um diese Verknüpfung zukünftig zu stärken, wurde eine Heuristik dargelegt, die den Medieneinsatz aus fachdidaktischer Sicht nach Betrachtungsaspekten der Oberflächen- und Tiefenstruktur von Unterricht gliedert. Basierend auf dieser Heuristik und der damit verbundenen Stärkung der fachdidaktischen Perspektive der Unterrichtsqualität bedarf es geeigneter Modelle und erprobter Beispiele für gelungenen (lernförderlichen) Einsatz (digitaler) Medien im Sinne einer Methode. Die Heuristik kann hier helfen den Fokus dieser Beispiele auf den fachlichen Lernprozess zu legen und dabei diesen Prozess mit Hilfe digitaler Medien möglichst wirksam zu gestalten. Ein zweiter weiterführender Punkt sind darauf aufbauende fachübergreifende oder fächerintegrierte Überlegungen, wie Schülerinnen und Schülern der Umgang mit (digitalen) Medien vermittelt werden kann, die sie für fachliche Lernprozesse nutzen.

Das zweite Ziel des Vortrags ist die Stärkung der Perspektive der Lehrerbildung. Zu diesem Zweck wurden Befunde einer (online) Befragung von Lehrkräften der Naturwissenschaften zum Medieneinsatz in ihrem Unterricht vorgestellt. Ein zentraler Befund ist der eher seltene Einsatz digitaler Medien. Um hier (angehende) Lehrkräfte zu professionalisieren, müssen Lehrkräfte in allen Phasen der Lehramtsbildung fachdidaktische Kompetenzen zum Einsatz (digitaler) Medien erwerben, so auch beispielsweise berufsbegleitend (Ropohl, 2021). Dabei muss die fachdidaktische Funktion des Einsatzes, wie sie mithilfe der Heuristik herausgearbeitet wurde, im Mittelpunkt stehen.

Desiderata

Aus der allgemeinen Ausgangslage und der hier anschließend skizzierten Befragung können Desiderata abgeleitet werden, die zukünftig Gegenstand weiterer Untersuchungen sein sollten. Zunächst ist hier der Punkt der Rahmenbedingungen zu nennen. Die Ausstattung reicht nicht für individualisierte Lernarrangements aus. Aus Perspektive von Schulentwicklung wäre an diesem Punkt anzusetzen und es gälte Modelle für die Transformation der Ausstattung von Schulen mit Medien zu entwickeln. In diesem Zusammenhang wäre zunächst zu klären, welchen Anteil welches Fach bzw. welche Disziplin unter Beachtung ihrer spezifischen Perspektive zur Medienbildung beitragen kann. Aus Sicht der Unterrichtsqualität kann die Verknüpfung von Medieneinsatz und Kompetenzerwartungen noch als sehr vage bezeichnet werden. Es fehlen Untersuchungen, die Auskunft über konkrete Einsatzszenarien von Lehrkräften geben. Für konkrete Einsatzszenarien für Medien gilt es auch das Verhältnis von analogen und digitalen Medien neu zu bewerten. Ausgehend von der Frage „Was wirkt am besten?“ sollten fachdidaktisch und pädagogisch-psychologisch begründete Szenarien entwickelt und evaluiert werden, um außerdem zu prüfen, welche Schülergruppen von welchen Medien unter welchen Rahmenbedingungen am besten profitieren.

Dank

Mein Dank gilt an dieser Stelle dem Vorstand der GDCP, der mich eingeladen hat, die hier zusammengefassten Ergebnisse meiner Forschung im Rahmen eines Plenarvortrags auf der ersten virtuellen Jahrestagung der GDCP vorzustellen. Außerdem gilt mein Dank meinen Kolleginnen und Kollegen aus dem Projekt „Medieneinsatz im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht“, mit denen ich mehrere Jahre an diesem Forschungsgegenstand arbeiten durfte, sowie der Joachim Herz Stiftung, die die Durchführung des Projekts durch ihre finanzielle Förderung erst möglich gemacht hat.

Literatur

Ainsworth, S. (2006). DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning and Instruction, 16*(3), 183-198.

Drossel, K., Eickelmann, B., Schaumburg, H. & Labusch, A. (2019). Nutzung digitaler Medien und Prädiktoren aus der Perspektive der Lehrerinnen und Lehrer im internationalen Vergleich. In B. Eickelmann, W. Bos, J. Gerick, F. Goldhammer, H. Schaumburg, K. Schwippert, M. Senkbeil & J. Vahrenhold (Hrsg.), *ICILS 2018 #Deutschland* (S. 205–240). Münster: Waxmann.

Eickelmann, B., Gerick, J., Labusch, A. & Vennemann, M. (2019). Schulische Voraussetzungen als Lern- und Lehrbedingungen in den ICILS-2018-Teilnehmerländern. In B. Eickelmann, W. Bos, J. Gerick, F. Goldhammer, H. Schaumburg, K. Schwippert, M. Senkbeil & J. Vahrenhold (Hrsg.), *ICILS 2018 #Deutschland* (S. 137–171). Münster: Waxmann.

Eickelmann, B., Lorenz, R. & Endberg, M. (2017). Lernaktivitäten mit digitalen Medien im Fachunterricht der Sekundarstufe I im Bundesländervergleich mit besonderem Fokus auf MINT-Fächer. 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* (S. 231–260). Münster: Waxmann.

European Union (Hrsg.) (2017). *Digitale Kompetenz Lehrender*. Online unter: https://ec.europa.eu/jrc/en/digcompedu (Zugriff: 22.02.2021).

Girwidz, R. (2015). Medien im Physikunterricht. In E. Kircher, R. Girwidz & P. Häußler (Hrsg.), *Physikdidaktik* (S. 193-245). Berlin: Springer.

Härtig, H., Kampschulte, L., Lindmeier, A., Ostermann, A., Ropohl, M. & Schwanewedel, J. (2018). Wie lässt sich Medieneinsatz im Fachunterricht beschreiben? Entwicklung einer Heuristik für den Medieneinsatz. In: M. Ropohl, A. Lindmeier, H. Härtig, L. Kampschulte, A. Mühling & J. Schwanewedel (Hrsg.), *Medieneinsatz im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht. Fachübergreifende Perspektiven auf zentrale Fragestellungen* (S. 175-192). Hamburg: Joachim Herz Stiftung Verlag.

Härtig, H., Ostermann, A., Ropohl, M., Schwanewedel, J., Kampschulte, L. & Lindmeier, A. (eingereicht). Welche Medien nutzen Lehrkräfte für naturwissenschaftliche Fächer wie häufig und für welchen Zweck? – Ergebnisse einer Fragebogenerhebung.

Kerres, M. (2007). Zum Selbstverständnis der Mediendidaktik – eine Gestaltungsdisziplin innerhalb der Medienpädagogik? In W. Sesink, H. Moser & M. Kerres (Hrsg.), *Jahrbuch Medienpädagogik. Standortbestimmung einer erziehungswissenschaftlichen Disziplin* (S. 161-178). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

KMK (Hrsg.) (2004). *Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften*. Online unter: https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Standards-Lehrerbildung-Bildungswissenschaften.pdf (Zugriff: 22.02.2021)

KMK (Hrsg.) (2012). *Medienbildung in der Schule*. Online unter: https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2012/2012_03_08_Medienbildung.pdf (Zugriff: 22.02.2021)

KMK (2016). *Bildung in der digitalen Welt: Strategie der Kultusministerkonferenz.* Berlin.

Kramer, M., Förtsch, C., Aufleger, M., & Neuhaus, B. J. [Birgit J.] (2019). Der Einsatz digitaler Medien im gymnasialen Biologieunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 25*(1), 131–160.

Lorenz, R. & Endberg, M. (2017). IT-Ausstattung der Schulen 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* (S. 49-83). Münster & New York: Waxmann.

Mayer, R. (2002). Multimedia learning. *Psychology of Learning and Motivation, 41*, 85-139.

Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.) (2020). *Digitalpakt.* Online unter: https://www.schulministerium.nrw.de/themen/schulpolitik/digitalpakt (Zugriff: 22.02.2021)

Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.) (2019). *Kernlehrplan für die Sekundarstufe I Gymnasium in Nordrhein-Westfalen Chemie*. Online unter: https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/lehrplan/198/g9_ch_klp_%203415_2019_06_23.pdf (Zugriff: 22.02.2021)

Nerdel, C. (2017). *Grundlagen der Naturwissenschaftsdidaktik: Kompetenzorientiert und aufgabenbasiert für Schule und Hochschule.* Berlin, Heidelberg: Springer.

Ostermann, A., Härtig, H., Kampschulte, L., Lindmeier, A., Ropohl, M. & Schwanewedel, J. (2018). Welche Medien nutzen Lehrkräfte? Und wofür? Eine Befragung. In: C. Maurer (Hrsg.), *Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht – normative und empirische Dimensionen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Regensburg 2017* (S. 554-557). Regensburg: Universität Regensburg.

Reiners, C. (2017). *Chemie vermitteln: Fachdidaktische Grundlagen und Implikationen.* Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum.

Ropohl, M. (2021). Traut euch! Vom Mehrwert digitaler Technik und Mini-Fortbildungen. In M. Schratz, I. Michels & A. Wolters (Hrsg.), *Menschen machen Schule – mutig eigene Wege gehen* (S. 58-77). Hannover: Klett/Kallmeyer.

Ropohl, M., Härtig, H., Kampschulte, L., Lindmeier, A., Ostermann, A. & Schwanewedel, J. (2018). Planungsbereiche für Medieneinsatz im Fachunterricht. *MNU Journal, 71*(3), 148-155.

Voogt, J., Fisser, P., Tondeur, J. & van Braak, J. (2016). Using theoretical perspectives in developing an understanding of TPACK. In M. C. Herring, M. J. Koehler & P. Mishra (Hrsg.), *Handbook of technological pedagogical content knowledge (TPACK) for educators* (S. 33-51). New York: Routledge.

Markus Rehm PH Heidelberg

Laudatio zur Verleihung der GDCP-Ehrenmedaille an Prof. Dr. Peter Buck (Heidelberg)

Die GDCP Ehrenmedaille an Peter Buck. Ich freue mich! Diese Preisverleihung ist etwas ganz Besonderes. Die GDCP verleiht ihre Medaille für die langjährigen Leistungen zur Profilierung der Didaktik der Chemie und Physik und des Sachunterrichts. Peter Buck hat diesen Fachdidaktiken eine besondere Profillinie gegeben. Er hat eine phänomenologische Didaktik der Naturwissenschaften aufgebaut und in einer an der Pädagogik orientierten Richtung entscheidend geprägt. Diese Richtung stellt das lernende Subjekt ins Zentrum ihrer Aufmerksamkeit. Naturwissenschaftlicher Unterricht sollte für Peter Buck nicht am gelehrten Wissen, sondern immer am Verstehen derer, die Lernen, ausgerichtet sein. Hierzu kam es Peter Buck auf die Lehrkraft an! Dies war der Grund warum er, als promovierter Chemiker, 1968 am Deutschen Institut für Fernstudienforschung in Tübingen die Projektgruppe Lehrerfortbildung aufgebaut hatte.

Aber lassen Sie mich zurückkommen – zurück zum „lernenden Subjekt“, dem Zentrum der phänomenologischen Didaktik Peter Bucks. Wo es Lernende gibt, da gibt es üblicherweise auch Lehrende. Nicht so für Peter Buck: „Lehrende sind Lernende“. Sie werden sich nun fragen, was dann den Unterschied macht (?). Und ich höre es heute noch, als Peter Buck zu uns - ich war Student bei ihm – sagte: „Lehrende sind lediglich länger Lernende“. Und klar: Es kommt Peter Buck immer auf die Schülerinnen und Schüler an! Und gerade deswegen richtete er seinen Blick verstärkt auf die Lehrkräfte: Auf sie, die länger Lernenden kommt es am! Sie haben es in der Hand, Verstehen im naturwissenschaftlichen Unterricht zu ermöglichen. Heute würden wir mit Frank Lipowsky sagen: „Auf die Lehrkraft kommt es an!“ – das war das Credo von Peter Buck bereits in den 60er und frühen 70er Jahren. Zwei Bildungswissenschaftler, ein Empiriker (Lipowsky) und ein an der Phänomenologie ausgerichteter Fachdidaktiker (Buck) kommen zu ganz unterschiedlichen Zeitpunkten auf die gleiche Losung.
Und um dies kurz zu erwähnen, damals wie heute treffen sich zwei inhaltlich: Frank Lipowsky, Professor für Empirische Schul- und Unterrichtsforschung an der Universität Kassel, studierte und promovierte an der Pädagogischen Hochschule Heidelberg, an der Peter Buck zur gleichen Zeit und langjährig Professor war. Ich komme später darauf zurück.

Also Peter Bucks Credo vom Lehrer, der Lehrerin als die lediglich länger Lernende: Auf sie kommt es an!“ Es kommt darauf an, ob und wie Lehrkräfte das „Verstehen lehren“ können. Orientiert an dieser Idee Martin Wagenscheins, ging es Peter Buck schon sehr früh um die Wirksamkeit der Lehrkraft und wie es gelingt, Verstehen bei Schülerinnen und Schülern zu ermöglichen. Aus heutiger Sicht war das eine frühe Kompetenzorientierung für die Professionalisierung von Lehrkräften. Mit dieser Vision übernahm Peter Buck in den 70er-Jahren eine Professur für Chemie und ihre Didaktik an der PH Heidelberg.

Ende der 60er, Anfang der 70er Jahre war in Deutschland eine hoch politische Zeit. Die politischen Lager reichten hinein bis in die GDCP – Peter Buck war Gründungsmitglied. Der Vorstand war, wie heute paritätisch aus einem Vertreter/einer Vertreterin der Chemiedidaktik

und einem Vertreter/einer Vertreterin der Physikdidaktik besetzt. Aber damals musste auch darauf geachtet werden, dass die politischen Lager (rechts und links) ebenso paritätisch abgebildet waren. In dieser Zeit trafen Peter Buck und Gerda Freise (die damalige prominente Vertreterin und Kämpferin für einen politischen Unterricht von der Natur) zusammen. Es war die Idee eines integrierten naturwissenschaftlichen Unterrichtes, der demokratische und freiheitliche Werte hochhält und diese in Schule und Unterricht und vor allem in dem darin stattfindenden naturwissenschaftlichen Unterricht hineintrug. Peter Buck verteidigte damals gemeinsam mit Gerda Freise diese Idee gegen sehr massive Widerstände. Ein durch das konservative Lager eingeleitetes Amtsenthebungsverfahren gegen Gerda Freise konnte nicht zuletzt durch die Standhaftigkeit von Peter Buck, durch sein Engagement für einen integrierten naturwissenschaftlichen Unterricht und vor allem durch die Kollegialität von Peter Buck abgewendet werden. Durch sein Dazutun sind die Lager konservativ versus progressiv beziehungsweise disziplinär versus integriert (die mittlerweile übrigens quer zueinanderstehen) bis heute weitgehend versöhnt.

Wie kann es einem Fachdidaktiker Peter Buck, der viel mehr Pädagoge als Chemiker ist, gelingen, etwas zutiefst Gespaltenes zu einen? Denn wenn man einer lediglich fachlich andersdenkenden Kollegin Amtsenthebung androht, so kann man nur von einer tiefen Spaltung reden.

Dies gelingt Peter Buck, weil es ihm nicht nur um das ging, was heute angliziert der „Output of Learning“ genannt wird. Es ging ihm vor allem um den Prozess des Verstehens der fachlichen Inhalte durch die lernenden Subjekte. Anders ausgedrückt: Es ging Peter Buck immer um die Tiefenstrukturen des Lernens, um das deep-level processing, um es mit den Worten seiner schwedischen Kollegen Marton & Säljö zu sagen, also um das Erschließen von individuellen Sinnzusammenhängen. Das Verstehen war und ist das Lebensthema von Peter Buck. So scheute er keine Mühen, gemeinsam mit Lydia Murmann das Buch von Marton und Booth „Learning and Awareness“ ins Deutsche zu übersetzen.
Verstehen kann jeder nur für sich selbst. Diese pädagogische wie didaktische Wahrheit ist so einfach wie komplex. Und es ist die darin schlummernde Komplexität, auf die die von Peter Buck ins Leben gerufene erziehungswissenschaftlich fundierte phänomenologische Didaktik der Naturwissenschaften abhebt. Die theoretische Basis der phänomenologischen Didaktik der Naturwissenschaften klärt Fragen wie zum Beispiel: Was ist eigentlich ein Phänomen? Was bedeutet es, wenn man den Terminus phänomenologisch verwendet? Und was ist der Unterschied zwischen phänomenal und phänomenologisch? Ich muss das hier nicht erläutern, Peter Buck hat diese Antworten alle fein säuberlich in seinen mehr als 250 Publikationen notiert. Es lohnt sich vor allem für die Jüngeren von uns, diese heute zu lesen: https://www.ph-heidelberg.de/chemie/team/im-ruhestand/buck-peter-prof-dr.html

Peter Buck hat aber auch selbst Verstehen gelehrt. 1973 erhielt er einen Ruf an die Pädagogische Hochschule Heidelberg, wo er bis 2004 Professor für Chemie und ihre Didaktik war. Zwischenzeitlich (1987) lehnte er einen Ruf an die Universität Hamburg ab. Meine erste Begegnung mit ihm: Das chemische Grundpraktikum, in dem er mich hätte fast durchfallen lassen, weil ich zwar alle Aufgaben erledigt hatte und auch alles erklären konnte, aber offensichtlich nichts von dem, was ich lernen sollte, verstanden hatte. Aber woher wusste er, … . Es war mein Nachplappern von Lehrbuchinhalten, das Memorieren von Formeln und so weiter, ein Indikator nicht für das Nicht-Verstehen, sondern für das Nicht-Verstehen-können.

Und genau diese Fähigkeit war es, die Peter Buck als ständiges Ziel seines Lehrens und Forschens verfolgte. Wer selbst versteht – und dafür trug er immer Sorge – der bildet feste Wurzeln aus. Das war und ist das pädagogische Anliegen von Peter Buck! Um es mit einem Wort, das Martin Wagenschein nutzte und das von Simone Weil stammt, zu sagen – Enracinement – Einwurzelung. Es ging also gar nicht so sehr um die chemischen Inhalte meines Laborpraktikums, das wurde mir erst später bewusst, es ging um die Festigung der eigenen Persönlichkeit und im Übertrag auf die Lehrerbildung gedacht, um Professionalisierung. Wenn eine Lehrkraft selbst verstehen kann und in ihrem Studium gelernt hat selbst zu verstehen, dann ist dies eine Grundvoraussetzung dafür das Verstehen lehren zu können.
Verstehen im Unterricht kann mit Sicherheit nicht zu jedem Zeitpunkt und immer stattfinden. Auch das hat uns Peter Buck gezeigt: Seine Hochschullehre war für die Lernenden alles andere als ein gemütliches Unterfangen. Und ganz selbstverständlich haben wir als Studierende, als Doktorierte, … bei ihm auch zügig Inhalte vermittelt bekommen, aber immer wieder mussten wir auf die Ebene des deep-level processings. Und zwar unentwegt und so lange, bis uns deutlich wurde, was hinter dem Verstehensprozess – auch für die Schülerinnen und Schüler – steht: Ein krisenhafter Prozess, sich sozusagen immer wieder selbst am Schopf aus dem Sumpf des Nicht-Verstehens zu ziehen. Und es war die Mäeutik, die Hebammenkunst, also die sokratische Methode, die wir bei ihm nicht nur erlernten, sondern auch vor allem er-lebten:

Alle in einen Kreis setzen, eine Kerze in die Mitte, einen weißen Teller über die Flamme gehoben, wir sehen den Ruß auf der Tellerunterseite. Und der Gesprächsanlass ist da, unentwegt geht die Debatte hin und her, bis jede und jeder die Chemie der Kerze für sich auf der Reihe hat. Was war das für ein Professor für uns. Er schleppte uns in seine Holz-Hütte im Schwarzwald, hier fanden die Verstehensprozesse um die Kerze statt. Aber nicht nur wir Studierende saßen da am Tisch, auch unser Laborant Klaus Kunze, der heute hier im Publikum sitzt, saß mit am Tisch um diese Kerze und diskutierte mit uns mit. Das war es, was Peter Buck wichtig war und ist: Jeder kann nur für sich selbst verstehen und wenn auch jeder verstehen darf, nicht nur die, die studieren, sondern wirklich alle – Verstehen ist ein Menschenrecht. Und: Peter Buck war es wichtig, dass alle, die mit der Bildung von Lehrerinnen und Lehrern und quasi letztlich mit der Wirkung auf die Schülerinnen und Schüler verbunden sind, durch diese Verstehensprozesse hindurch gingen. Also auch unser Laborant, der uns dann im Labor immer wieder Verstehensanlässe zuteilwerden ließ.

Dieses Verstehen-Lehren trug Peter Buck hinein in die GDCP, er hielt Vorträge im Plenum der Hauptversammlung und in Symposien, initiierte Workshops. Und diese GDCP schätzte diese Thematik.

Aber Peter Buck ließ es nicht damit bewenden. Er wendete sich verstärkt auch dem Sachunterricht zu, denn es kommt vor allem auf die an, die den jungen Menschen, denen eben, die noch nicht so lange Lernen, das Verstehen ermöglichen, den Grundschullehrkräften für den Sachunterricht. Und so wirkte und arbeitete Peter Buck gemeinsam mit vielen anderen, vor allem mit Klaus Scheler, Friedrich Gervé und immer unterstützt durch Klaus Kunze. Alle drei haben keine Mühen gescheut, heute hier mit dabei zu sein. An euch alle drei einen ganz herzlichen Dank und auch einen ganz herzlichen Dank an Katrin Sommer und Stefan Rumann, dass ihr heute den Weg nach Heidelberg gefunden habt, um Peter Buck die Ehre der Medaille Teil werden zu lassen. Bedanken möchte ich mich auch und vor allem bei Dominik König für

die heutige technische Unterstützung und die professionelle Vorbereitung dieses Tages und auch bei Tim Billion-Kramer, ebenso für die Organisation und Koordination des heutigen Settings.

Und ganz herzlich bedanken wir uns vor allem bei DIR, Peter, für dein unentwegtes Wirken und Arbeiten im Sinne des Verstehens. Du bist vor allem auch der Frage nachgegangen, wie Menschen im und über den naturwissenschaftlichen Unterricht hinaus verstehen. So hast du selbstverständlich auch noch in sehr viel weiteren Themenfeldern gewirkt, die hier heute nicht alle erwähnt werden können. Es sind die Themen der Waldorfpädagogik, aber auch Veröffentlichungen in pädagogischen bis hin zu mathematik-didaktischen Journalen, dein Engagement für eine „Schule für alle". Vor allem aber, was nicht unerwähnt bleiben darf, die sogenannte „Andersweltlichkeit der Atome" - ein Themengebiet, das Dir, als einem an der Phänomenologie ausgerichteten Fachdidaktiker, so sehr am Herzen lag, gerade weil es in der „Welt der Atome" keine Phänomene gibt: Du hast das System-Komponentenschema entwickelt, das noch heute so vielen Schülerinnen und Schülern hilft die „Andersweltlichkeit der Atome" zu verstehen – eine andere Welt, in der es keine Bilder im Sinne von Picture, wohl aber im Sinne von Imagination gibt.

Lieber Peter, wir danken Dir von ganzem Herzen für dein Engagement in der Sache des Verstehens, der Didaktik des Sachunterrichts, der Chemie und der Physik.
Herzlichen Dank!

David Buschhüter[1]
Peter Wulff[1]

[1]Universität Potsdam

Pre-Conference Hackathon der GDCP Jahrestagung 2020

Seit einigen Monaten stehen Schule und Universität vor vielen neuen Herausforderungen im Zusammenhang mit der Digitalisierung, die mehr oder weniger gut bewältigt werden können. Es etablieren sich währenddessen aber zunehmend auch Chancen im Bereich der Digitalisierung und Kollaboration. Zur Forcierung digitaler Kollaborationsformate in der GDCP haben wir erstmalig einen Pre-Conference-Hackathon angeboten. Ursprünglich aus der Softwareentwicklung stammend, bieten Hackathons in Zeiten des digitalen Miteinanders Möglichkeiten, gemeinsam an Problemen, Fragestellungen oder Themen zu arbeiten.

Im Pre-Conference-Hackathon wollten wir Early-Career-Researchers der GDCP Möglichkeiten bieten, neue Lösungen und Konzepte zu entwickeln, die naturwissenschaftliches Lernen und naturwissenschaftsdidaktische Forschung vor dem Hintergrund der aktuellen Situation an Schulen und Hochschulen unterstützen und voranbringen. Das Motto dieses Hackathons lautete „Neue Chancen von Kollaboration und Digitalisierung für die Naturwissenschaftsdidaktik".

Für den Hackathon fanden sich insgesamt vier Projekte, die an 1,5 Tagen im Vorfeld der GDCP Jahrestagung 2020 fokussiert und produktiv bearbeitet wurden. Folgende Projekte wurden im Rahmen des Pre-Conference Hackathons umgesetzt: (1) Vielfältigkeitsdimensionen in der Fachdidaktik Chemie und Physik, geleitet von Tanja Mutschler; (2) Lehrkräftebildung neu gedacht, geleitet von Marcus Kubsch und Stefan Sorge; (3) Flexible Gestaltung von Datenerhebungen in Schulen und Universitäten und deren Vergleichbarkeit, geleitet von Alina Behrendt; sowie (4) Entwicklung eines Workflows für quantitative Datenauswertungen (in R), geleitet von Marvin Rost. Insgesamt waren 19 Early-Career-Researchers an den Tagen aktiv an der Bearbeitung der Projekte beteiligt. Diese kamen aus Standorten verteilt über das gesamte Bundesgebiet. Das allgemeine Feedback der Teilnehmenden hinsichtlich des Formats war durchweg positiv. Ebenso wurden Verbesserungsmöglichkeiten vorgeschlagen. Eine frühere Anmeldung zu Projekten könnte beispielsweise mehr Verbindlichkeit erzeugen. Des Weiteren wurde die Sichtbarkeit der Projektergebnisse als wichtige Stellschraube zur Erhöhung der Teilnahmemotivation identifiziert. In Kooperation mit dem GDCP-Vorstand konnten wir eine Möglichkeit erarbeiten, die Ergebnisse auf der GDCP-Webseite präsent zu machen (https://gdcp-ev.de/?p=4684, Stand: 29.10.2020). Die Ergebnisse finden sich zusammengefasst auf den folgenden Seiten des Tagungsbands.

Abschließend möchten wir uns ganz herzlich bei den Projektleitenden bedanken. Diese haben sich bereiterklärt in einer unbekannten Umgebung Initiative zu ergreifen und informative sowie anknüpfungsfähige Projekte zu kreieren. Die Umsetzung wäre aber ohne die Teilnehmenden nicht möglich gewesen. Auch den Teilnehmenden gilt deshalb unser ganz besonderer Dank. Schließlich möchten wir uns für das Vertrauen des Vorstandes der GDCP bedanken, insbesondere bei Sebastian Habig (Geschäftsführer) und Christoph Vogelsang (Nachwuchsvertreter), die dieses neue Format von Beginn an unterstützt haben. Wir sind gespannt, inwieweit sich ein solches Format im Kontext der GDCP etablieren kann und auf Resonanz stößt.

Tanja Mutschler[1]
Katja Plicht[2]
Peter Wulff[1]

[1]Universität Potsdam
[2]Hochschule Ruhr West

Die Vielfältigkeitsdimension Geschlecht in fachdidaktischen DFG-Anträgen

Motivation

Im Frühjahr 2020 ergänzte die DFG ihren Antragsleitfaden um den Aspekt der Berücksichtigung von Vielfältigkeitsdimensionen (DFG, 2020a). Forschende sind nun aufgefordert, bei Antragseinreichung darzulegen, inwieweit das Geschlecht und andere Vielfältigkeitsdimensionen (wie z.B. Gesundheitszustand, Herkunft) a) der forschenden Personen, b) der zu untersuchenden Personen, c) der von einer Umsetzung der Forschungsergebnisse betroffenen Personen sowie in weiterer Hinsicht auch anderer Betroffener (z.B. Tiere) relevant für das Forschungsvorhaben sind (DFG, 2020b). Die Reflektion der Bedeutung von Geschlecht und Vielfältigkeit durch die Forschenden war zwar bereits Teil der „Leitlinien zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis“ (DFG, 2019), soll laut Stellungnahme der DFG (2020a) durch die Aufnahme in den Antragsleitfaden aber noch einmal unterstrichen werden.
Diese Neuerung stellt die Forschenden vor eine weitere Herausforderung bei einer möglichen Antragseinreichung. Dadurch, dass Studien in der Fachdidaktik nahezu ausschließlich mit menschlichen Probandinnen und Probanden arbeiten, sind Antragsstellende besonders aufgefordert, diese Dimension zu berücksichtigen (vgl. Abb. 1). Um Antragsstellenden im Bereich der Naturwissenschaftsdidaktik einen ersten Eindruck zu vermitteln wie die Vielfältigkeitsdimension des Geschlechts im DFG-Antrag berücksichtigt werden kann, wurden im vorliegenden Projekt exemplarisch Studien gesichtet, die diese Dimension bereits erfolgreich einbeziehen. Dabei wird versucht, die unterschiedlichen geschlechtsrelevanten Aspekte dieser Studien im Kontext der DFG-Vorgaben zu verorten. Damit geben die dargestellten Inhalte erste Impulse für die Auseinandersetzung mit dieser Thematik in der Naturwissenschaftsdidaktik. Allerdings sind die Ausführungen nicht als systematische Analyse des Problems konzipiert, sondern lediglich als Rezeption ausgewählter Good-Practice-Beispiele.

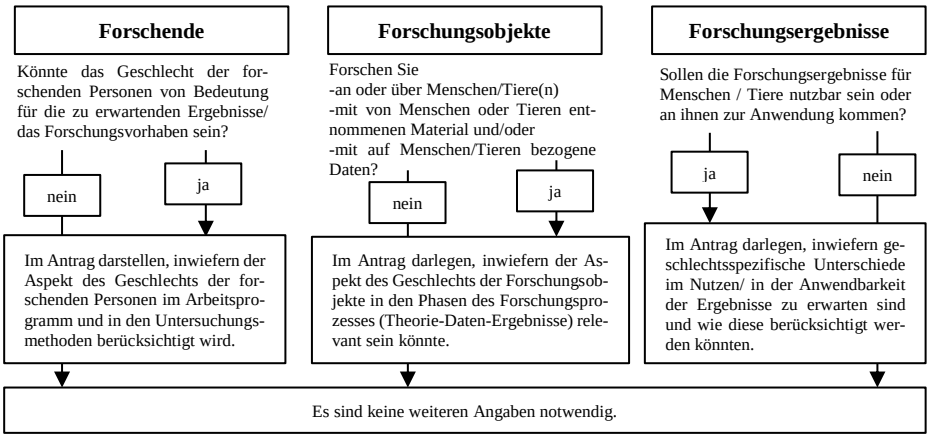


Abbildung 1 - Entscheidungsdiagramm entsprechend der Checkliste (DFG, 2020c)

Formale Vorgaben

In ihrem Antragsleitfaden bittet die DFG (2020b) die Forschenden darzulegen, inwieweit Geschlechtsaspekte der *Forschenden*, der *Forschungsobjekte* und der *Forschungsergebnisse* re-

levant für das Projekt sind. Um es den Antragseinreichenden zu erleichtern, wird eine Checkliste zur Verfügung gestellt (DFG, 2020c). Diese ist in Abb. 1 als Entscheidungsdiagramm dargestellt. An dieser Stelle ist hervorzuheben, dass die unter Punkt 4 im Antragsleitfaden erbetene Darstellung der Geschlechtsaspekte „kompakt, aber hinreichend" (DFG, 2020b) gehalten werden soll. Sollten geschlechtsspezifische Aspekte von „zentraler Bedeutung" (DFG, 2020b) sein, sind sie bereits unter den Punkten 1 und 2 (Forschungsstand und Projektvorhaben) zu diskutieren.
Die DFG gibt in diesem Zusammenhang zwar nicht an, wie diese Umsetzung konkret gestaltet werden soll, stellt auf ihrer Homepage aber verschiedene Studien und Projekte vor, die in ihrem Forschungsdesign den Geschlechtsaspekt auf unterschiedliche Weise berücksichtigt haben. Im Folgenden werden diese Studien kurz umrissen und ihre Ansätze herausgearbeitet, um im Weiteren einen Transfer für die Naturwissenschaftsdidaktik anzustreben.

Geschlechtsaspekte in unterschiedlichen Disziplinen
Der wohl häufigste Fall zur Berücksichtigung des Geschlechtsaspekts findet sich dabei in der Wahl der *Forschungsobjekte* wieder. Wird bereits eine notwendige Unterscheidung zwischen den Geschlechtern theoretisch antizipiert, ergibt sich daher oft eine geschlechtssensible Methodik und Auswertung, die in der Regel durch eine entsprechende Gruppenunterscheidung realisiert wird. Beispielsweise werden im Bereich der Lebenswissenschaften nach Geschlecht getrennte Datenerhebungen und -analysen angewendet (Hinney et al., 2017). Je nach Forschungsfrage lässt sich ebenfalls eine separate Intervention für die jeweiligen Geschlechter denken. So legt beispielsweise das verstärkte Aufkommen trainingsinduzierter Myokardialer Hypertrophy (Herzmuskelverdickung) bei weiblichen Mäusen eine Untersuchung der Rolle von Östrogenrezeptoren in diesem Zusammenhang nahe (Dworatzek et al., 2014).
Auch in den Ingenieurwissenschaften ergeben sich Teilgebiete, die eine direkte Interaktion mit Menschen voraussetzen und die Relevanz geschlechtsspezifischer Unterschiede, die bei der Darlegung eines Forschungsantrags berücksichtigt werden sollten, verlangen. Exemplarisch können hier Untersuchungen zur Schwingungsakustik betrachtet werden, die auf eine nach Geschlechtern getrennte Datenanalyse zurückgreifen. An dieser Stelle sind auch geschlechterrelevante Konsequenzen aus den *Forschungsergebnissen* denkbar, da zwar die Entwicklung einer altersbedingten Schwerhörigkeit bei Frauen später einsetzt, aber schneller verläuft (Merchel & Altinsoy, 2020). Eine geschlechtsspezifische Sensibilität bezüglich verschiedener Frequenzbereiche konnte im vorliegenden Beispiel jedoch nicht bestätigt werden.
Neben geschlechtsspezifischen Unterscheidungen im theoretischen Rahmen und den Forschungsfragen ist auch der Einfluss des Geschlechts der *Forschenden* relevant. Im Bereich der Sozial- und Geisteswissenschaften wird daher unter anderem auf qualitative Methoden wie Expertinnen-Interviews, gruppenbasiertes Story-Telling und Zeitzeugenbefragungen zurückgegriffen, die einen explorativen Charakter aufweisen (Schulz, 2019). Vorteil solcher Methoden ist häufig, dass die Teilnehmenden mehr Raum dafür haben, ihre Sichtweisen und Erfahrungen zu erläutern und diese dadurch ein größeres Gewicht bekommen. An dieser Stelle zeichnet sich durch die Betrachtung des Konstrukts der Agency ein differenzierteres Bild ab. Agency (deutsch etwa: Handlungsfähigkeit) berücksichtigt explizit die Interaktion von Person und Umgebung, sodass ein stärkerer Fokus in der Forschung auf Benachteiligungsprozesse gelegt wird, die häufig in der Auseinandersetzung von Person und Umgebung entstehen.

Die Vielfältigkeitsdimension Geschlecht in den Fachdidaktiken
In der Naturwissenschaftsdidaktik ergeben sich zahlreiche Anknüpfungspunkte, um Bedürfnisse der Geschlechter im Forschungsprozess zu berücksichtigen. Hierbei ist es zielführend, alle Phasen des Forschungsprozesses einer kritischen Überprüfung zu unterziehen (vgl. Tannenbaum et al. 2019). Speziell für die Naturwissenschaftsdidaktik wurde darauf hingewiesen,

dass zu untersuchende Konstrukte adäquat die Wechselbeziehung von Person und Lernumgebung berücksichtigen sollten (Varelas et al., 2015). In der Naturwissenschaftsdidaktik haben Varelas et al. (2015) auf die Potentiale des Konstruktes Agency im Kontext der Debatte um eine bessere Berücksichtigung der Barrieren für unterrepräsentierte Gruppen hingewiesen. Hier könnte in Forschungsvorhaben stets gefragt werden, inwieweit die untersuchten Konstrukte auch die Person-Umgebungs-Wechselbeziehung miteinbeziehen oder an welcher Stelle diese Wechselbeziehung besser berücksichtigt werden kann.
In Bezug auf Forschungsmethoden wurden in der Naturwissenschaftsdidaktik darauf hingewiesen, dass insbesondere Methoden, die auf die Erfahrung von Schülerinnen oder Studentinnen in naturwissenschaftlichen Lernumgebungen rekurrieren, Potentiale haben, um spezifische Herausforderungen und Bedürfnisse besser zu verstehen und zu berücksichtigen. Brickhouse et al. (2000) haben beispielsweise erfahrungsbasierte Journale eingesetzt, sodass die Erfahrungen der teilnehmenden Mädchen adäquat berücksichtigt werden konnten und sie eine Stimme im Forschungsprozess bekamen.

Fazit

Für die seitens der DFG geforderte Reflexion des Geschlechts als Vielfältigkeitsdimension können für die Chemie- und Physikdidaktik somit bereits verschiedene Begründungszusammenhänge aus anderen Disziplinen entnommen werden, um eine antragsgerechte Darstellung bzgl. der Forschenden, des Forschungsobjektes oder auch der Nutzung der Forschungsergebnisse zu ermöglichen.
Um das Geschlecht in naturwissenschaftsdidaktischen DFG-Anträgen besser zu berücksichtigen empfehlen wir, entsprechend des in Abb. 1 dargestellten Entscheidungsdiagramms die Anlage der eigenen Studie zu überprüfen. Wichtige Impulse in Bezug auf theoretische Rahmung sowie methodische Umsetzung konnten in einigen naturwissenschaftsdidaktischen Arbeiten aufgezeigt werden. Insbesondere die umfangreiche Literatur der (Sozial-)Psychologie konnte in der Kürze nicht miteinbezogen werden, liefert aber weitere erfolgversprechende Ansätze, um das Geschlecht im Forschungsprozess angemessen zu berücksichtigen.

Literatur

Brickhouse, N. W., Lowery, P., & Schultz, K. (2000). What kind of a girl does science?: The construction of school science identities. Journal of Research in Science Teaching, 37(5), 441–458.

DFG. 2019. Leitlinien zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis. Zugriff unter: https://www.dfg.de/download/pdf/foerderung/rechtliche_rahmenbedingungen/gute_wissenschaftliche_praxis/kodex_gwp.pdf

DFG. (2020a). Stellungnahme des Senats der DFG: Geschlecht und Vielfältigkeit – Bedeutung für Forschungsvorhaben. Zugriff unter: https://www.dfg.de/download/pdf/foerderung/grundlagen_dfg_foerderung/vielfaeltigkeitsdimensionen/stellungnahme.pdf

DFG. (2020b). Leitfaden für die Antragstellung: Projektanträge. Zugriff unter: https://www.dfg.de/formulare/54_01/54_01_de.pdf

DFG. (2020c). Checkliste für Antragstellende zur Planung von Forschungsvorhaben. Zugriff unter: https://www.dfg.de/download/pdf/foerderung/grundlagen_dfg_foerderung/vielfaeltigkeitsdimensionen/checkliste.pdf

Dworatzek, E., Mahmoodzadeh, S., Schubert, C., et al. (2014). Sex differences in exercise-induced physiological myocardial hypertrophy are modulated by oestrogen receptor beta. Cardiovascular research, 102(3), 418-428.

Hinney, A., Kesselmeier, M., Jall, S., et al. (2017). Evidence for three genetic loci involved in both anorexia nervosa risk and variation of body mass index. Molecular psychiatry, 22(2), 192-201.

Merchel, S., & Altinsoy, M. E. (2020). Psychophysical comparison of the auditory and tactile perception: a survey. Journal on Multimodal User Interfaces, 1-13.

Tannenbaum, C., Ellis, R.P., Eyssel, F. et al. (2019). Sex and gender analysis improves science and engineering. Nature 575**,** 137–146. https://doi.org/10.1038/s41586-019-1657-6

Schulz, P. (2019). Beyond Vulnerability: Eine Exploration der Politischen Agency männlicher Überlebender kriegsbedingter sexueller Gewalt, Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - Projektnummer 426849903.

Varelas, M., Settlage, J., & Mensah, F. M. (2015). Explorations of the Structure-Agency Dialectic as a Tool for Framing Equity in Science Education. Journal of Research in Science Teaching, 52(4), 439–447.

Stefan Sorge[1]
Marcus Kubsch[1]
Judith Breuer[2]
Sabrina Syskowski[3]
Carina Wöhlke[4]

[1]IPN Kiel
[2]Universität Paderborn
[3]Pädagogische Hochschule Karlsruhe
[4]Ruhr-Universität Bochum

Lehrkräftebildung neu gedacht
Ergebnisse des GDCP Hackathon 2020

Lehrkräftebildung aktuell

Die Lehrkräftebildung nimmt eine zentrale Rolle in der Vorbereitung zukünftiger Lehrkräfte auf ihre berufliche Tätigkeit ein (z.B. Terhart, 2002). So werden im Rahmen der universitären Lehrkräftebildung die notwendigen fachwissenschaftlichen, fachdidaktischen und pädagogischen Grundlagen vermittelt, die für die spätere unterrichtliche Tätigkeit entscheidend sind (z.B. Sorge et al., 2019). Eine zentrale Aufgabe fachdidaktischer Forschung stellt die Verbesserung von Lehr-Lern-Prozessen in der universitären Lehramtsausbildung dar (vgl. BMBF, 2019). In Folge werden für fachdidaktische Lehrveranstaltungen innovative, praxisnahe Lehrkonzeptionen theoriegeleitet entwickelt und überarbeitet. Damit diese innovative Lehrkonzeptionen Eingang in die Hochschule finden, benötigen Hochschulen neben finanziellen und personellen Mitteln insbesondere jedoch Zugang zu solchen Materialien und Ressourcen (Küpper, 2009). Allerdings fehlt es an einer Möglichkeit, die dabei entstehenden Materialien oder Konzepte Kolleginnen und Kollegen unterschiedlicher Hochschulen zur Verfügung zu stellen. Ein solcher Austausch von innovativen Lehrmaterialen würde es jedoch erlauben, sowohl Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftlern, die sich neu in der Hochschullehre bewegen, als auch erfahrenen Dozierenden Impulse zur Ausgestaltung von Vorlesungen, Seminaren, Übungen, und Praktika zu geben und damit die universitäre Lehrpraxis sukzessive und standortübergreifend weiterzuentwickeln. Basierend auf dieser Bestandsaufnahme war es das Ziel unserer Hackathon Gruppe herauszuarbeiten, i) wie sich Innovationen charakterisieren lassen, ii) welche Faktoren einen Transfer von Innovationen begünstigen, und iii) wie ein solcher Transfer von Innovationen in der Hochschullehre beispielhaft dargestellt werden kann.

Innovationen in der Lehrkräftebildung

Der Begriff der Innovation stellt im Bildungsbereich kein fest definiertes Konstrukt dar und wird eher durch die Zieldimension der Verbesserung von Bildungsergebnissen charakterisiert. Abgrenzend vom Innovationsbegriff umfassen Bildungsreformen eher politisch bzw. normativ gesetzte Initiativen (Kolleck et al., 2015). Darüber hinaus lassen sich folgende Dimensionen von Innovationen spezifischer charakterisieren: inhaltliche, normative, subjektive, und prozessuale Dimensionen (Seufert, 2014). So muss zunächst geklärt werden, welche Maßnahmen (inhaltlich) als Bereicherung (normativ) von welchen Lehrenden (subjektiv) zu welchem Zeitpunkt ihrer Einführung (prozessual) als Innovation wahrgenommen werden.

Schon in der ersten Gesprächsrunde zu Beginn des Hackathons zeigte sich, dass vor dem Hintergrund der Corona-Pandemie und der auch im Allgemeinen zunehmenden Verbreitung digitaler Lehr-Lern Umgebungen technologische Innovationen als ein zentraler Inhaltsbereich identifiziert werde konnte, der sich aktuell im Prozess der Implementation an den Hochschulen befindet (siehe dazu auch Becker et al., 2020). Hier geht es vor allem darum, einzelne Tools und Medien wie z.B. digitale Experimente oder den Einsatz von Augmented Reality in die

Hochschule produktiv zu integrieren. Als zweite, zur Ebene der Technologie orthogonal liegend, haben wir weitere inhaltliche und methodische Innovationen identifiziert. Hierunter fallen zum Beispiel eine Schwerpunktlegung auf die Reflexionsfähigkeit als zentrale Fähigkeit für die weitere Entwicklung der angehenden Lehrkräfte (z. B. von Aufschnaiter et al., 2019) oder die Einführung von Lehr-Lern-Laboren als zusätzliches Angebot zur Theorie-Praxis-Verzahnung im Laufe der universitären Phase der Lehrkräftebildung (Rehfeldt et al., 2018).

Transfer von Innovationen

Für den Transfer innovativer Lehrkonzepte für die Lehramtsausbildung kann der Transfer wissenschaftlicher Erkenntnisse in die Schulpraxis als Vorbild genommen werden. Die Bereitstellung von Lehrkonzeptionen, z.B. in Zeitschriften wie dem MNU Journal, ist für den schulischen Unterricht bereits fest verankert und birgt empirisch nachgewiesen das Potential zur Erhöhung der Unterrichtsqualität (Breuer et al., 2020). Für die Schulpraxis haben sich zudem Faktoren wie (1) die Verfügbarkeit (Neumann, 2015), (2) die Aufbereitung konkreter und praxisnaher Maßnahmen (Härtig et al., 2012), (3) die Transparenz von Lernzielen und Design-Entscheidungen (Beyer et al., 2009; Reinke et al., 2020) sowie (4) eine flexible Handhabung bzw. die Adaptierbarkeit auf den jeweiligen Kontext (Brown, 2012) als implementationsförderlich erwiesen.

Lehr-Lern-Labore im Fokus

Lehr-Lern-Labore wurden in den letzten Jahren verstärkt als Innovation in den Hochschulen etabliert. Durch zusätzliche Praxiserfahrungen in komplexitätsreduzierten Lehr-Lern-Settings ermöglichen sie eine explizite Verknüpfung dieser Erfahrung mit fachdidaktischen Inhalten (z.B. Sorge et al., 2020). Dennoch variiert die konkrete Ausgestaltung der Lehr-Lern-Settings über verschiedene Standorte: während an manchen Standorten die Planung bereits im Bachelorstudium fokussiert wird, rückt an anderen Standorten die Reflexion des bisher Erlernten im Masterstudium ins Zentrum (für einen Überblick siehe Weusmann et al., 2020). Ein Austausch über Stärken und Schwächen der jeweiligen Zugänge könnte einen Transfer an andere Standorte begünstigen. Erste Schritte für einen Transfer können daher Veröffentlichungen der Lehrkonzeptionen bilden (1). Eine Plattform bietet beispielsweise das nach dem Hackathon initiierte Buchprojekt oder die OER-Materialsammlung von Konzeptionen auf der Homepage des Lernort Labor Verbands. Diese Bereitstellung sollte konkrete Maßnahmen und praxisnahe Elemente beinhalten, welche beispielsweise die Beschreibung der nötigen Raumgegebenheiten und empfehlenswerten Studierendenzahlen bieten (2). Dabei sollte der Blick auf die Lernziele wie der Förderung der Reflexionskompetenz und deren Transparenz sowie entsprechende Design-Entscheidungen gelenkt werden (3). So könnte die Wahl eines Reflexionstagebuchs mit dem Ziel der Auseinandersetzung des Erlebten begründet werden. Ebenso könnten Gruppenreflexionen die eigenen Überlegungen zum Erlebten stützen und zudem eine Theorie-Praxis-Verknüpfung erweitern. Ist eine Reflexion bezüglich der Entwicklung von Lern-Settings geplant, wäre eine Supervision der Planung eine mögliche zielführende Umsetzung. Durch die Transparenz der Entscheidungen und daraus folgenden Umsetzungen basierend auf den jeweiligen Lernzielen sowie Beschreibungen von Alternativen könnte die Adaptierbarkeit auf den jeweiligen Kontext möglich werden (4). So bot bereits der Austausch über die Ausgestaltung von Lehr-Lern-Labor-Angeboten den Teilnehmenden des Hackathons Möglichkeiten die eigene Arbeit zu reflektieren und weiterzuentwickeln. Ein Austausch über Innovationen in der Hochschullehre über verschiedene Standorte hinweg, kann somit produktiv dazu beitragen, möglichst optimale Bildungsergebnisse bei den angehenden Lehrkräften zu erzielen.

Literatur

Aufschnaiter v., C., Fraij, A., & Kost, D. (2019). Reflexion und Reflexivität in der Lehrerbildung. Herausforderung Lehrerinnenbildung, 2(1), 145-159.

Becker, S., Meßinger-Koppelt, J., Thyssen, C. (2020). Digitale Basiskompetenzen Orientierungshilfe und Praxisbeispiele für die universitäre Lehramtsausbildung in den Naturwissenschaften. Joachim Herz Stiftung.

Beyer, C., Delgado, C., Davis, E. & Krajcik, J. (2009). Investigating Teacher Learning Supports in High School Biology Curricular Programs to Inform the Design of Educative Curriculum Materials. Journal of Research in Science Teaching, 46(9), 977-998.

Breuer, J., Vogelsang, C. & Reinhold, P. (2020). Implementation und Nutzung von Unterrichtsmaterialien im schulischen Unterricht. PhyDid A, 19(1), 12-22.

Brown, M. (2012). The Teacher-tool Relationship: Theorizing the Design and Use of Curriculum Materials. In J. Remillard, B. Herbel-Eisenmann & G. Lloyd (Hrsg.), Mathematics Teachers at Work (S. 17_-6). New York, London: Routledge.

BMBF (2019). Innovation in der Hochschullehre. Online verfügbar unter https://www.bmbf.de/de/innovation-in-der-hochschullehre-9166.html [23.10.2020]

Härtig, H., Kauertz, A. & Fischer, H. (2012). Das Schulbuch im Physikunterricht: Nutzung von Schulbüchern zur Unterrichtsvorbereitung in Physik. Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht , 65(4), 197-200.

Kolleck, N., Bormann, I., & Hurrelmann, K. (2015). Bildungsreformen: Fortschritt oder Innovation? Einführung in den Thementeil. Zeitschrift für Pädagogik, 61(6), 773-777.

Küpper, H.-U. (2009). Effizienzreformen der deutschen Hochschulen nach 1990 – Hintergründe, Ziele, Komponenten. *Beiträge zur Hochschulforschung*, *31*(4), 50-75.

Neumann, D. (2015). Bildungsmedien Online: Kostenloses Lehrmaterial aus dem Internet: Marktsichtung und empirische Nutzungsanalyse: Dissertation. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

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.

Reinke, L., Remillard, J. & Kim, O.-K. (2020). Examining Design Transparency in Elementary Mathematics Curriculum Materials. In J. Remillard & O.-K. Kim (Hrsg.), Elementary Mathematics Curriculum Materials (S. 227-256). Cham: Springer.

Seufert, S. (2014). Potenziale von Design Research aus der Perspektive der Innovationsforschung. Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik - Beihefte, (27). 79-96.

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. DOI: 10.1080/09500693.2017.1346326.

Sorge, S., Neumann, I., Neumann, K., Parchmann, I., & Schwanewedel, K. (2020). Lehr-Lern-Labore als Vorbereitung auf den Lehrberuf – Die Perspektive der Studierenden. In: B. Priemer & J. Roth (Hrsg.), Lehr-Lern-Labore. Konzepte und deren Wirksamkeit in der MINT-Lehrpersonenbildung (S. 285-297). Springer Spektrum.

Terhart, E. (2002). Standards für die Lehrerbildung. Eine Expertise für die Kultusministerkonferenz. Westfälische Wilhelms-Universität Münster.

Weusmann, B., Käpnick, F., & Brüning, A.-K. (2020). Lehr-Lern-Labore in der Praxis: Die Vielfalt realisierter Konzeptionen und ihre Chancen für die Lehramtsausbildung. In: B. Priemer & J. Roth (Hrsg.), Lehr-Lern-Labore. Konzepte und deren Wirksamkeit in der MINT-Lehrpersonenbildung (S. 27-45). Springer Spektrum.

Alina Behrendt[1]
Fabien Güth[1]
Simon Kaulhausen[1]
Martin Steinbach[1]
Fabian Sterzing[2]
Christoph Vogelsang[2]
David Christoph Weiler[3]

[1]Universität Duisburg-Essen
[2]Universität Paderborn
[3]Universität Tübingen

Flexible Gestaltung von Datenerhebungen in Schulen und Universitäten

Einleitung

Datenerhebungen in Schulen und Universitäten sind ein wichtiger Bestandteil der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung. Abhängig vom Studiendesign sind diese häufig an bestimmte Zeiträume innerhalb des Projektes gebunden und können im Falle von Schließungen der Schulen oder Universitäten nicht ohne Weiteres verschoben werden. Seit dem Frühjahr 2020 waren aufgrund der Corona-Pandemie deshalb kreative Lösungen für alternative Formate der Datenerhebung erforderlich. Es ist auch weiterhin damit zu rechnen, dass die Situation sich spontan ändert, sodass Datenerhebungen nicht wie geplant im Präsenzunterricht stattfinden können und kurzfristig Alternativen gefunden werden müssen.
Um dieser Herausforderung in Zukunft besser begegnen zu können, ist es das Ziel des Projekts, die durch die veränderten Rahmenbedingungen entstehenden Probleme explizit zu machen und erste Ansätze zur Lösung zu entwickeln. Dabei werden in erster Linie schriftliche Leistungstests beziehungsweise Fragebögen fokussiert.

Auswahl eines geeigneten Verfahrens

Um ein geeignetes Verfahren für die Durchführung einer schriftlich angelegten Datenerhebung zu finden, müssen im Wesentlichen zwei Entscheidungen getroffen werden: Die Entscheidung für das Format des Testinstruments und die Entscheidung für die Art der Testinstruktion während der Datenerhebung. Beide sind abhängig von verschiedenen Kriterien, welche individuell für die eigene Testung beurteilt werden müssen.
Um Entscheidungen für zukünftig geplante Datenerhebungen zu erleichtern, wurden im Rahmen des Projekts zwei Entscheidungsbäume erstellt, die geleitet durch verschiedene Kriterien ein Format des Testinstruments beziehungsweise eine Instruktionsart vorschlagen. Diese Entscheidungsbäume sind explizit nicht als Weg zum Finden der eindeutig besten Lösung für die eigene Datenerhebung zu verstehen. Vielmehr sollen sie dabei unterstützen, bewusste und systematische Entscheidungen für oder gegen einzelne Verfahren zu treffen und dabei alle wesentlichen Entscheidungskriterien zu berücksichtigen.
Der erste der beiden Entscheidungsbäume soll bei der Entscheidung für ein geeignetes Format des Testinstruments helfen. Unterschieden werden dabei Paper-Pencil-Tests und digital konzipierte Tests. Letztere haben in den letzten Jahren immer mehr an Bedeutung gewonnen (Jonkisz & Moosbrugger, 2012). Angesichts der eventuell nicht immer gegebenen Möglichkeit, geplante Datenerhebungen im Rahmen einer Präsenzveranstaltung durchzuführen, wird die Attraktivität digitaler Testformate vermutlich weiter steigen. Aus diesem Grund empfiehlt der entwickelte Entscheidungsbaum – wenn möglich – eher die digitale Konzeption der eigenen Testinstrumente. Dennoch können einzelne Kriterien auch zu einer bewussten Entscheidung für einen Paper-Pencil-Test führen.

Der zweite Entscheidungsbaum soll zu einer Entscheidung für eine geeignete Art der Testinstruktion beitragen. Die Relevanz dieser Entscheidungsfindung ergibt sich vor allem aus der Forderung nach Sicherstellung der Durchführungsobjektivität. Die Durchführungsobjektivität wird größer, wenn die Durchführungsbedingungen verschiedener Untersuchungen nicht variieren (Moosbrugger & Kelava, 2012). Dazu muss bei der Durchführung des Tests unter anderem darauf geachtet werden, dass die dem Test zugrundeliegenden Instruktionen genau befolgt werden (Höfling & Moosbrugger, 2012) und dass die Vorgehensweise sich diesbezüglich bei mehreren Messzeitpunkten nicht grundlegend unterscheidet. Abhängig von verschiedenen Entscheidungskriterien wie zum Beispiel den Voraussetzungen der Zielgruppe oder den technischen Möglichkeiten zur Durchsetzung verschiedener relevanter Testvorgaben führt der entwickelte Entscheidungsbaum zu drei verschiedenen Arten der Instruktion. Die erste Möglichkeit ist die ausschließlich asynchrone schriftliche Darbietung der Instruktion wie häufig in Online-Fragebögen zu sehen. Die zweite Möglichkeit besteht darin, den Teilnehmenden asynchron ein Video zur Verfügung zu stellen, in welchem sie Schritt für Schritt durch den Test geleitet werden und diesen parallel zum Abspielen des Videos durchführen. Als dritte Möglichkeit wird die synchrone Instruktion aufgeführt, in welcher die Probandinnen und Probanden die Instruktionen zu einem festgelegten Zeitpunkt durch eine geschulte Testleiterin oder einen geschulten Testleiter erhalten. Diese Möglichkeit impliziert zusätzlich die Entscheidung, ob die Instruktion virtuell in Form einer Videokonferenz durchgeführt werden kann oder ob sie im Rahmen einer Präsenzveranstaltung durchgeführt werden muss. Letzteres würde im Falle einer Schließung der Schule oder Universität zur Verschiebung des geplanten Erhebungstermins führen.
Das Durchlaufen beider beschriebener Entscheidungsbäume führt zu einem Vorschlag, in welchem Format und mithilfe welcher Instruktionsart die eigene Testung durchgeführt werden kann. Dieser muss dann kritisch auf die Erreichbarkeit der Ziele der eigenen Datenerhebung hin überprüft und gegebenenfalls angepasst werden. Die Entscheidungsbäume sind zur Ansicht verfügbar unter https://dbuschhue.github.io/project_p3_site/.

Berücksichtigung von und Umgang mit besonderen Herausforderungen
Trotz aller Bemühungen, eine optimale Möglichkeit für die eigene Datenerhebung zu finden, sind Alternativen zu einer ursprünglich geplanten Testung immer Kompromisse, die mit spezifischen Herausforderungen einhergehen. So sind beispielsweise die Probandinnen und Probanden außerhalb der Schule oder Universität weniger gut zu erreichen und zur Teilnahme zu motivieren. Zudem werden einige Schülerinnen und Schüler unter Umständen durch eine mangelnde technische Ausstattung oder mangelnde Fähigkeiten im Umgang mit dieser von der Teilnahme ausgeschlossen. Solche und weitere sich ergebende Herausforderungen können sicherlich nicht gänzlich aus dem Weg geräumt werden. Dennoch gibt es Maßnahmen, welche negative Auswirkungen wie unvollständige Datensätze durch einen erhöhten Drop Out minimieren sollen. Hierzu wurden im Rahmen des Projekts Ideen entwickelt und diskutiert. So könnten beispielsweise eine Vergrößerung der Stichprobe, aber auch gezielte Maßnahmen zur Verringerung des Drop Outs wie beispielsweise eine attraktive Probandenvergütung, das regelmäßige Versenden von Erinnerungen zur Teilnahme, die Ankündigung eines Feedbacks über die erreichten Ergebnisse, ein erklärendes Informationsvideo für Teilnehmende, Lehrende und eventuell Eltern zur Schaffung von Transparenz hilfreich sein. Zudem sollten online-basierte Testungen nach Möglichkeit so konzipiert werden, dass sie auch mithilfe von Smartphones bearbeitet werden können. Dieses Medium steht auch den meisten jüngeren Probandinnen und Probanden im eigenen Haushalt zur Verfügung (mpfs 2017; 2019). Zudem

geben 82 % der Schülerinnen und Schüler zwischen 12 und 19 Jahren an, dass sie während der Corona-Pandemie ein Smartphone für schulische Zwecke nutzen (mpfs 2020). Somit scheinen Smartphones geeignet zu sein, um möglichst viele Teilnehmende zu erreichen.

Limitationen und Ausblick

Die im Projekt angestellten Überlegungen zu alternativen Formen von Datenerhebungen stellen eine erste Orientierungshilfe dar, die für die Umgestaltung eigener Testdurchführungen genutzt werden kann. Dennoch gibt es auch zu berücksichtigende Aspekte, die die Nutzbarkeit der Projektergebnisse zum gegenwärtigen Zeitpunkt (Herbst 2020) noch einschränken.

Zunächst muss festgehalten werden, dass die Entscheidungsbäume und auch die Hinweise zum Umgang mit sich eventuell ergebenden Herausforderungen bisher ausschließlich aus den Überlegungen der Projektgruppe resultieren und nicht beziehungsweise kaum auf wissenschaftlichen Erkenntnissen oder Erfahrungen beruhen. Es kann folglich kein Anspruch auf Vollständigkeit der bisher als relevant benannten Entscheidungskriterien erhoben werden. Vielmehr befinden sich die Entscheidungsbäume und alle weiteren Überlegungen in einem Stadium der Entwicklung. Sie können in Zukunft durch Erfahrungen mit alternativen Formaten der Datenerhebung ergänzt oder aufgrund dieser modifiziert werden.

Zudem sind die Ergebnisse des Projekts bisher ausschließlich auf schriftliche Datenerhebungen beispielsweise mithilfe von Leistungstests oder Fragebögen ausgelegt. Andere Formen der Datenerhebungen wie zum Beispiel Video- oder Internetstudien wurden bisher nicht berücksichtigt. Diesbezüglich muss noch überprüft werden, inwiefern die Entscheidungsbäume sich auf diese Art von Studien anpassen lassen.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die im Laufe des Projekts entstandenen Ergebnisse eine erste Orientierung und Grundlage für die Planung alternativer Formen der Datenerhebungen darstellen, welche jedoch mit zunehmender Erfahrung im Bereich der Durchführung entsprechender Erhebungen erweitert und optimiert werden müssen.

Literatur

Jonkisz, E. & Moosbrugger, H. (2012). Planung und Entwicklung von Tests und Fragebogen. In: Moosbrugger, H. & Kelava, A. (Hrsg.). Testtheorie und Fragebogenkonstruktion. (2. Auflage). Berlin, Heidelberg: Springer Verlag Berlin Heidelberg, S. 27-74.

Höfling, V. & Moosbrugger, H. (2012). Standards für psychologisches Testen. In: Moosbrugger, H. & Kelava, A. (Hrsg.). Testtheorie und Fragebogenkonstruktion. (2. Auflage). Berlin, Heidelberg: Springer Verlag Berlin Heidelberg, S. 203-224.

Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest (mpfs) (2019). JIM-Studie 2019. Jugend, Information, Medien. Basisuntersuchung zum Medienumgang 12- bis 19-Jähriger. URL: https://www.mpfs.de/fileadmin/files/Studien/JIM/2019/JIM_2019.pdf.

Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest (mpfs) (2017). KIM-Studie 2016. Kindheit, Internet, Medien. Basistsudie zum Medienumgang 6- bis 13-Jähriger in Deutschland. URL: https://www.mpfs.de/fileadmin/files/Studien/KIM/2016/KIM_2016_Web-PDF.pdf.

Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest (mpfs) (2020): JIMPlus 2020. Lernen und Freizeit in der Corona-Krise. Landesanstalt für Kommunikation Baden-Württemberg. URL: https://www.mpfs.de/fileadmin/files/Studien/JIM/JIMplus_2020/JIMplus_2020_Corona.pdf.

Moosbrugger, H. & Kelava, A. (2012). Qualitätsanforderungen an einen psychologischen Test (Testgütekriterien). In: Moosbrugger, H. & Kelava, A. (Hrsg.). Testtheorie und Fragebogenkonstruktion. (2. Auflage). Berlin, Heidelberg: Springer Verlag Berlin Heidelberg, S. 7-26.

Marvin Rost[1]
David Buschhüter[2]
Tina Grottke[1]
Philipp Möhrke[3]

[1]Humboldt-Universität zu Berlin
[2]Universität Potsdam
[3]Universität Konstanz

Entwicklung eines Workflows für quantitative Datenauswertungen in R für die MINT-Didaktiken

Problemstellung und Zielformulierung

MINT-didaktische Forschung mit dem Anspruch auf Reproduzierbarkeit, Transparenz und Quantifizierbarkeit ist ohne eine elektronisch zu verarbeitende Datengrundlage – auch abseits von Large-Scale-Assessments – nicht durchführbar. Im Gegenteil: Diese Aspekte werden als Qualitätsmerkmale per Pre-Registering, in der Nutzung von Datenrepositorien und Open-Source-Software oder über systematischen Re-Analysen für größere und kleinere Forschungsprojekte zukünftig eine immer wichtigere Rolle spielen. Gleichzeitig stehen Early-Career-Researcher einer nicht systematisierten Fülle von Angeboten gegenüber, um Kenntnisse und Fähigkeiten zum Umgang mit Daten bzw. zu angewandter Statistik und deren Umsetzung in entsprechender Software erlernen und einüben zu können. Folgend sind übliche Formate solcher Angebote aufgeführt und kommentiert.

- Workshops im Rahmen von Konferenzen oder Summer Schools bieten gute Übersichten, meistens fehlt aber die Zeit für individualisierte Lösungsansätze.
- Lehrbücher sind stark systematisiert und hervorragend für das konzeptuelle Verständnis geeignet. Selbst wenn sie mit Anwendungen in freier Software und entsprechenden Datensätzen ausgestattet sind, fehlt es allerdings je nach Software-Paket an schrittweiser Führung durch die einzelnen Parameter und Outputs – als positives Gegenbeispiel sei hier auf Paek & Cole (2020) hingewiesen. Zudem sind die Werke häufig in englischer Sprache verfasst, was für deutschsprachige Anfänger*innen den Zugang weiter erschwert.
- Fachartikel zu entsprechenden Methoden oder Workflows sind ebenfalls überwiegend englischsprachig und enthalten wichtige, aber in der Regel für Einsteiger*innen kaum deutbare mathematische Herleitungen, die meist wenig verknüpft mit den individuellen Bedürfnissen zur Datenverarbeitung und -analyse dargestellt werden. Ein Beispiel ist die Gegenüberstellung verschiedener Parameterschätzmethoden aus der Item Respons Theorie in Johnson (2007).
- Die Open-Source-Community der Statistik-Software R ist hervorragend vernetzt (The R Foundation for Statistical Computing) und die so genannten Pakete sind auf zusammenfassenden Websites wie *R Package Documentation* oder *RDocumentation* dokumentiert. Zudem liegen praktisch alle Quell-Codes von R-Paketen auf öffentlich zugänglichen Online-Plattformen zur Einsicht vor und sind oft mit Codebeispielen hinterlegt. Dies ist essentiell, damit die Nachvollziehbarkeit und Transparenz der in den Paketen implementierten Funktionen (bspw.: Berechnung des arithmetischen Mittels) gewährleistet ist. Die erzeugten Output-Werte werden aber – aufgrund der diversen Projekt- und Analyseziele der Autor*innen – nicht kommentiert und darüber hinaus auch nicht aus Perspektive MINT-didaktischer Forscher*innen gedeutet oder eingeordnet.

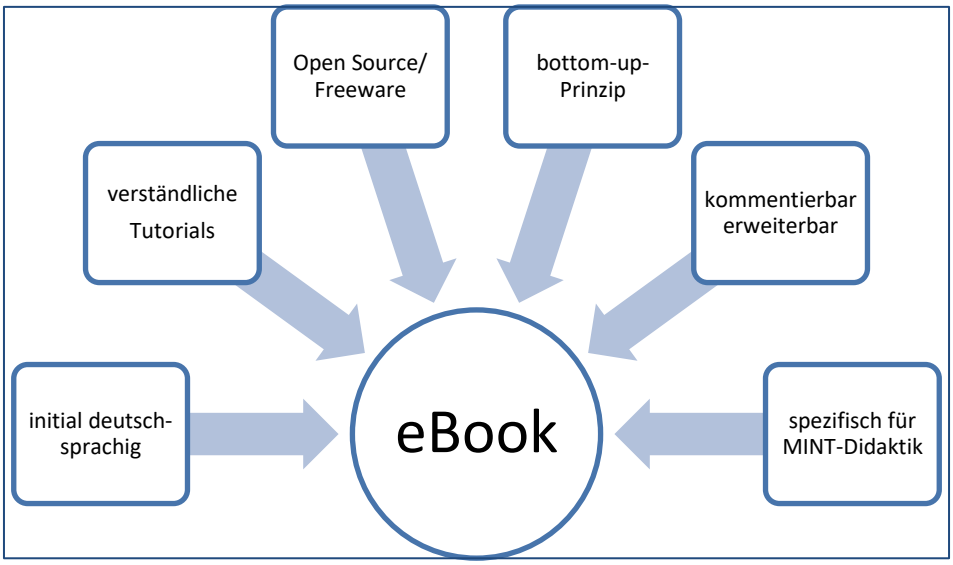


Abb. 1: Identifizierte Anforderungen an ein zukunftsfähiges, digitales Nachschlagewerk für die Datenanalyse in der MINT-didaktischen Community.

Diese Sachlage birgt ein wesentliches Problem: Wenn jede*r Forscher*in immer wieder mosaikartig einen individuellen Workflow zusammenträgt, obwohl eben solche schon vielfach vorliegen, dann geht unnötig wertvolle Zeit und Mühe verloren, um Arbeitsschritte zu entwickeln, die bereits vorhanden sind. Es scheint also geboten, die vielfältigen Erfahrungen, Kenntnisse und Fähigkeiten einer aktiven Community zusammenzutragen, um neuen Mitgliedern eine Einstiegshürde aus dem Weg zu räumen und den Etablierten einen Raum zum gegenseitigen Austausch in dieser Facette von Forschung zu eröffnen. Wir schlagen vor, solch einen Raum in Form eines permanent revidierbaren Sammelbands zu realisieren. Besonders wünschenswert wäre es, wenn frisch promovierte Forscher*innen sich mit ihren noch präsenten Workflows einbringen würden. Abbildung 1 zeigt die aus der Problemlage identifizierten Anforderungen an solch ein Projekt.

Geplantes Vorgehen

Die Beiträge für den Sammelband sollen nicht top-down von den Initiator*innen recherchiert und zusammengefügt werden. Vielmehr wird, im Sinne des Open-Source-Gedankens in der freien Softwareentwicklung, auf eine gemeinschaftliche Beteiligung gesetzt. Jede*r kann in ihrem/seinem individuellen Rahmen teil an Aufbau und Erweiterung haben. Das kann durch das Verfassen eines ganzen Kapitels zu einer statistischen Analyse geschehen, aber auch durch Verbesserungsvorschläge via Kommentierung. Wir laden herzlich zu Beiträgen in diesem Sinne ein! Neben der Darstellung von Skripten und der Diskussion von Verbesserungsvorschlägen, kann auch eine konzeptuelle Diskussion über die Relevanz und fachliche Richtigkeit der Analysemethoden in Bezug auf MINT-didaktische Forschung stattfinden. In diesem Rahmen können auch Kurzbeiträge zu Fehlvorstellungen oder typischen Fehlinterpretationen publiziert werden. Hier sind insbesondere solche Beiträge interessant, die Fehler oder fachlich unangemessene Vorstellungen diskutieren, welche insbesondere bei Anfänger*innen häufig anzutreffen sind.

Die verwendeten Tools für die Erstellung des Buches sind:

- Das Format *rmarkdown* (*https://rmarkdown.rstudio.com*), in dem der Rohtext des Online-Dokuments verfasst wird und das eine direkte Einbindung von Datenauswertung in eine Umgebung zur Textformatierung erlaubt. Es ist leicht zu erlernen und macht die Erstellung und die Erweiterung des Dokuments nachvollziehbar und automatisierbar.
- Die rmarkdown-Dokumente werden im bookdown-Format zu einem ebook zusammengeführt (Xie, 2020).
- Die Dokumenterstellung und -zusammenführung wird kombiniert mit der Entwicklungsplattform *GitHub* (*https://github.com*). Diese erlaubt, neben der Reproduzierbarkeit der Arbeitsschritte, auch nicht-codebasierte Beiträge durch eine Kommentarfunktion (sog. Issues).

Auf diese Weise können reine Textbeiträge ebenso geteilt werden, wie kommentierter Code.

Aktueller Stand

Ein Beispielkapitel für dieses Projekt ist bereits entworfen und steht ab sofort für Erweiterungen und Anmerkungen zur Verfügung. Dieses Kapitel behandelt eine Einführung in die Nutzung des Pakets TAM (Robitzsch, Kiefer & Wu, 2020) für erste Rasch- bzw. IRT-Analysen. Darüber hinaus sind zwei prototypische Kurzbeiträge erstellt worden.

Zum aktuellen Zeitpunkt werden größere Beiträge als Buchkapitel oder Kapitelabschnitte mit den Beitragenden als Autor*innen und den Projektinitiator*innen als Herausgeber*innen geführt. Kleinere Beiträge, wie die oben genannten Beiträge zu Fehlvorstellungen werden in zusätzlicher Absprache mit den Herausgebenden gewürdigt. Weitere Personen, die gern zu diesem Buch beitragen, Ihre Workflows zu einem weiteren Thema teilen wollen oder Verbesserungsvorschläge zu bereits vorliegenden Teilen haben, sind herzlich eingeladen sich das Buch unter ***https://dbuschhue.github.io/P4-Worflow*** anzusehen und sich auf dem GitHub-Repositorium unter ***https://github.com/dbuschhue/P4-Worflow*** zu beteiligen.

Referenzen

Johnson, M. S. (2007). Marginal Maximum Likelihood Estimation of Item Response Models in R. *Journal of Statistical Software, 20* (10).

Paek, I. & Cole, K. (2020). *Using R for item response theory model applications*. Abingdon, Oxon: Routledge.

R Package Documentation. A comprehensive index of R packages and documentation from CRAN, Bioconductor, GitHub and R-Forge. Verfügbar unter https://rdrr.io/

RDocumentation. Verfügbar unter https://www.rdocumentation.org/

Robitzsch, A., Kiefer, T. & Wu, M. (2020). TAM: Test Analysis Modules (Version 3.5-19) [Computer software]. Verfügbar unter https://CRAN.R-project.org/package=TAM

The R Foundation for Statistical Computing. *Comprehensive R Archive Network (CRAN)*. Verfügbar unter https://cran.r-project.org/

Xie, Y. (2020). *bookdown. Authoring Books and Technical Documents with R Markdown*. Verfügbar unter https://bookdown.org/yihui/bookdown/

Fabian Stollin[1] [1]Willi-Graf-Gymnasium Berlin
Claus Bolte[2] [2]Freie Universität Berlin

Analyse chemiedidaktisch relevanter diagnostischer Kompetenzen

Einleitende Überlegungen

Diagnostische Kompetenzen zählen zu den bedeutsamsten professionellen Fähigkeiten von Lehrer*innen (KMK 2005, 3), da sie sowohl weitreichende Konsequenzen für das Lernen als auch für die schulische Laufbahn und die spätere Berufsbiografie von Schüler*innen nach sich ziehen. Aufgrund dieser hohen Relevanz für den Berufsalltag von (angehenden) Lehrer*innen wurde das Instrument des Simulierten Klassenraums (SKR) herangezogen, um diagnostische Kompetenzen von Lehramtsstudent*innen sowie die von Lehramtsanwärter*innen mit Unterrichtsfach Chemie vergleichend zu untersuchen.

Theoretischer Hintergrund

Die diagnostische Kompetenz wird neben der Klassenführungskompetenz, der didaktischen und fachwissenschaftlichen Kompetenz als eine der vier Schlüsselkompetenzen von Lehrkräften angesehen (Helmke, Hosenfeld & Schrader 2004, 119; KMK 2004, o.S.). Ohne adäquate Kenntnisse des Leistungsvermögens und Lernvoraussetzungen ihrer Schüler*innen können Lehrkräfte Unterricht nicht adaptiv gestalten. Akkurate, diagnostisch zutreffende, Urteile sollten die Basis z. B. für die Auswahl von Unterrichtsaktivitäten, von Aufgaben mit unterschiedlichem Schwierigkeitsgrad oder von Teststrategien bilden (Südkamp & Preatorius 2017, 13). Allein darauf ist die hohe praktische Relevanz des Themas zu begründen (Helmke et al. 2004, 128; Retelsdorf & Möller 2016). Für den in der Praxis typischen Fall, dass eine Lehrperson mehrere Schüler*innen einer Klasse anhand eines Merkmals (z.B. Leistung, Motivation, Intelligenz, Prüfungsängstlichkeit) zu beurteilen hat, unterscheiden Schrader und Helmke (1987) drei Komponenten diagnostischer Genauigkeit (auch *Urteilsakkuratheit* genannt):

- Die *Niveaukomponente* gibt an, inwiefern die Lehrkraft das absolute Niveau eines Schülermerkmals korrekt einschätzt. Sie charakterisiert die Tendenz von Lehrern, das Niveau der eigenen Klasse in Bezug auf ein Merkmal im Vergleich zu den tatsächlichen Ergebnissen insgesamt eher zu über- oder unterschätzen (Schrader & Helmke 1987, 30). Dabei wird die Differenz zwischen der mittleren Leistungseinschätzung durch den Probanden und der mittleren tatsächlichen Leistung der simulierten Schüler*innen gebildet, weshalb eine Niveaukomponente nahe Null optimal ist (größer Null: Überschätzung der SuS-Leistungen, kleiner Null: Unterschätzung).
- Die *Differenzierungskomponente* kennzeichnet die Tendenz von Lehrern, die Streuung der eingeschätzten Merkmalsausprägungen im Vergleich zur Streuung der tatsächlichen Schülermerkmale zu über- oder unterschätzen. Anhand dieser Komponente kann z. B. eine „Tendenz zur Mitte“ als systematische Urteilstendenz ermittelt werden (Südkamp, Möller & Pohlmann 2008a, 262). Die Differenzierungskomponente wird als Quotient aus der Varianz der Leistungsbeurteilungen der Probanden und der Varianz der tatsächlichen Testergebnisse gebildet, weshalb sich eine optimal eingeschätzte Streuung in einer Differenzierungskomponente im Wert 1 widerspiegelt (größer als Eins: Tendenz zum Extremen, kleiner als Eins: Tendenz zur Mitte).
- Die *Rangkomponente (auch: Rangordnungskomponente)* gibt Auskunft, ob Lehrkräfte die Rangfolge einer relativen Merkmalsausprägung der Schüler*innen innerhalb einer Klasse korrekt einschätzen (z.B. Südkamp, Kaiser & Möller 2012). Sie wird aus der Korrelation zwischen dem von den Probanden vorhergesagten und den in der Klasse tatsächlich erzielten Leistungen gebildet (Schrader & Helmke 1987, 31).

Die Rangkomponente ist im Gegensatz zur Niveau- und Differenzierungskomponente als „originäres Kompetenzmerkmal der Lehrkraft zuzuschreiben“ (Südkamp & Praetorius 2017,

23). Deshalb wird in vielen Studien oftmals die These aufgegriffen, dass die Rangkomponente der eigentliche Indikator diagnostischer Kompetenz sei. Deshalb fokussierten Forschungsarbeiten in diesem Gebiet lange Zeit auf die Bestimmung der Rangkomponente. Zwei Gründe sprechen mittlerweile gegen die Überbetonung der Rangkomponente: Zum einen bleibt die Frage nach der Struktur, Generalität und Spezifität diagnostischer Kompetenzen offen, wenn nur ein Aspekt der Urteilsakkuratheit betrachtet wird (Südkamp & Praetorius 2017, 24). Zum anderen werden bei alleiniger Betrachtung der Rangkomponente über mehrere Aufgaben und Lernende hinweg Mittelwerts- und Streuungsunterschiede außer Acht gelassen, was zu einer Überschätzung diagnostischer Kompetenzen führen kann (Südkamp & Praetorius 2017, 25).
Südkamp, Möller und Pohlmann (2008a, 2008b) plädieren u. a. deshalb dafür, zusätzlich zu den genannten drei Komponenten, auch das *globale Abweichungsmaß* zu betrachten.

- Das *globale Abweichungsmaß* gibt Auskunft darüber, wie stark die Einschätzungen der Lehrkraft von den tatsächlichen Merkmalsausprägungen der einzelnen Schüler*innen abweichen. Das globale Abweichungsmaß trägt dazu bei, dass Unterschiede im Ausmaß des Verschätzens der Proband*innen unabhängig von deren Urteilstendenzen sichtbar werden und Über- und Unterschätzungen sich nicht neutralisieren (Kaiser & Möller 2017, 58).

Fragestellungen

Aufgrund der dargelegten Überlegungen formulieren wir die folgenden Forschungsfragen:
*1. Inwiefern sind Lehramtsstudent*innen sowie Lehramtsanwärter*innen in der Lage, mündlich erbrachte Schüler*-Leistungen – trotz der im Unterricht zu beobachtenden Interaktionsdynamik – korrekt einzuschätzen und zu beurteilen? (**Grundsätzlicher Forschungsfokus**)*
*2. Inwieweit lässt sich die erreichte diagnostische Performanz mit den Ergebnissen früherer Untersuchungen vergleichen? (**Vergleichbarkeitsvermutung**)*
*3. Inwiefern zeigen sich **Modifikationseffekte** auf der Grundlage unterschiedlich konzipierter simulierter Klassenräume (z. B. im Naturwissenschaftlichen Unterricht 5/6 oder im Chemieunterricht der Jahrgangsstufe 8/9)?*
*4. Inwiefern lassen sich **Trainingseffekte** identifizieren, wenn Proband*innen die Simulation eines Klassenraums zweimal durchlaufen?*
*5. In welcher Weise bringen die Analysen eine Art **Erfahrungsvorteil** zum Vorschein; d. h. zeigen Lehramtsanwärter*innen bessere diagnostische Performanz als Lehramtsstudierende?*

Methode

Der simulierte Klassenraum ist eine speziell für die Untersuchung der diagnostischen Kompetenz gut geeignete Methode (Fiedler, Freytag & Unkelbach, 2007; Fiedler, Walther, Freytag & Plessner, 2002). Bei der verwendeten Version handelt es sich um eine HTML-5-gestützte Computersimulation eines Klassenraums, bei der die Proband*innen die Rolle einer Lehrkraft übernehmen. Dabei interagieren sie virtuell mit ihren Schüler*innen. Im Anschluss an ein simuliertes Klassengespräch sind die Proband*innen gehalten, die vorab experimentell festgelegte Qualität der simulierten Schüler*innen-Leistung als auch deren Motivation beurteilen. Zusätzlich müssen die Proband*innen den Schüler*innen eine Note auf einer Skala von eins bis sechs (typische Schulnoten) zuordnen. Um den Fokus auf die Einschätzung der SuS-Leistungen zu legen, wurde der die Häufigkeit der Meldungen simulierende Motivationsparameter für alle Schüler*innen auf 50% fixiert. Die Leistungsparameter wurden für je eine/n der 6 Jungen und 6 Mädchen zwischen 90% und 40% Klasse in abgestuft 10%-Schritten justiert, um ein breites Leistungsspektrum und eine eindeutige Rangfolge zu simulieren.
In dieser Untersuchung wurden zwei unterschiedliche Klassenräume verwendet. Der bereits erprobte Klassenraum Nawi 5/6 (Bolte et al. 2011; 2012) wurde um den Klassenraum Chemie im Jahrgang 8/9 ergänzt. Die Fragen und die Antworten des simulierten Nawi-Klassenraums entstammen aus zur Schülervorstellungsforschung (Benedict & Bolte 2008; Erb & Bolte 2009); die Inhaltfelder und Themen des simulierten Chemieunterrichts wurden auf Grundlage

des aktuellen Rahmenlehrplans (SenBJF 2015) entwickelt; Das Niveau entspricht dem Unterricht an Gymnasien. Diese konzeptionelle Entscheidung soll sicherstellen, dass die Proband*innen keine Unterscheidung zwischen leichten und schweren Fragen vornehmen und Antworten unterschiedlich gewichten. Aufgrund der Beschränkung auf Multiple-Choice-Fragen, bei denen immer eine der vier vorgegebenen Antwortmöglichkeiten als fachlich richtig einzustufen sind, liegen in beiden simulierten Klassenräumen mit klar eingegrenzten Merkmale vor, die eine hohe Urteilsakkuratheit ermöglichen (nach Lintorf et al. 2016).

Ergebnisse

Die Stichprobe umfasst 37 Lehramtsstudierende, die im Wintersemester 2017/18 das Modul „Einführung in die Fachdidaktik der Chemie" belegten, sowie 19 Lehramtsanwärterinnen, die sich im Sommer 2018 im Vorbereitungsdienst des Landes Berlin befanden und das Fach Chemie unterrichteten. Das Alter der Lehramtsstudierenden betrug im Mittel 23,8 Jahre ($SD = 4{,}1$ Jahre), das der Lehramtsanwärter im 33,6 Jahre ($SD = 5{,}3$ Jahre).

Die Analysen und Prüfung auf statistische Signifikanz (ANOVA) sprechen für die Vergleichbarkeitsvermutung und bestätigen einen positiven Trainingseffekt in aufeinanderfolgenden Durchläufen. Ein statistisch signifikanter Modifikationseffekt wurde nicht festgestellt, ebenso wenig konnte die Erfahrungsvorteilsvermutung der Lehramtsanwärter*innen gegenüber den Lehramtsstudierenden statistisch untermauert werden.

	Optim.	Stollin & Bolte (2020) Nawi 5/6	Stollin & Bolte (2020) Chem.8/9	Bolte u.a. (2011)	Südkamp u.a. (2008)	Südkamp & Möller (2009)	Spinath (2005)
Rang-komponente	1	0,37 *0,33*	0,54 *0,45*	0,40; 0,26	0,62; 0,68 0,54; 0,53	0,64; 0,66	Median 0,40
Niveau-komponente	0	0,04 *0,02*	0,01 *0,04*	-0,07; -0,09	0,04; 0,03 0,09; 0,07	0,07; 0,09	0,03
Differenzierungs-komponente	1	0,49 *0,57*	0,61 *0,57*	0,79; 0,71	0,76; 0,92 0,74; 0,81	0,81; 0,82	0,84
globales Ab-weichungsmaß	0	0,26 *0,23*	0,21 *0,22*	0,17; 0,19	0,20; 0,15 0,21; 0,20	0,20; 0,19	./.

Tab. 1: Ergebnisse zur Analyse diagnostischer Kompetenzen – differenziert nach Beurteilungskomponente und Referenzstudien[1]

Fazit

Die Lehramtsanwärter*innen und -student*innen der Stichprobe sind in der Lage, das Niveau simulierter Schüler*innen passend einzuschätzen. Defizite zeigen sich allerdings in der Einschätzung der Streuung der Leistungen sowie der Rangreihenfolge (FF 1). Die Ergebnisse des neu aufgelegten Klassenraums lassen sich mit den Ergebnissen früherer Untersuchungen vergleichen, es gibt keine statistisch signifikant abweichenden Unterschiede in der Performanz der Proband*innen bzgl. der vier Komponenten (FF 2). Es konnte kein Modifikationseffekt festgestellt werden, daher ist davon auszugehen, dass das Design des Klassenraums in dieser Studie keine Auswirkungen auf die diagnostische Performanz der Proband*innen ausgeübt hat (FF 3). Im 2. Durchlauf des simulierten Klassenraums konnte in 2 Bereichen eine statistisch signifikante Verbesserung festgestellt werden, nämlich bzgl. der Rangkomponente und des globalen Abweichungsmaß; diesbezüglich ist von positiven Trainingseffekten auszugehen (FF 4). Lehramtsanwärter*innen haben keine signifikant besseren diagnostischen Urteile fällen können als weniger weit ausgebildete bzw. praxiserfahrene Lehramtsstudent*innen. Somit konnte kein (statistisch signifikanter) Erfahrungsvorteil nachgewiesen werden (FF 5).

[1] 1. Zeile: Lehramtsstudent*innen / 2. Zeile (kursiv): Lehramtsanwärter*innen – in den Referenzstudien wurden ausschließlich Lehramtsstudierende untersucht; 1. und 2. Zeile bei Südkamp u. a. (2008) repräsentiert je unterschiedliche Fach-Klassenräume, die von den Proband*innen jeweils zweimal durchlaufen wurden.

(Ausgewählte) Literatur

Benedict, C. & Bolte, C. (2008). Erste Schritte der Analyse konzeptueller naturwissenschaftlicher Kompetenzen von Kindern im Grundschulalter – aufgezeigt am Beispiel des Teilchenkonzepts. In: Giest, H. und Wiesemann, J. (Hrsg.): *Kind und Wissenschaft – Welches Wissenschaftsverständnis hat der Sachunterricht? Probleme und Perspektiven des Sachunterrichts*, 18, Bad Heilbrunn: Klinkhardt-Verlag.. 263-275.

Bolte, C., Koeppen, G., Möller, J., & Südkamp, A. (2011). Kompetenzdiagnostik im virtuellen naturwissenschaftlichen Unterricht. In: D. Höttecke (Hg.): *Naturwissenschaftliche Bildung als Beitrag zur Gestaltung partizipativer Demokratie. Zur Didaktik der Physik und Chemie. Probleme und Perspektiven.* Münster: Lit-Verlag. S. 146-148.

Bolte, C., Koeppen, G., Möller, J., & Südkamp, A. (2012). Chemistry related pedagogical diagnostic competencies of pre-service chemistry teachers analyze by means of the Simulated Science Classroom. *Proceedings of the European Science Educational Research Association (ESERA)*, Lyon, France, September 2011. http://lsg.ucy.ac.cy/esera/e_book/base/ebook/strand13/ebook-esera2011_BOLTE-13.pdf(2012-05-31)

Erb, M. & Bolte, C. (2009). *IQ^2 – The Inquiry Qualification Questionnaire*. Berlin: Freie Universität Berlin – Didaktik der Chemie.

Fiedler, A. B., Freytag, P. & Unkelbach, C. (2007). Pseudocontingencies in a simulated classroom. *Journal of Personality and Social Psychology*, 92, 655-677.

Fiedler, K., Walther, E., Freytag, P. & Plessner, H. (2002). Judgment biases in a simulated classroom – a cognitive-environmental approach. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*,88, 527f.

Helmke, A., Hosenfeld, I. & Schrader, F.-W. (2004). Vergleichsarbeiten als Instrument zur Verbesserung der Diagnosekompetenz von Lehrkräften. In: Arnold, R. & Griese, C. (Hrsg.), *Schulleitung und Schulentwicklung.* Hohengehren: Schneider, 119-144.

Kaiser, J. & Möller, J. (2017). Diagnostische Kompetenz von Lehramtsstudierenden. In Gräsel, C. & Trempler, K. (Hrsg.), *Entwicklung von Professionalität pädagogischen Personals - Interdisziplinäre Betrachtungen, Befunde und Perspektiven*. Wiesbaden: Springer, 55-74.

KMK (2004) = Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (2004). *Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften*. Beschluss der KMK vom 16.12.2004 – Bonn.

KMK (2005). *Standards für die Lehrerbildung.* München: Luchterhand.

Lintorf, K., van Ophuysen, S. & Behrmann, L. (2016). Diagnostik im Lehrerberuf. In: M. Rothland (Hrsg.), *Beruf Lehrer / Lehrerin. Ein Studienbuch*, 187-204. Münster: Waxmann Verlag

Retelsdorf, J. & Möller, J. (2016). Diagnostik und Leistungsbeurteilung. In: J. Möller, M. Köller & T. Riecke-Baulecke (Hrsg.), *Basiswissen Lehrerbildung: Schule und Unterricht – Lehren und Lernen*, Kallmeyer, 23-38

SenBJF (2015). *Rahmenlehrplan für das Fach Chemie – Teil C,* https://bildungsserver.berlin-brandenburg.de/fileadmin/bbb/unterricht/rahmenlehrplaene/Rahmen-lehrplanprojekt/amtliche_Fassung/Teil_C_Chemie_2015_11_10_WEB.pdf

Südkamp, A., Möller, J. & Pohlmann, B. (2008a). Der Simulierte Klassenraum. Eine experimentelle Untersuchung zur diagnostischen Kompetenz. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 22, 261-276.

Südkamp, A., Möller, J. & Pohlmann, B. (2008b). Der Simulierte Klassenraum. Ein Instrument zur Untersuchung von diagnostischer Kompetenz. In: E.-M. Lankes: *Pädagogische Professionalität als Gegenstand empirischer Forschung*, Waxmann 2008, 87-97

Südkamp, A., Praetorius, A.-K. (Hrsg.) (2017). Diagnostische Kompetenz von Lehrkräften. *Pädagogische Psychologie und Entwicklungspsychologie*, 94, Waxmann 2017

Ingrid Krumphals[1] [1]Universität Graz
Claudia Haagen-Schützenhöfer[1]

Einsatz von Video-Vignetten zur Förderung der Diagnosekompetenz

Ausgangspunkt

Diagnosekompetenz gilt als eine Basis adaptiven Unterrichts (Fischer, Veber & Rott 2014). So können gut ausgeprägte Diagnosefähigkeiten von Lehrkräften (individuelle) Lernprozesse bei Schülerinnen und Schülern besonders unterstützen. Diagnosekompetenz ist daher eine Voraussetzung für qualitativ hochwertigen Unterricht und sollte bereits in der Lehramtsausbildung gefördert werden (von Aufschnaiter et al. 2015).

Die vorliegende Studie beschäftigt sich daher mit der Entwicklung einer Lernumgebung – einem Design-Based Research Ansatz (Barab & Squire 2004) folgend – um diagnostische Kompetenz von Physiklehramtsstudierenden in Bezug auf Schülervorstellungen (SV) zu fördern. Video-Vignetten scheinen dahingehend ein besonders vielversprechendes Werkzeug zu sein, um Diagnosekompetenzen zu fördern (Blomberg et al. 2013; Tekkumru-Kisa, Stein & Coker 2018). Unklarheit besteht jedoch noch bezüglich der Lernprozesse der Studierenden bei der Arbeit an den Video-Vignetten. Daher fokussiert die vorliegende Studie jenen Aspekt.

Theoretischer Rahmen

Diagnosekompetenz umfasst einen breiten Fähigkeitsbereich einer Lehrkraft. So sehen Ingenkamp und Lissmann (2008) in pädagogischer Diagnostik alle diagnostischen Tätigkeiten, die zur Ermittlung von Voraussetzungen und Bedingungen von Lehr- und Lernprozessen dienen, um (individuelles) Lernen zu optimieren. Diese Breite an Tätigkeiten lässt auf ein besonders „komplexes Bündel an Teilfähigkeiten“ (von Aufschnaiter et al. 2015) in Bezug auf Diagnosekompetenz schließen. In der vorliegenden Arbeit wird Diagnosekompetenz – angelehnt an Blömeke et al. (2015) – als Kontinuum und besonders unterrichtsnahe gesehen. Situationsspezifische Fähigkeiten (Wahrnehmung, Interpretation und Antizipation von Handlungsmöglichkeiten) sind Vermittler zwischen Disposition (kognitiv und motivationale Aspekte) und Performanz von Lehrpersonen (Blömeke, Gustafsson & Shavelson 2015).

Diagnostizieren ist eine besonders herausfordernde Aufgabe für (zukünftige) Lehrkräfte. Angehende Lehrpersonen zeigen diverse Schwierigkeiten beim Diagnostizieren (z.B. Hoppe et al. 2020; von Aufschnaiter & Alonzo 2018). Beispielsweise scheinen Lehramtsstudierende zwar fähig zu sein, Aussagen von Schülerinnen und Schülern, die auf für den jeweiligen Lernprozess der Schülerinnen und Schüler relevante SV hindeuten, wahrzunehmen, sie haben aber Probleme, diese angemessen zu interpretieren (Hoppe et al. 2020). Lehramtsstudierenden fällt es schwer, Schülerhandlungen und -aussagen, die Hinweise in Bezug auf deren Denkprozesse geben, im Kontext zukünftiger Lernprozesse zu deuten (von Aufschnaiter & Alonzo 2018).

Die entwickelte Lernumgebung zielt auf die Förderung der Diagnosekompetenz von Lehramtsstudierenden in Bezug auf SV ab, da der Miteinbezug von SV ein essentieller Aspekt qualitativ hochwertigen Physikunterrichts ist (Kattmann, Duit, Gropengießer & Komorek 1997). Als Basis für die Entwicklung dieser Lernumgebung diente ein Diagnoseprozessmodell von Klug et al. (2013), das an das Ziel der Förderung der Diagnosekompetenz in Bezug auf SV adaptiert wurde (eine detailliertere Beschreibung findet sich bei Krumphals & Haagen-Schützenhöfer 2020): Grundsätzlich durchläuft eine Lehrkraft bei Diagnosen im Schulkontext diesen dreiphasigen idealtypischen Prozess, welcher auch für die Diagnose von SV gilt: (1) Pre-Actional- (Unterrichtsplanungsphase), (2) Actional- (Unterrichtsphase) und (3) Post-Actional-Phase (Reflexionsphase).

Leitend für die Entwicklung der Lernumgebung – einem Design-Based Research Ansatz folgend – waren aus der Literatur abgeleitete Design-Prinzipien (DP):
DP1. Die Lernprozesse der Studierenden werden im Sinne des Konstruktivismus verstanden. (Duit 1996)
DP2. Studierende sollen lernen sich von der Lehrpersonenperspektive ausgehend mehr auf die fachliche Schülerperspektive zu fokussieren. (Levin, Hammer & Coffey 2009)
DP3. Vereinfachte Darstellungen von Diagnosesituationen und Diagnoseprozessen im Unterricht sollen verwendet werden, um kognitive Überforderung bei Studierenden zu reduzieren. (Grossman et al. 2009)
DP4. Authentische Repräsentationen von Unterricht sollen den Studierenden künftig eine leichtere Übertragung auf Realsituationen im Unterricht ermöglichen. (Schubert, Friedmann & Regenbrecht 2001)
DP5. Praxissituationen im Lehramtsstudium sollen gut dosiert sein, um bei Studierenden das Verständnis der Komplexität von schulischen Lehr- und Lernprozessen zu fördern. (Blomberg et al. 2013)
DP6. Studierende sollen situationsspezifische Schemata für Physikunterricht für die Diagnose von SV lernen, die in Zukunft in Realsituationen angewendet werden können. (Livingston & Borko 1989)

Einsatz der Video-Vignetten
Durch die Integration von Video-Vignetten in die Lernumgebung können die Design-Prinzipien gut umgesetzt werden. So wurden als Kernelemente der Lernumgebung Video-Vignetten von Rath (2017) eingesetzt, in denen Schülerinnen und Schüler zu sehen sind (3-5 min), die in Gruppenarbeit eine Mechanik-Aufgabe (FCI-Item – Hestenes, Wells & Swackhamer 1992) diskursiv lösen. Die eingesetzten Video-Vignetten ermöglichen die Umsetzung von DP2-5. Insgesamt wurden drei Video-Vignetten eingesetzt an denen die Studierenden je etwa 60 Minuten arbeiteten. Alle Trainingssessions verliefen nach dem gleichen Schema, den drei Phasen des Diagnoseprozessmodells folgend:
1) a) Die Studierenden lösen die Mechanik-Aufgabe (FCI-Item), die die Schülerinnen und Schüler in der Video-Vignette bearbeiten.
1) b) Die Studierenden brainstormen relevante SV in Bezug auf die Lernprozesse der Schülerinnen und Schüler zu der zuvor gelösten Mechanik-Aufgabe (FCI-Item).
2) Die Studierenden diagnostizieren anhand zweimaligen Sehens der Video-Vignette SV.
3) Die Studierenden diskutieren über identifizierte SV und planen den weiteren Unterricht.
Durch diese Teilschritte wird ein Diagnoseprozess simuliert und die Studierenden durchlaufen immer wieder dasselbe Schema, das sie auch in ihrem zukünftigen Lehrberuf anwenden können (DP6).

Ausgewählte Forschungsfrage und Untersuchungsdesign
Im Zentrum dieses Forschungsprojekts stehen die Lernprozesse der Studierenden und wie diese in formalen Lerngelegenheiten positiv beeinflusst werden können. Die übergeordnete Forschungsfrage ist: Welche Elemente der Lernumgebung mit integrierten Trainings-Video-Vignetten können als förderlich oder hinderlich in Bezug auf die Lernprozesse der Ph-LA-Studierenden zur Diagnose von SV identifiziert werden? Außerdem waren wir an Handlungen bzw. Handlungsmustern von Studierenden interessiert.
Um diesen Fragen nachzugehen wurden vier Studierendengruppen (je 4-5 Studierende) bei der Arbeit an den Video-Vignetten gefilmt. Diese Video-Aufnahmen wurden transkribiert und mit einer ethnologisch-hermeneutischen Methode, der Dichte-Beschreibung (Geertz 1973; Angele 2015), analysiert. Ein Ziel dieser Methode ist es, Handlungsmuster und Intentionen zu rekonstruieren und zu verstehen. Die Analyse wurde in vier Schritten durchgeführt (Abb.1).

Ausgewählte Ergebnisse

Der folgende exemplarische Abschnitt zeigt einen Teilausschnitt der Analyse einer Trainingssequenz. Die Studierenden befinden sich dabei in einer Gruppendiskussionsphase über jene SV, die sie beim Ansehen der Vignette zuvor individuell sammelten.

0. Transkript	1. Micro-Sequenzierung	2. Interpretation und Rekonstruktion	3. Verdichtete Bedeutungszuordnung
Situation: Sammlung der identifizierten Schülervorstellungen aus der Video-Vignette. S1 zu S3: Irgendwas hast du noch mit Schwung gehabt, aber ich habe es nicht ganz verstanden. S3: Das ist genau das. Schwere sind… Entschuldigung: Schwere sind schneller als leichte, ich glaube, das ist das. S4 (zu S3): Aber das ist doch nicht mit Schwung, weil Schwung würde ja bedeuten, dass sie weiter fliegen, oder? S3: Aber ich weiß nicht genau was mit Schwung gemeint ist.	Gemeinsame Sammlung der identifizierten SV aus der Video-Vignette S1 fragt bei S3 noch nach, da dieser noch anfangs in die Diskussion eine mögliche SV einbrachte, die etwas mit „Schwung" zu tun hatte (siehe oben). S3: Antwortet, dass er genau die SV meinte, die vorhin besprochen wurde. (Bereits im Abschnitt in dem SV aus der Literatur gelesen wurden, fragte S3 leise nach dem Begriff Schwung – die Frage wurde nicht in der Gruppe diskutiert s.o.) S4: Entgegnet, dass er glaubt, die SV Schwere sind schneller als leichte Objekte (beim freien Fall) hätte nichts mit Schwung zu tun, da sie dann ja weiter fliegen würden. Ist sich aber unsicher. S3: führt noch einmal an, dass er nicht wüsste was bei der angegebenen Schülervorstellung mit Schwung gemeint ist.	S1 will (wie vorgegeben) alle möglichen identifizierten SV aus dem Trainingsvideo sammeln und wusste noch, dass S3 etwas mit Schwung anmerkte und fragte deshalb danach. S3: Weiß nicht was mit Schwung gemeint ist und will dies nicht offensichtlich zugeben. Daher versucht er sich rauszureden indem er einfach sagt, er hätte eine bereits identifizierte SV damit gemeint. S4: Scheint diese Verknüpfung aber nicht logisch zu sein, sodass Schwung nicht zu der Vorstellung schwere sind schneller als leichte Objekte. Er begründet seine Überlegung fachlich mit einer Auswirkung, dass dann Objekte weiter fliegen würden (zusätzlicher Impuls). Scheint sich jedoch nicht 100% sicher zu sein, da er doch noch ein Oder anführt. S3: Gibt nun zu, dass er nicht wüsste was mit Schwung gemeint ist, da S4 identifizierte, dass hier etwas nicht passt und von ihm eine Erklärung wünscht.	S3 kann den Begriff Schwung weder fachlich noch fachdidaktisch in Bezug auf Lernprozesse interpretieren. S3 versucht seine Lücke vor den anderen Studierenden zu verstecken, indem er einfach eine andere bereits zuvor genannte SV anführt und diese in Verbindung mit Schwung setzt. S4 entdeckt die Inkonsistenz, da für ihn das aus fachlicher Sicht keinen Sinn ergibt, er ist sich aber unsicher. Weil S4 von S3 fordert seine Überlegung zu begründen und S3 dies nicht kann, gibt S3 zu, nicht zu wissen was mit Schwung gemeint ist. Er hat Schwierigkeiten mit dem Begriff aus fachlicher und fachdidaktischer Sicht.

Abb. 1: Analyseausschnitt – Studierende diskutieren über identifizierte SV

Die Ergebnisse zeigen fachliche und fachdidaktische Lücken der Studierenden ebenso wie verschiedene Strategien der Studierenden diese zu verbergen. Beispielsweise sind sprachliche und begriffliche Schwierigkeiten zu erkennen, die darauf hindeuten, dass Studierende unzureichende Fähigkeiten in Bezug auf fachliche und fachdidaktische Aushandlungsprozesse aufweisen. Zudem versuchen Studierende u.a. durch verkürzte Äußerungen, ohne tiefere Erklärung, ihre Lücken zu verbergen. Beides führt in weiterer Folge zu Schwierigkeiten in den Gruppendiskussionen.

In Bezug auf Kenntnisse zu SV zeigen die Studierenden unterschiedliche Niveaus. So werden bei der Sammlung von SV keine bis tlw. mehr als fünf SV genannt. Jedoch scheinen diese Kenntnisse wenig über das Reproduktionsniveau hinauszugehen, da die Studierenden SV hinsichtlich der Auswirkungen auf Lernprozesse oft nur unzureichend interpretieren können.

Grundsätzlich durchlaufen die Studierenden, wie intendiert, den simulierten Diagnoseprozess – dem Diagnoseprozessmodell folgend – beim Training mit den Video-Vignetten. Lernförderlich scheinen die fachlichen und fachdidaktischen Klärungen innerhalb der Gruppendiskussionen zu sein. Im Verlauf der Trainingssessions nennen Studierende tendenziell mehr SV und greifen bei fachlichen Diskussionen auf tlw. in anderen Trainingssessions erworbenes fachliches Wissen zurück.

Diskussion und Ausblick

Die Studie liefert erste Hinweise zu Lernschwierigkeiten von Studierenden in Bezug auf Diagnose bei der Verwendung von Video-Vignetten. Um diesen Hindernissen entgegenzuwirken wurden im weiteren Design-Zyklus fachliche Klärungen auf Hausaufgaben ausgelagert, sodass jede/r Studierende genug Zeit hat, um sich fachlich tiefergehend mit dem Thema Mechanik auseinanderzusetzen. Außerdem wurden stabile Peer-Gruppen gebildet, damit die Studierenden leichter und schneller Vertrauen untereinander aufbauen können und Hemmungen bzgl. des Zeigens von Wissenslücken gegenüber ihren Peers abbauen.

Im nächsten Design-Zyklus wurden die Design-Prinzipien angepasst bzw. ausgebaut. In Bezug auf die dem Diagnoseprozessmodell folgende Intervention, wurden keine Änderungen vorgenommen, da die Ergebnisse bisher keine diesbezüglichen Hinweise zeigten.

Literatur

Angele, C. (2015). *Ethnographie des Unterrichtsgesprächs. Ein Beitrag zur Analyse von Unterrichtsgesprächen über Differenz als Alltagserfahrung*, Münster: Waxmann Verlag.

Barab, S. & Squire, K. (2004). Design-Based Research: Putting a Stake in the Ground. *Journal of the Learning Sciences*, *13*(1), 1–14.

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.

Blömeke, S., Gustafsson, J.-E. & Shavelson, R.J. (2015). Beyond Dichotomies. *Zeitschrift für Psychologie*, *223*(1), 3–13.

Duit, R. (1996). The constructivist view in science education–what it has to offer and what should not be expected from it. *Investigaçôes em ensino de ciências*, *1*(1), 40–75.

Fischer, C., Veber, M. & Rott, D. (2014). Adaptive Lehrkompetenz und pädagogische Haltung. In Kiel, E., Esslinger-Hinz, I. & Reusser, K. (Hrsg.), *Thementeil: Allgemeine Didaktik für eine inklusive Schule* (S. 16–34). Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.

Geertz, C. (1973). *The interpretation of cultures*. *Selected Essays by Clifford Geertz*, New York: Basic Books, Inc., Publishers.

Grossman, P., Compton, C., Igra, D., Ronfeldt, M., Shahan, E. & Williamson, Peter, W. (2009). Teaching Practice: A Cross-Professional Perspective. *Teachers College Record*, *111*(9), 2055–2100.

Hestenes, D., Wells, M. & Swackhamer, G. (1992). Force concept inventory. *The Physics Teacher*, *30*(3), 141–158.

Hoppe, T., Renkl, A., Seidel, T., Rettig, S. & Rieß, W. (2020). Exploring How Teachers Diagnose Student Conceptions about the Cycle of Matter. *Sustainability*, *12*(10), 4184.

Ingenkamp, K.-H. & Lissmann, U. (2008). *Lehrbuch der Pädagogischen Diagnostik*, Weinheim, Basel: Beltz Verlag.

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.

Krumphals, I. & Haagen-Schützenhöfer, C. (2020). Förderung von Diagnosekompetenz im Ph-LA Studium - ein DBR-Projekt. In Habig, S. (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Wien 2019* (S. 266–269). Essen: GDCP.

Levin, D.M., Hammer, D. & Coffey, J.E. (2009). Novice Teachers' Attention to Student Thinking. *Journal of Teacher Education*, *60*(2), 142–154.

Livingston, C. & Borko, H. (1989). Expert-Novice Differences in Teaching: A Cognitive Analysis and Implications for Teacher Education. *Journal of Teacher Education*, *40*(4), 36–42.

Rath, V. (2017). *Diagnostische Kompetenz von angehenden Physiklehrkräften. Modellierung, Testinstrumentenentwicklung und Erhebung der Performanz bei der Diagnose von Schülervorstellungen in der Mechanik*, Berlin: Logos Verl.

Schubert, T., Friedmann, F. & Regenbrecht, H. (2001). The Experience of Presence: Factor Analytic Insights. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, *10*(3), 266–281.

Tekkumru-Kisa, M., Stein, M.K. & Coker, R. (2018). Teachers' learning to facilitate high-level student thinking: Impact of a video-based professional development. *Journal of Research in Science Teaching*, *55*(4), 479–502.

von Aufschnaiter, C. & Alonzo, A.C. (2018). Foundations of formative assessment: Introducing a learning progression to guide preservice physics teachers' video-based interpretation of student thinking. *Applied Measurement in Education*, *31*(2), 113–127.

von Aufschnaiter, C., Cappell, J., Dübbelde, G., Ennemoser, M., Mayer, J., Stiensmeier-Pelster, J., Sträßer, R. & Wolgast, A. (2015). Diagnostische Kompetenz. Theoretische Überlegungen zu einem zentralen Konstrukt der Lehrerbildung. *Zeitschrift für Pädagogik*, *61*(5), 738–758.

Marvin Rost[1] [1]Humboldt-Universität zu Berlin
Rüdiger Tiemann[1]

Modelle als Mittel der Erkenntnisgewinnung im Chemieunterricht Entwicklung und quantitative Dimensionsanalyse eines Testinstruments

Problemstellung

Modellnutzung ist ein konstituierender Teil der Naturwissenschaften und deren Didaktiken. Dies gilt für das fachliche Selbstverständnis der akademischen Disziplinen insgesamt (Aduriz-Bravo, 2019) und auch speziell in der Chemie (Niaz, 2016; Sachsse, 1969). In der Folge wurde das Erlernen und Einüben der Modellnutzung in den korrespondierenden Schulfächern in nationalen Bildungsstandards (Landesinstitut für Schule und Medien Berlin-Brandenburg, 2016) als Bildungsziel im Sinne der hypothetisch-deduktiven Erkenntnisgewinnung vorgeschrieben. Mit der Motivation durch die fachimmanente Relevanz und die entsprechenden normativen Vorgaben, wird eine Aufgabe der empirischen Bildungsforschung darin gesehen, entsprechende Frameworks und Erfassungsmethoden für das Lehren und Lernen in den Naturwissenschaften zu entwickeln und zu validieren. Für die Chemie können Nehring, Stiller, Nowak, Upmeier zu Belzen, and Tiemann (2016) den grundsätzlichen Zusammenhang von Modellnutzung und hypothetisch-deduktivem Denken nachweisen, jedoch ohne dass eine operationalisierte Feinstruktur der Modellnutzung expliziert wird. In der Biologie legen Upmeier zu Belzen and Krüger (2010) ein entsprechendes Kompetenzmodell vor, das empirisch geprüft (Terzer, 2012) und kreuzvalidiert (Krell & Krüger, 2015) eingesetzt werden kann. Eine unmittelbare Übertragung auf die Chemie und ihre Didaktik wird aber als schwierig bewertet, denn es existieren gleichzeitig Befunde nach denen Modellverständnis als disziplinabhängig einzuordnen ist (Krell, Reinisch, & Krüger, 2015; Leisner-Bodenthin, 2006). Dabei wäre es wünschenswert, wenn die verwendeten begrifflichen Rahmungen stärker vereinheitlicht würden (Nicolaou & Constantinou, 2014), weil, anders als bei Mittelstraß (2005) konstatiert, „[…] selbst innerhalb der Naturwissenschaftsdidaktiken unterschiedliche Klassifikationen von Modellen vorgeschlagen werden […]“ (Krüger, Kauertz, & Upmeier zu Belzen, 2018). In der Chemie kann das auf verschiedene epistemologische Vorannahmen (Rost & Tiemann, 2017) oder auch Bezugsebenen (Jong & Taber, 2014) zurückgeführt werden. Wenn das Chemieverstehen außerdem mindestens in der Sekundarstufe sehr spezifisch an die Deutung von Phänomenen auf der Teilchenebene gebunden ist (Sumfleth & Nakoinz, 2019) und Lernende sowie Lehrende dabei notwendigerweise auf Modellnutzung angewiesen sind, dann sind begriffliche Diskussionen und darauf aufbauende, empirische Fundierungen in der Chemiedidaktik nach wie vor geboten.

Theoretische Rahmung

Um das Nutzen von Modellen beschreiben zu können, schlagen wir für die systematische Aufbereitung von Modellen ein aus vier *Komponenten* (Lesh, Doerr, Carmona, & Hjalmarson, 2003) bestehendes Framework vor. Es wurde bereits in chemiedidaktischen Arbeiten erprobt und diskutiert (Bodner & Briggs, 2005). Eine quantitative Untersuchung ihrer Zusammenhänge wurde bisher allerdings nicht vorgenommen. Die Komponentenbezeichnungen sind in den Originalpublikationen *a) Elements*, *b) Relations*, *c) Operations* und *d) Rules*. Die Elements bezeichnen die deklarative Grundlage bei der

Modellnutzung und stellen die kleinsten Sinneinheiten dar. Ein Beispiel sind Elektronen und/oder Kreisbahnen im Bohr'schen Atommodell. Die Relations bezeichnen die Beziehungen zwischen den notwendig vorher zu identifizierenden kleinsten Sinneinheiten, bspw. eine Energiedifferenz zwischen den Kreisbahnen im o. g. Atommodell. Die dritte Komponente, die Operations, beschreibt die Veränderung von Relations, oder auch einen Zustandswechsel. Das Springen eines Elektrons auf ein höheres Energieniveau kann als

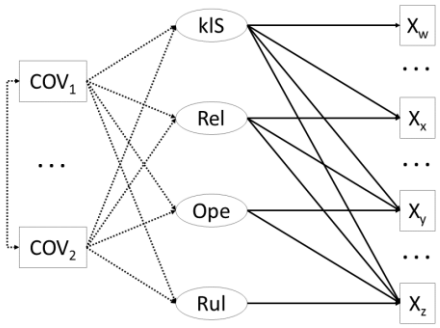


Abb. 1: Ein Hintergrundmodell mit Kovariablen beeinflusst die Fähigkeit zur Aufgabenlösung durch vier Dimensionen, die ineinander geschachtelt sind.

Operation klassifiziert werden. Die Rules fassen die Modellbeschreibung über formallogische Sätze zusammen: *Wenn* ein Elektron von einem höheren auf ein niedrigeres Energieniveau springt, *dann* wird elektromagnetische Strahlung abgegeben. Insofern diese hierarchische Struktur theoretisch plausibel ist, ergibt sich Forschungsbedarf zu ihrer empirischen Reproduzierbarkeit in chemiespezifischen Umgebungen zur Modellnutzung in hypothetisch-deduktiv gerahmten, problemorientierten Leistungsaufgaben. Abbildung 1 zeigt einen schematischen Strukturvorschlag mit Hintergrundmodell für die vorgeschlagene Struktur, deren theoriegeleitete Schachtelung eine Within-Item-Dimensionalität impliziert (Hartig & Höhler, 2010). Das Hintergrundmodell setzt sich dabei aus kognitiven Fähigkeiten, Leseverständnis und aufgabenspezifischem Fachwissen zusammen. Die leitende Forschungsfrage und die wesentliche Forschungshypothese lauteten:

F: Entspricht die empirische Struktur von Aufgabenbearbeitungen der theoretisch angenommenen Struktur hypothetisch-deduktiver Modellnutzung im Fach Chemie?
H: Ein mehrdimensionales Modell im Sinne der theoretischen Strukturierung erklärt die Erhebungsdaten besser als andere Strukturmodelle.

Design & Methoden

Nach einem Expertenrating zur Zuordnung der Modellkomponenten in Beispielen und der qualitativen Vorprüfung durch offene Aufgaben bei SchülerInnen (SuS), wurden mit Hilfe eines iterativ überarbeiteten Manuals insgesamt 60 Multiple-Choice-Aufgaben konstruiert. Qualitative Vorarbeiten (z. B. lautes Denken) und eine quantitative Vorstudie mit anschließender Aufgabenüberarbeitung trugen zur Validitätssicherung und Reliabilitätserhöhung bei. Ein modifiziertes Multi-Matrix-Design (Frey, Hartig, & Rupp, 2009) maximierte die Anzahl bearbeiteter Aufgaben in Vor- und Haupterhebung und eine

Dimensionalitätseinschätzung per explorativer DETECT-Statistik (Bonifay, Reise, Scheines, & Meijer, 2015) bereitete die konfirmatorische IRT-Skalierung der Hauptstudiendaten vor.

Ergebnisse

Eine grundsätzliche Messproduktivität der Aufgaben wurde durch die zufriedenstellenden Kennwerte einer 2-PL-IRT-Skalierung (.98 < *wMNSQ* < 1.01, *EAP-PV* = .71) in der quantitativen Vorerhebung (*N* = 269) sichergestellt. Empirische Hinweise auf Mehrdimensionalität wurden über die Steigungsparameter (Wu, Tam, & Jen, 2016) und $DETECT_{max}$ = .88 gefunden. Die Hauptstudie (*N* = 524) lieferte beim Modellvergleich von 1-, 3-, 4- und 7-dimensionaler Schätzung das 4-dimensionale Modell als plausible Lösung und setzte sich unter Vergleich mit Zufallsmodellen über das Informationskriterium AICc (Burnham & Anderson, 2004) gegen das 3-dimensionale Modell durch. Tabelle 1 zeigt den direkten Modellvergleich, bei dem der 1-dimensionale, d. h. nicht weiter differenzierte Fall als Basis dient und bei dem 7 Dimensionen aufgrund des deutlich größeren AICc ausgeschlossen wurden.

Tab.1: Relative Modellvergleiche zwischen den verschiedenen Strukturmodellen inkl. Hintergrundmodell und Skalierung mit Within-Item-Dimensionalität.
***: p < .01, ***: p < .001.*

Modell	logLik (df)	AICc	LR-Test
1-Dim	-4394.16 (390)	9113	--
3-Dim	-4341.17 (324)	9283	$\Delta\chi2(66) = 105.9$**
4-Dim	-4304.89 (291)	9390	$\Delta\chi2(99) = 183.4$***
7-Dim	-4100.31 (162)	10437	$\Delta\chi2(228) = 587.7$***

Interpretation und Ausblick

Die theoretische Strukturierung der Modellkomponenten in den Aufgaben musste in Folge der statistischen Modellvergleiche nicht zurückgewiesen werden. Sie können somit als Ausgangspunkt für Anschlussuntersuchungen eingesetzt werden, indem sie bspw. im Sinne metakognitiver Prompts (Andersen & Garcia-Mila, 2017) in Interventionsdesigns auf Lernwirksamkeit für die Nutzung von Modellen im Chemieunterricht geprüft werden.

Literaturverzeichnis

Aduriz-Bravo, A. (2019). Semantic Views on Models: An Appraisal for Science Education. In A. Upmeier zu Belzen, D. Krüger, & J. van Driel (Eds.), *Towards a Competence-Based View on Models and Modeling in Science Education* (Vol. 12, pp. 21–37). Cham: Springer International Publishing.

Andersen, C., & Garcia-Mila, M. (2017). Scientific Reasoning During Inquiry: Teaching for Metacognition. In K. S. Taber & B. Akpan (Eds.), *New directions in mathematics and science education. Science education. An international course companion* (pp. 105–117). Rotterdam: Sense publishers.

Bodner, G. M., & Briggs, M. W. (2005). A Model of Molecular Visualization. In J. K. Gilbert (Ed.), *Visualization in science education* (pp. 61–72). Dordrecht: Springer.

Bonifay, W. E., Reise, S. P., Scheines, R., & Meijer, R. R. (2015). When Are Multidimensional Data Unidimensional Enough for Structural Equation Modeling?: An Evaluation of the DETECT Multidimensionality Index. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, *22*(4), pp. 504–516.

Burnham, K. P., & Anderson, D. R. (2004). Multimodel Inference: Understanding AIC and BIC in Model Selection. *Sociological Methods & Research*, *33*(2), pp. 261–304.

Frey, A., Hartig, J., & Rupp, A. A. (2009). An NCME Instructional Module on Booklet Designs in Large-Scale Assessments of Student Achievement: Theory and Practice. *Educational Measurement: Issues and Practice*, *28*(3), pp. 39–53.

Hartig, J., & Höhler, J. (2010). Projekt MIRT: Modellierung von Kompetenzen mit mehrdimensionalen IRT-Modellen. In E. Klieme, D. Leutner, & M. Kenk (Eds.), *Kompetenzmodellierung. Zwischenbilanz des DFG-Schwerpunktprogramms und Perspektiven des Forschungsansatzes. Beiheft d. ZfP(56)* (pp. 189–198). Weinheim, Basel: Beltz.

Jong, O. de, & Taber, K. S. (2014). The Many Faces of High School Chemistry. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of Research on Science Education. Volume II* (pp. 457–480). Mahwah, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates.

Krell, M., & Krüger, D. (2015). Testing Models: A Key Aspect to Promote Teaching Activities Related to Models and Modelling in Biology Lessons? *Journal of Biological Education*, pp. 1–14.

Krell, M., Reinisch, B., & Krüger, D. (2015). Analyzing Students' Understanding of Models and Modeling Referring to the Disciplines Biology, Chemistry, and Physics. *Research in Science Education*, *45*(3), pp. 367–393.

Krüger, D., Kauertz, A., & Upmeier zu Belzen, A. (2018). Modelle und das Modellierung in den Naturwissenschaften. In D. Krüger, I. Parchmann, & H. Schecker (Eds.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (pp. 141–157). Berlin, Heidelberg: Springer.

Landesinstitut für Schule und Medien Berlin-Brandenburg (LISUM). (2016). *Rahmenlehrplan Online: Teil C, Chemie, Jahrgangsstufen 7-10*. Retrieved from http://bildungsserver.berlin-brandenburg.de/rlp-online/startseite/

Leisner-Bodenthin, A. (2006). Zur Entwicklung von Modellkompetenz im Physikunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *12*, pp. 91–109.

Lesh, R. A., Doerr, H. M., Carmona, G., & Hjalmarson, M. (2003). Beyond Constructivism. *Mathematical Thinking and Learning*, *5*(2-3), pp. 211–233.

Mittelstraß, J. (2005). Anmerkungen zum Modellbegriff. In Präsident der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften (Ed.), *Debatte: Vol. 2. Modelle des Denkens. Streitgespräch in der Wissenschaftlichen Sitzung der Versammlung der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften am 12. Dezember 2003* (pp. 65–67).

Nehring, A., Stiller, J., Nowak, K. H., Upmeier zu Belzen, A., & Tiemann, R. (2016). Naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen im Chemieunterricht: Eine modellbasierte Videostudie zu Lerngelegenheiten für den Kompetenzbereich der Erkenntnisgewinnung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*. (22), pp. 77–96.

Niaz, M. (2016). Understanding Atomic Models in Chemistry: Why Do Models Change? In M. Niaz (Ed.), *Science: Philosophy, History and Education. Chemistry Education and Contributions from History and Philosophy of Science* (pp. 91–123). Heidelberg, New York, Dordrecht, London: Springer International Publishing.

Nicolaou, C. T., & Constantinou, C. P. (2014). Assessment of the modeling competence: A systematic review and synthesis of empirical research. *Educational Research Review*, *13*, pp. 52–73.

Rost, M., & Tiemann, R. (2017). Modelle als Mittel der Erkenntnisgewinnung im Chemieunterricht: Ein systematischer Überblick ausgewählter empirischer Studien. In J. Stiller & C. Laschke (Eds.), *Berlin-Brandenburger Beiträge zur Bildungsforschung. Herausforderungen, Befunde und Perspektiven interdisziplinärer Bildungsforschung* (pp. 283–303). Frankfurt am Main: Peter Lang.

Sachsse, H. (1969). Philosophie fuer Chemiker? *Chemie in unserer Zeit*, *3*(2), pp. 33–39.

Sumfleth, E., & Nakoinz, S. (2019). Chemie verstehen – beobachtbare makroskopische Phänomene auf submikroskopischer Ebene modellbasiert interpretieren. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *25*(1), pp. 231–243.

Terzer, E. (2012). *Modellkompetenz im Kontext Biologieunterricht. Empirische Beschreibung von Modellkompetenz mithilfe von Multiple-Choice Items* (Dissertation). Humboldt-Universität zu Berlin, Berlin.

Upmeier zu Belzen, A., & Krüger, D. (2010). Modellkompetenz im Biologieunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *16*, pp. 41–57.

Wu, M., Tam, H. P., & Jen, T.-H. (2016). *Educational Measurement for Applied Researchers: Theory into Practice*. Singapore: Springer Singapore.

Leonie Lieber[1]
Nicole Graulich[1]

[1]Justus-Liebig-Universität Gießen

Denken in Alternativen – Ein Aufgabendesign für Lernende in der Organischen Chemie

Einleitung und theoretische Perspektive

Problemlösestrategien adaptiv zu nutzen ist eine zentrale Fähigkeit, die Experten in ihren Fachgebieten charakterisiert. Novizen hingegen neigen eher dazu immer wiederkehrende Strategien zu nutzen ohne abzuwägen, ob die Strategie überhaupt passend für die Lösung des gegebenen Problems ist (Cartrette & Bodner, 2010). Um in der Organischen Chemie Entscheidungen über Reaktionsverläufe treffen zu können, sind Problemlösestrategien unabdingbar. In Studien ist jedoch aufgefallen, dass Studierende ihre Entscheidungen häufig nur auf der Grundlage einzelner Variablen, meist aufgrund von Oberflächenmerkmalen, treffen (Talanquer, 2006; Anzovino & Bretz, 2015, Talanquer, 2017). Die Schwierigkeit dabei ist, dass diese expliziten Merkmale nicht notwendigerweise relevant sind, um einen Mechanismus nachvollziehen zu können. Nach Evans (2003) lassen sich Entscheidungsprozesse, wie zum Beispiel beim Bearbeiten von Aufgaben in zwei Typen, Typ 1 und Typ 2 Denken, einteilen. Typ 1 Denken ist dadurch charakterisiert, dass Entscheidungen schnell und intuitiv getroffen werden. Als Teil dieser Kategorie werden auch Heuristiken verstanden, die sehr nützlich sein können, allerdings keine absoluten Erfolge bei Entscheidungen garantieren. Heuristiken sind dabei für systematische Fehler mitverantwortlich, die beim Abschätzen und Entscheiden auftauchen, insbesondere wenn implizite Merkmale involviert sind (Graulich, 2015). Für einfache Mechanismen sind Heuristiken damit zwar nützlich, je komplexer ein Mechanismus aber wird, desto hinderlich können Heuristiken auch sein. Typ 2 Denken hingegen wird durch abstraktes und analytisches Denken charakterisiert, was jedoch auch eine zeitintensivere Beschäftigung mit den Inhalten bedeutet. In der Organischen Chemie ist dies jedoch wichtig, weil Eigenschaften und Reaktionszentren abgewogen werden müssen. Um Studierende jetzt zu einem analytischeren Denken in Form von Typ 2 Denken zu bringen, kann die Erzeugung eines kognitiven Konflikts hilfreich sein. Bei einem kognitiven Konflikt werden dabei Merkmale erkannt, die vorher entweder als irrelevant wahrgenommen wurden oder erst gar nicht bemerkt wurden (Festinger, 1957). Der kognitive Konflikt entsteht dabei dann, wenn man einen Konflikt zwischen dem eigenen Wissen und Beobachtungen bemerkt (Linenberger & Bretz, 2012). Dieser Konflikt kann in der Regel dazu führen, dass Studierende ihre Entscheidung entweder verteidigen oder revidieren und über ihre möglicherweise fehlerhaften Ansätze nachdenken (Festinger, 1957).

Aufgabendesign

Das Forschungsinstrument hat das Ziel Studierende zu einem analytischeren Denken in Form von Typ 2 Denken zu animieren, indem ein kognitiver Konflikt erzeugt werden soll. Die erste Aufgabe ist eine typische und bekannte Reaktion, die normalerweise bereits in den Anfangsvorlesungen diskutiert wird. Diese Aufgabe kann das Nutzen von intuitiven Heuristiken provozieren, weil ein Studierender sehr einfach die expliziten Charakteristika einer S_N2 Reaktion erkennen kann. Ein Beispiel dafür ist zum Beispiel die gute Abgangsgruppe Chlorid und das Hydroxidion als gutes Nukleophil. Diese Aufgabe ist

absichtlich sehr einfach designt, um einen Erfolg durch Auswendiglernen zu garantieren. Die zweite Aufgabe erscheint auf den ersten Blick so einfach wie Aufgabe 1, weil sie sich nur in einem Oberflächenmerkmal von der ersten Reaktion unterscheidet, der Hydroxygruppe auf der linken Seite des Moleküls. Dabei ist die zweite Aufgabe so designt, dass sie das Nutzen derselben Problemlösestrategie provoziert, die bereits in Aufgabe 1 verwendet wurde. Bei dieser Aufgabe ist die Variante der S_N2 Reaktion jedoch nicht zielführend. In der dritten Aufgabe bekommen die Studierende bis zu fünf Produktkarten, die alternative Produkte für die Reaktion aus Aufgabe 2 darstellen. Dies ist der wichtige Schritt, der dazu führen kann, dass intuitive Lösungsansätze vernachlässigt und analytisches Denken aktiviert wird, weil Studierende hier einen Perspektivwechsel vollziehen und dadurch einen kognitiven Konflikt im Denken der Studierenden entstehen kann. Dabei wird ein analytischeres Denken initiiert, da die Studierenden chemische Konzepte abwägen müssen, um eine Entscheidung zu treffen.

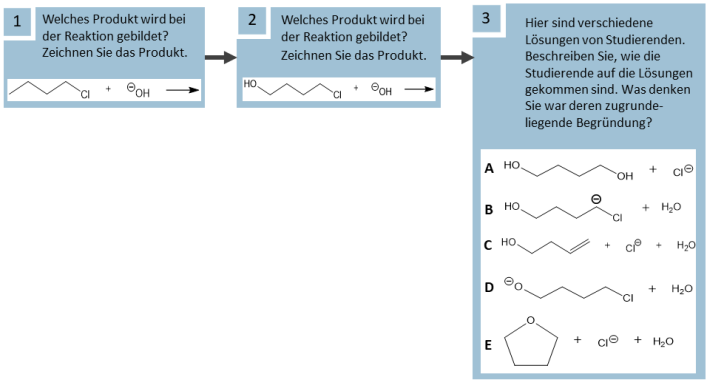


Abb. 1 Darstellung des Aufgabendesigns, das die Probanden in den Interviews bearbeitet haben. Adaptiert nach Lieber und Graulich (2020).

Methoden

Es wurde eine qualitative Studie in Einzelinterviews mithilfe eines halbstrukturierten Protokolls durchgeführt. Dabei wurden 29 Teilnehmende auf freiwilliger Basis zu Beginn des Moduls „Organische Chemie 3“ rekrutiert. Zur Analyse wurde mithilfe einer Likertskala ausgewertet wie die Studierenden die Schwierigkeit der einzelnen Teilaufgaben, direkt nach der Bearbeitung der Teilaufgaben, eingeschätzt haben. Diese Einschätzung der subjektiven Schwierigkeit wurden dann mit den Lösungen verglichen, die die Studierenden bei den Teilaufgaben gegeben haben. Danach wurden die Antworten der Studierenden in Bezug zum Aufgabendesign in vier Codekategorien unterteilt. Dabei ging es um die ‚Erfahrung‘, die die Studierenden mit den Aufgaben gemacht haben, die ‚Strategien‘, die sie verwendet haben, die ‚Umsetzung‘ beschreibt Aspekte, die sie benötigen, um solche Aufgaben auch ohne eine Interviewumgebung durchführen zu können und die ‚typischen Aufgabenformate‘ beschreibt die Ausgangslage der Studierenden in Bezug auf die Aufgabenformate.

Ergebnisse

Die Studierenden haben wie erhofft die erste Teilaufgabe des Forschungsinstruments als leicht eingestuft, was an einem Mittelwert von 1,4 zu erkennen ist. Auch die zweite Aufgabe, die die Studierenden dazu bringen sollte das erkannte Muster aus Aufgabe 1 zu übertragen wurde als eher leicht eingestuft. Bei Aufgabe 1 haben 23 von 29 Studierenden das Diol, also Produkt A gebildet haben. Die korrekten Produkte D und E wurden keinmal bzw. dreimal bei Aufgabe 2

genannt wurden. In Aufgabe 3 mussten die Studierenden dann über die Alternativprodukte nachdenken und sich im Anschluss daran entscheiden, ob sie bei ihrem Produkt aus Aufgabe 2 bleiben oder sich umentscheiden. Im Nachhinein haben nur noch 11 Studierende Produkt A wählen, das korrekte Produkt E aber 16-mal genannt wird. Zum zweiten Teil der Analyse wurden die Antworten der Studierenden anhand von vier Kategorien sortiert. Exemplarisch für die Kategorie ‚Erfahrung' hat ein Studierende erwähnt, dass es von Vorteil ist, wenn man sich erst einmal Möglichkeiten überlegen muss, da man dementsprechend viel mehr über die im Hintergrund ablaufenden chemischen Prozesse nachdenkt. Dieser Gedankengang orientiert sich am vorher vorgestellten Konzept des Typ 2 Denken und geht weg von einer reinen Mustererkennung. Alle weiteren 28 Probanden erwähnten ebenfalls, dass sie bei Aufgabe 3 deutlich mehr über chemische Konzepte nachdachten als in den ersten beiden Teilaufgaben.

Fazit und Ausblick

Die Studierenden haben sich durchweg sehr positiv in Bezug auf das Aufgabendesign und die Umsetzung geäußert. Außerdem haben mehr als die Hälfte der Probanden beschrieben, dass sie in Aufgabe 1 und 2 noch nicht über chemische Konzepte nachgedacht haben, sondern häufig einfach aus der Erinnerung repliziert haben. Alle 29 Probanden haben aber betont, dass sie durch den Perspektivwechsel und das Auseinandersetzen mit den Produktkarten mehr über chemische Konzepte nachgedacht haben (Lieber & Graulich, 2020). Im nächsten Schritt sollen die Argumentationsstrukturen der Studierenden bei der Beurteilung der Plausibilität der gegebenen Produktkarten im Detail weiter analysiert werden, um mögliche Förderansätze abzuleiten. Basierend auf diesen Ergebnissen soll eine Instruktion gestaltet werden, um den Studierenden das Bilden von Argumentationsstrukturen zu erleichtern.

Literatur

Anzovino, M. E.; Bretz, S. L. (2015). Organic chemistry students' ideas about nucleophiles and electrophiles: the role of charges and mechanisms. Chemistry Education Research and Practice, 16 (4), 797−810.

Cartrette, D. P.; Bodner, G. M. (2010). Non-mathematical problem solving in organic chemistry. Journal of Research in Science Teaching 47 (6), 643−660.

Evans, J. S. B. (2003). In two minds: dual-process accounts of reasoning. Trends in Cognitive Sciences, 7 (10), 454−459.

Festinger, L. (1957). A Theory of Cognitive Dissonance. Stanford University Press, Vol. 2.

Graulich, N. (2015). Intuitive judgments govern students' answering patterns in multiple-choice exercises in organic chemistry. Journal of Chemical Education, 92 (2), 205−211.

Lieber, L.; Graulich, N. (2020). Thinking in Alternatives – A Task Design for Challenging Students' Problem-Solving Approaches in Organic Chemistry. Journal of Chemical Education, DOI: 10.1021/acs.jchemed.0c00248

Linenberger, K. J.; Bretz, S. L. (2012). Generating cognitive dissonance in student interviews through multiple representations. Chemistry Education Research and Practice, 13 (3), 172−178.

Talanquer, V. (2006). Commonsense chemistry: A model for understanding students' alternative conceptions. Journal of Chemical Education, 83 (5), 811−816.

Talanquer, V. (2017). Concept Inventories: Predicting the Wrong Answer May Boost Performance. Journal of Chemical Education, 94 (12), 1805−1810.

Ines Komor[1]
Helena van Vorst[1]
Elke Sumfleth[1]
Julian Roelle[2]
Eckart Hassenbrink[1]

[1]Universität Duisburg-Essen
[2]Ruhr-Universität Bochum

Förderung des symbolisch-mathematischen Modellverständnisses

Theoretischer Hintergrund

Naturwissenschaften, wie beispielsweise die Chemie, sind eng mit der Mathematik verknüpft: Zum Verständnis und zur Lösung naturwissenschaftlicher Problemstellungen sind mathematische Begriffe sowie mathematische Denk- und Arbeitsweisen von großer Bedeutung (Höner, 1996). Weiterhin spielen die Entwicklung neuer und die Nutzung bereits bekannter Modelle eine wichtige Rolle (Harrison & Treagust, 2000). Insbesondere für die Physikalische Chemie ist dabei die Verwendung von symbolisch-mathematischen Modellen wie Gleichungssystemen und die Nutzung komplexer mathematischer Operationen wie Integral- und Differentialrechnung kennzeichnend (z.B. Atkins & de Paula, 2010; Dickmann, Opfermann, Dammann, Lang & Rumann, 2019). Der Prozess des mathematischen Modellierens ist somit in der Physikalischen Chemie von großer Relevanz. Zur Beschreibung dieses Prozesses und seiner einzelnen Teilschritte kann ein Kreislaufmodell (adaptiert nach Goldhausen, 2015) verwendet werden (siehe Abb. 1).

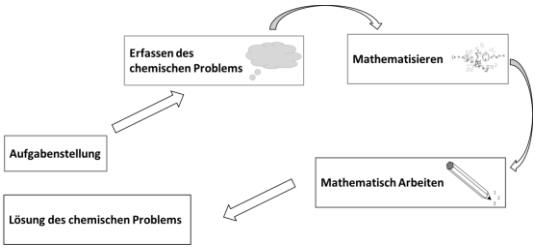


Abb. 1: Prozess der mathematischen Modellierung in der Chemie (adaptiert nach Goldhausen, 2015).

Der Prozess des mathematischen Modellierens beginnt mit der Betrachtung des zugrundeliegenden Problems, welches in Lehr-Lernsituationen häufig in Form einer *Aufgabenstellung* dargeboten wird. Diese Problemstellung muss zunächst möglichst vollständig verstanden werden (*Erfassen des chemischen Problems*). Im darauffolgenden Schritt des *Mathematisierens* werden die betrachteten chemischen Zusammenhänge in eine mathematische Gleichung, also in ein mathematisches Modell, übersetzt. Danach werden im Schritt des *Mathematischen Arbeitens* beispielsweise Gleichungen zusammengeführt, eine Gleichung umgeformt und Werte berechnet. Abschließend muss das so erhaltene mathematische Ergebnis zurück auf die zugrundeliegende chemische Problemstellung bezogen werden. Insgesamt handelt es sich hier um eine idealtypische Darstellung des Modellierungsprozesses, der in der Realität durch einen Wechsel zwischen den Schritten geprägt ist (Borromeo Ferri, Leiß & Blum, 2006). Die zum erfolgreichen Durchlaufen des Modellierungsprozesses benötigten Fähigkeiten werden in diesem Projekt zusammenfassend als *symbolisch-mathematisches Modellverständnis* definiert. Dazu zählt neben den eben

beschriebenen Fähigkeiten zusätzlich auch das Metawissen über den Modellierungsprozess als Strategiewissen zur strukturierten Herangehensweise an Modellierungsaufgaben.
Sowohl im Chemieunterricht in der Schule als auch in der Allgemeinen Chemie an der Hochschule haben Lernende beim Durchlaufen des mathematischen Modellierungskreislaufs Schwierigkeiten (Goldhausen, 2015; Kimpel, 2017). Die Verwendung komplexerer mathematischer Operationen legt nahe, dass sich diese Schwierigkeiten in der Physikalischen Chemie noch verstärken. Eine erste Untersuchung der schwierigkeitserzeugenden Modellierungsschritte in der Physikalischen Chemie im Rahmen einer qualitativen Interviewvorstudie konnte zeigen, dass insbesondere der Schritt der Mathematisierung Schwierigkeiten hervorruft und die Studierenden große Defizite in Bezug auf die benötigten mathematischen Fähigkeiten haben (Komor, van Vorst & Sumfleth, 2018). Vor diesem Hintergrund folgt die Förderung des symbolisch-mathematischen Modellverständnisses mithilfe eines beispielbasierten Trainings als zentrales Ziel dieser Studie. Die Verwendung von Lösungsbeispielen bietet sich an dieser Stelle an, da sie sich diese gerade für Lernende in frühen Lernphasen als lernförderlich erwiesen haben (Renkl, 2014). Die Evaluation der Effektivität des Trainings erfolgt mit Hilfe eines im Rahmen der Studie entwickelten Diagnoseinstruments zur Messung des symbolisch-mathematischen Modellverständnisses.

Forschungsfrage
Mit Blick auf die Untersuchung der Effektivität des beispielbasierten Lernmaterials zur Förderung des symbolisch-mathematischen Modellverständnisses ergibt sich damit die folgende Forschungsfrage:

FF1 Führt das Training zur Förderung des symbolisch-mathematischen Modellverständnisses zu einem Zuwachs des symbolisch-mathematischen Modellverständnisses?

Studiendesign
Dieses Projekt ist Teil einer übergreifenden Studie zur Förderung des Modellverständnisses in Chemiestudiengängen. Die Effektivität des Trainings wurde im Rahmen einer Interventionsstudie im Switching-Replications-Design untersucht. Als Stichprobe (N = 60) dienten die Studierenden im 2. Fachsemester der Bachelorstudiengänge Chemie und Water Science an der Universität Duisburg-Essen im Sommersemester 2020. Die Zuordnung der Studierenden zu der jeweiligen Bedingung erfolgte randomisiert (siehe Tab. 1).

Tab. 1: Studiendesign.

Zeitraum	Interventionsgruppe I	Interventionsgruppe II
1. Woche	Prä-Test	
2. bis 6. Woche (je 90 min)	Training zum symbolisch-mathematischen MV	Training zum ikonischen MV
7. Woche	Posttest I	
8. bis 12. Woche (je 90 min)	Training zum ikonischen MV	Training zum symbolisch-mathematischen MV
13. Woche	Posttest II	

Interventionsgruppe II bearbeitete zunächst ein Training zum ikonischen Modellverständnis, das in einem weiteren Dissertationsprojekt entwickelt wurde und hier nicht näher betrachtet werden soll (siehe dazu Bille et al. in diesem Band). Diese Gruppe dient im Rahmen der Datenauswertung dieses Beitrags in der ersten Semesterhälfte als Wartekontrollgruppe. Interventionsgruppe I erhielt zunächst das Training zum symbolisch-mathematischen Modellverständnis. In einem zweiten Durchgang wurden die Bedingungen der beiden Interventionsgruppen getauscht, sodass auch von Interventionsgruppe II das Training zum

symbolisch-mathematischen Modellverständnis bearbeitet wurde. So wurde die Möglichkeit geschaffen, mögliche Effekte des Bearbeitungszeitpunkts im Semester aufzudecken und unter Berücksichtigung bestimmter Parameter auch den Trainingseffekt zu replizieren. Das beispielbasierte Training umfasst fünf Einheiten mit einer geschätzten Bearbeitungsdauer von circa 90 Minuten. Eine Trainingseinheit besteht jeweils aus drei Lösungsbeispielen einander ähnelnder, typischer Aufgabenstellungen aus der Physikalischen Chemie mit Expertenlösungen zu den einzelnen Lösungsschritten und dazu passenden Selbsterklärungsprompts, deren Komplexität im Verlauf des Trainings zunimmt. Der Anteil der vorgegebenen Expertenlösungen nimmt dagegen ab, um so das eigenständige Bearbeiten der Aufgaben zu fördern. Das entwickelte Diagnoseinstrument zur Messung des symbolisch-mathematischen Modellverständnisses besteht aus 50 Multiple-Choice-Single-Select-Items.

Ergebnisse und Diskussion

Die Reliabilität des entwickelten Diagnoseinstruments zum symbolisch-mathematischen Modellverständnis (SMMV; 47 Items) und des adaptierten Fachwissenstestes zur Physikalischen Chemie (PCFW; 41 Items; Averbeck, 2020) sind zufriedenstellend (siehe Tab. 2). Drei der 50 Items des Modellverständnistests wurden zur Verbesserung der Reliabilität ausgeschlossen.

Tab. 2: Reliabilität der eingesetzten Testinstrumente.

	Prätest		Posttest I		Posttest II	
	N	Cronbachs α	N	Cronbachs α	N	Cronbachs α
SMMV	53	.659	55	.855	49	.802
PCFW	55	.802	53	.836	50	.831

Die Interventionsgruppen I und II unterschieden sich vor der Intervention weder hinsichtlich des symbolisch-mathematischen Modellverständnisses noch in Bezug auf das Fachwissen in der Physikalischen Chemie (SMMV: $t(52) = 1.91$, $p = .062$; PCFW: $t(52) = 1.47$, $p = .147$). Im Hinblick auf das PC-Fachwissen liegt keine statistisch signifikante Interaktion zwischen den drei Messzeitpunkten und den Gruppen vor ($F(2, 104)=1.26$, $p = .289$, $\eta^2 = .024$). Zudem lernen die Studierenden während der jeweiligen Intervention hier nicht signifikant dazu (IG I $_{\text{Prä - Post I}}$: $t(26) = -1.54$, $p = .135$; IG II $_{\text{Post I - Post II}}$: $t(26) = 0.19$, $p = .854$). Dies ist erwartungskonform, da in dem eingesetzten Training in erster Linie das Lösen typischer Aufgaben aus der Physikalischen Chemie unter Berücksichtigung einzelner Fachinhalte und kein breites Fachwissen trainiert wird. Demgegenüber verbessern die Probandeninnen und Probanden der Interventionsgruppen während der jeweiligen Intervention ihr symbolisch-mathematisches Modellverständnis höchstsignifikant (IG I $_{\text{Prä - Post I}}$: $t(26) = -11.16$, $p < .001$; IG II $_{\text{Post I - Post II}}$: $t(26) = -7.25$, $p < .001$). Die Testwerte unmittelbar nach Bearbeitung der Trainings unterscheiden sich in den beiden Gruppen nicht ($t(52) = 0.62$, $p = .540$). Folglich ist der Trainingseffekt unabhängig vom Einsatzzeitpunkt im Semester. Lernzuwächse in der jeweils anderen Semesterhälfte können vermutlich auf den Lernfortschritt im Verlauf der Vorlesung und der Übung zurückgeführt werden.

Insgesamt ist das entwickelte Training somit geeignet, um das symbolisch-mathematische Modellverständnis zu fördern. Um zusätzlich einen Fachwissenszuwachs erzeugen zu können, müsste das Training um weitere fachinhaltliche Einheiten ergänzt werden.

Literatur

Atkins, P. W. & de Paula, J. (2010). *Physikalische Chemie* (5., vollständig überarbeitete Auflage). Weinheim [u.a.]: Wiley-VCH.

Averbeck, D. (2020). *Zum Studienerfolg in der Studieneingangsphase des Chemiestudiums – Der Einfluss kognitiver und affektiv-motivationaler Variablen*. Berlin: Logos Verlag.

Borromeo Ferri, R., Leiß, D., & Blum, W. (2006). Der Modellierungskreislauf unter kognitionspsychologischer Perspektive. *Beiträge zum Mathematikunterricht 2006, Vorträge auf der 40. Tagung für Didaktik der Mathematik*. Hildesheim und Berlin: Franzbecker, 53-55.

Dickmann, T. Opfermann, M., Dammann, E., Lang, M. & Rumann, S. (2019). What you see is what you learn? The role of visualmodel comprehension for academic successin chemistry. *Chemistry Education Research and Practice, Advanced Article*. doi: 10.1039/c9rp00016j

Goldhausen, I. (2015). *Mathematische Modelle im Chemieunterricht*. Berlin: uni-edition.

Harrison, A. G. & Treagust, D. F. (2000). A typology of school science models. *International Journal of Science Education*, 22 (9), 1011–1026.

Höner, K. (1996). Mathematisierungen im Chemieunterricht – ein Motivationshemmnis?. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 2(2), 51 -70.

Kimpel, L. (2017). *Aufgaben in der Allgemeinen Chemie – zum Zusammenspiel von chemischem Verständnis und Rechenfähigkeit*. Logos: Berlin.

Komor, I., van Vorst, H. & Sumfleth, E. (2018). Mathematisches Modellieren in der Physikalischen Chemie. In C. Maurer (Hrsg.), *Qualitätsvoller Chemie - und Physikunterricht - normative und empirische Dimensionen* (S. 803-806). Regensburg: Universität Regensburg.

Renkl, A. (2014). Toward an instructionally oriented theory of example-based learning. *Cognitive Science*, 38, 1–37. doi:10.1111/cogs.12086

Wir danken der Deutschen Forschungsgemeinschaft und der Evonik Industries AG herzlich für die finanzielle Unterstützung dieses Forschungsprojekts.

Christina Lüders[1]
Ahmad Asali[1]
Sebastian Staacks[1]
Heidrun Heinke[1]

[1]RWTH Aachen University

Unterstützung für Studierende in einem digitalen Semester

Ausgangssituation

Durch den stetig wachsenden Mangel an MINT-Lehrkräften ist es nötig Maßnahmen zu ergreifen, die langfristig die Zahl der AbsolventInnen im MINT-Lehramtsstudium erhöhen. Besonders in den ersten Semestern des Studiums führen niedrige Bestehensquoten in Fachveranstaltungen oft direkt oder indirekt zu hohen Abbruchquoten. In den naturwissenschaftlichen Fächern liegt die Studienabbruchquote bei 43% (Heublein, 2020). Etablierte Modelle beschreiben eine Vielzahl von Bedingungen für den Studienerfolg. Das allgemeine theoretische Modell des Studienerfolgs nach Thiel (Thiel, 2008) geht davon aus, dass die Studierenden schon mit unterschiedlichen Eingangsvoraussetzungen wie dem Bildungsgrad der Eltern an die Hochschulen kommen. Im Studium beeinflussen besonders die Studienbedingungen und die Kontextbedingungen das Studier-und Lernverhalten der Studierenden. Das Studier- und Lernverhalten hat direkten Einfluss auf den Studienerfolg. An Hochschulen kann der Studienerfolg somit primär durch die Studienbedingungen beeinflusst werden. Dies betrifft z.B. den Aufbau und die inhaltliche Ausgestaltung des Studiums, die Lehrqualität oder die Betreuung und Unterstützung von Studierenden (Thiel, 2008).

Die Studieneingangsphase an der RWTH Aachen

An der RWTH Aachen unterscheidet sich die Studieneingangsphase in den ersten beiden Semestern für die Bachelorstudiengänge Physik und Lehramt Physik, wie in Abbildung 1 dargestellt ist. Die Veranstaltungen Experimentalphysik 1 und Experimentalphysik 2 besuchen beide Studiengänge gemeinsam. Eine Einführung in die theoretische Physik erhalten die Bachelor-Studierenden der Physik im ersten Semester und die des Lehramts Physik im zweiten Semester. Seit einer Umstellung der Studieneingangsphase für den lehramtsbezogenen Bachelorstudiengang Physik im WS 2019/20 absolvieren die Studierenden im ersten Semester den ersten Teil eines dreiteiligen adressatenspezifischen Grundpraktikums, welches nach dem Prinzip des Scaffoldings aufgebaut ist (Wood, 1976). Hierbei werden den Studierenden während des Semesters gestufte Hilfen gegeben und die Komplexität der Anforderungen an die Studierenden wird schrittweise erhöht. Das Konzept stößt bei den Studierenden und bei den Betreuenden auf breite Zustimmung (Joußen, 2019). Außerdem besuchen die Studierenden eine mathematische Übung, welche die mathematischen Methoden zur Vorlesung Experimentalphysik 1 vermitteln soll.

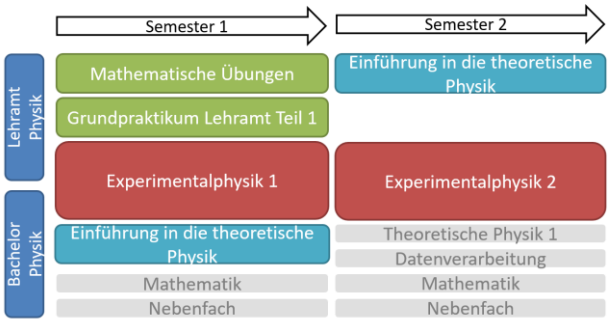


Abb. 1: Darstellung der Lehrveranstaltungen des ersten Studienjahres der Bachelorstudiengänge Physik und Lehramt Physik an der RWTH Aachen. Die Lehrveranstaltungen Experimentalphysik 1 und 2 belegen beide Studiengänge.

Fragebogen zur Studieneingangsphase

Um Studierenden in den ersten Semestern gezielte Unterstützungsmöglichkeiten anbieten zu können ist es hilfreich, die Eingangsvoraussetzungen der Studierenden möglichst genau zu kennen. Hierzu wurde auf Grundlage etablierter Instrumente von Thiel (Thiel, 2008) und Freyer (Freyer, 2013) ein Fragebogen entworfen, welcher neben persönlichen Angaben Skalen zu Studienwahlmotiven, zur Selbsteinschätzung, zum Fachinteresse, zu Studienvorstellungen, zum Studier- und Lernverhalten sowie eine Gesamteinschätzung des Studiums enthält. Außerdem erhalten die Studierenden durch Freitextantworten die Möglichkeit Feedback zu ihrem Studier- und Lernverhalten zu geben sowie Unterstützungsmöglichkeiten zu benennen, die sie sich wünschen.

Der Fragebogen wurde am Ende des WS 2019/20 in der Veranstaltung Experimentalphysik 1 sowie im SS 2020 in der Veranstaltung Experimentalphysik 2 eingesetzt. In den Abiturergebnissen, welche ein Prädiktor für den Studienerfolg sind, zeigt sich, dass die Studierenden im lehramtsbezogenen Bachelorstudiengang Physik der RWTH Aachen mit signifikant schlechteren Eingangsvoraussetzungen an die Hochschule kommen als Bachelor-Studierende der Physik. Dies ist in Abbildung 1 illustriert. Trotz der verschiedenen Eingangsvoraussetzungen unterscheiden sich die Selbsteinschätzungen und Vorstellungen der Studierenden kaum voneinander (Lüders, 2020).

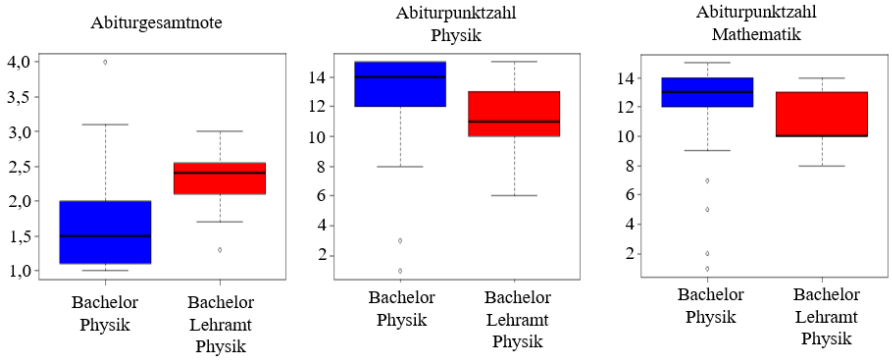


Abb. 2: Darstellung der Abiturgesamtnote sowie der Abiturpunktzahlen in Physik und Mathematik für Bachelor-Studierende der Physik (blau) und des Lehramts Physik (rot).

Unterstützungsmöglichkeiten für Lehramtsstudierende in der Studieneingangsphase

Durch Freitextantworten im vorgestellten Fragebogen hatten die Studierenden die Möglichkeit ihr eigenes Studier- und Lernverhalten zu reflektieren sowie gewünschte Unterstützungsmöglichkeiten zu nennen. Von insgesamt 12 Studierenden wurden folgende Unterstützungsmöglichkeiten aufgeführt:

- weitere Übungsaufgaben
- Globalübungen
- Mentoren
- Seminare zum Lernen Planen.

Im SS 2020 wurde in einer ersten Pilotphase neben Online-Selbsteinschätzungstools in der Experimentalphysik 2 (Asali, 2020) ein Tutorium für Studierende im lehramtsbezogenen Bachelor Physik angeboten. Den Studierenden des Bachelor Physik stand dieses Tutorium auch offen. Aufgrund der Covid-19 Pandemie wurde dieses Tutorium wöchentlich über die Videokonferenzsoftware Zoom angeboten. Das Hauptziel des Tutoriums war der fachliche Austausch zu Themen der Experimentalphysik. Zusätzlich sollte die Vernetzung zwischen den Studierenden gefördert werden. Im Tutorium wurden Fragen zur Vorlesung diskutiert und aufbauend auf diese Fragen konnten gezielt weitere Übungsaufgaben besprochen werden. Durch das gemeinsame Lösen von alten Klausuraufgaben und Tipps zu Arbeitsweisen sowie zum Zeitmanagement im Physikstudium wurden die Studierenden auf die Klausur vorbereitet. Tabelle 1 gibt einen Überblick über mögliche Korrelationen zwischen dem Nutzungsverhalten der Studierenden bezüglich des Tutoriums und dem Klausurerfolg. Dies kann so gedeutet werden, dass möglicherweise vor allem besonders ambitionierte oder motivierte Studierende das Angebot des Tutoriums nutzen. Inwiefern diese Interpretation korrekt ist und welche Möglichkeiten es gibt, weitere Studierende für die Teilnahme am Tutorium zu gewinnen, ist Gegenstand von geplanten Interviews.

Tab. 1: Überblick über das Bestehen der Klausur zur Veranstaltung Experimentalphysik 2 für Bachelor-Studierende des Lehramts Physik (N=19) bei verschiedener Nutzung des Tutoriums.

	Drei oder mehr Teilnahmen am Tutorium	Weniger als drei Teilnahmen am Tutorium
Klausur bestanden	6	3
Klausur nicht bestanden	2	8

Fazit und Ausblick

Die Ergebnisse einer Fragebogenstudie und der Pilotphase eines zusätzlichen Tutoriums für Studierende im lehramtsbezogenen Bachelorstudiengang Physik zeigen, dass gezielte Unterstützungsmöglichkeiten in der Studieneingangsphase von den Studierenden gewünscht werden und auch angenommen werden. Für Lehramtsstudierende sind diese Unterstützungsmöglichkeiten aufgrund der signifikant schlechteren Eingangsvoraussetzungen verglichen mit anderen Studierenden, welche dieselben Lehrveranstaltungen besuchen, von besonders großer Bedeutung. Deshalb wird im WS 2020/21 ein gezielter Ausbau dieser Unterstützungsmöglichkeiten angestrebt.

Literatur

Asali, Ahmad; Stacks, Sebastian; Lüders, Christina; Heinke, Heidrun (2020): Möglichkeiten zur Online-Selbsteinschätzung im Physikstudium. In: S. Habig (Hrsg.): Naturwissenschaftlicher Unterricht und Lehrerbildung im Umbruch? Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung 2020.

Freyer, Katja: Zum Einfluss von Studieneingangsvoraussetzungen auf den Studienerfolg Erstsemesterstudierender im Fach Chemie. Berlin: Logos Verlag Berlin GmbH, 2013.

Heublein, U., Richter, J., & Schmelzer, R. (2020). Die Entwicklung der Studienabbruchquoten in Deutschland. (DZHW Brief 3|2020). Hannover: DZHW. https://doi.org/10.34878/2020.03.dzhw_brief,

Joußen, Norman; Thiel, Jasmin; Heinke, Heidrun (2019): Scaffolding im Anfängerpraktikum für Lehramtsstudierende. In: PhyDid B, Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung Aachen 2019

Lüders, Christina; Joußen, Norman; Heinke, Heidrun (2020): Unterstützungsmöglichkeiten in der Studieneingangsphase im lehramtsbezogenen Bachelorstudiengang Physik. In: Physik B, Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung Aachen 2019.

Thiel, F., Veit, S., Blüthmann, I., Lepa, S., & Ficzko, M. (2008). Ergebnisse der Befragung der Studierenden in den Bachelorstudiengängen an der Freien Universität Berlin – Sommersemester 2008. Url: https://www.fu-berlin.de/universitaet/qualitaetsmanagement/zentrale_evaluationen/bachelorbefragung/bachelorbefragung-2008.pdf (Stand 5/2020).

Wood, D.; Bruner, J. S., Ross, G. (1976): The role of tutoring in problem solving. Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines, 17, 89-100.

Bianca Paczulla[1]
Vanessa Fischer[1]
Elke Sumfleth[1]
Maik Walpuski[1]

[1]Universität Duisburg-Essen

Zur Studienabbruchintention von Bildungsaufsteigern im Chemiestudium

Ausgangslage und theoretischer Hintergrund

Um die konstant hohen Studienabbruchquoten (Heublein & Schmelzer, 2018) zu erklären, können verschiedene Modelle genutzt werden (z. B. Tinto, 1975; Thomas, 2002; Beekhoven et al., 2002). Heublein et al. (2017) bilden Studienabbruch als einen dreigliedrigen und multikausalen Prozess ab. In der Studienvorphase wird nicht nur die Herkunft, sondern auch die Bildungssozialisation berücksichtigt, die neben der Art der Hochschulzugangsberechtigung auch die fachlichen Studienvoraussetzungen umfasst und sich auf die Studienentscheidungen auswirkt. Die aktuelle Studiensituation ist ein Prozess, bei dem innere Faktoren (Studienverhalten, Studienmotivation, psychische und physische Ressourcen, Studienleistungen) mit äußeren Faktoren interagieren. Resultieren aus der Interaktion Widersprüche, die sich nicht dauerhaft auflösen, wird die Entscheidung für den Studienabbruch wahrscheinlicher. In der Studieneingangsphase besteht über alle Fächergruppen hinweg ein fast ausgeglichenes Verhältnis von Bildungsaufsteigern (47 %) und Akademikerkindern (53 %). Gleichzeitig wurde gezeigt, dass Bildungsaufsteiger (BilAuf) vom Studienabbruch stärker gefährdet sind als Akademikerkinder (AkaKin; Autorengruppe Bildungsberichterstattung, 2020).

Ziel der Studie und Forschungsfrage

Das Teilprojekt Chemie des vom BMBF geförderten Forschungsprojekt CASSIS (Chemie, Sozialwissenschaften und Ingenieurwissenschaften: Studienerfolg und Studienabbruch; FKZ: 01PX16019) zielt unter anderem auf die Identifikation besonderer Gefährdungsmerkmale von Bildungsaufsteigern. In diesem Beitrag wird der Fokus auf die Analyse von Bildungsaufsteigern bezüglich (i) der die Studienvorphase prägenden Merkmale und (ii) ihrer individuellen Studienabbruchintention gelegt.

Instrumente

Zu Beginn des ersten Fachsemesters (FS) haben die beteiligten Studierenden einen Fragebogen zum soziodemografischen Hintergrund ausgefüllt, sodass Daten zur Herkunft und auch zur Bildungssozialisation vorliegen. Zur Erfassung der fachlichen Studienvoraussetzungen wurden in schriftlichen Tests die Rechenfähigkeiten (Müller et al., 2018) und das Vorwissen in Allgemeiner Chemie, Physikalischer Chemie und in Analytischer Chemie zu Studienbeginn erhoben (Averbeck, 2020). Die Fachtests wurden am Ende des 1. und 2. FS erneut eingesetzt, um das erworbene Fachwissen zu erfassen. Zusätzlich wurde das Fachwissen in Organischer Chemie und Anorganischer Chemie (Averbeck, 2020) zum Ende des 1. FS und des 2. FS erfasst. Weiterhin wurden wiederholt Onlineumfragen eingesetzt (Mitte 1. FS, Ende 1. FS, Anfang 2. FS, Ende 2. FS, Anfang 3. FS), bei denen sowohl die individuelle Studienabbruchmotivation (Blüthmann et al., 2011; Fellenberg & Hannover, 2006) als auch das Studienverhalten durch das Ressourcenmanagement (Waldeyer et al., 2019) erfragt wurden. In diesen Onlineumfragen

wurden ebenso die psychischen und physischen Ressourcen (Enzmann & Kleiber, 1989; Westermann et al., 1996) sowie die Studienmotivation (Kosovich et al., 2015; Schaufeli & Bakker, 2003) erhoben.

Ergebnisse

Die Stichprobe (N_{ges} = 286, N_{BilAuf} = 173, N_{AkaKin} = 113) setzt sich aus Studierenden zusammen, die im Wintersemester 2018/2019 an zwei Universitäten und zwei Fachhochschulen in Nordrhein-Westfalen ein Chemiestudium begonnen haben. Aus einem χ^2-Homogenitätstest geht hervor, dass die Anteile von Bildungsaufsteigern (60.5 %) und Akademikerkindern (39.5 %) an Universitäten sowie an Fachhochschulen gleich sind.

Zur Studienvorphase

Bildungsaufsteiger (56.1 %) und Akademikerkinder (76.8 %) haben ihre Hochschulzugangsberechtigung (HZB) meistens am Gymnasium erworben, doch ist der Anteil derer mit einer HZB von einer berufsbildenden Schule bei Bildungsaufsteigern (22.0 %) höher als bei Akademikerkindern (6.3 %). Weiterhin ist der Anteil derer mit abgeschlossener Berufsausbildung bei Bildungsaufsteigern (26.2 %) höher als bei Akademikerkindern (11.6 %). Bildungsaufsteiger haben nicht nur eine durchschnittlich schlechtere Abiturnote als Akademikerkinder (BilAuf: 2.44, AkaKin: 2.11), sondern auch geringere Rechenfähigkeiten und ein geringeres chemisches Vorwissen. Alle berichteten Unterschiede sind statistisch signifikant, sodass von unterschiedlichen fachlichen Studienvoraussetzungen bei Bildungsaufsteigern und Akademikerkindern gesprochen werden darf und nach Heublein et al. (2017) unterschiedliche Bildungssozialisationen vorliegen. Aus der Betrachtung des chemischen Vorwissens differenziert für zum 3. FS aktiv Studierende (G1) und inaktiv Studierende bzw. Fachwechsler bzw. Exmatrikulierte (G2) geht hervor, dass aktiv studierende Bildungsaufsteiger ($BilAuf_{G1}$) und Akademikerkinder ($AkaKin_{G1}$ und $AkaKin_{G2}$) ein ähnlich hohes Vorwissen haben. Der zuvor berichtete Unterschied im chemischen Vorwissen wird durch die anderen Bildungsaufsteiger ($BilAuf_{G2}$) verursacht.

Zur individuellen Studienabbruchintention

Während des betrachteten Erhebungszeitraums geben Bildungsaufsteiger und Akademikerkinder gleichermaßen eine durchschnittlich geringe Abbruchintention an. Aktiv studierende Bildungsaufsteiger ($BilAuf_{G1}$) und aktiv studierende Akademikerkinder ($AkaKin_{G1}$) haben eine nahezu identisch niedrige Abbruchintention. Die Abbruchintention der anderen Bildungsaufsteiger ($BilAuf_{G2}$) und Akademikerkinder ($AkaKin_{G2}$) ist zum Ende des 1. FS und zu Beginn des 2. FS besonders hoch. In einem ersten Schritt wurde mit einem Crossed-Lagged-Panel-Modell untersucht, inwiefern sich die Abbruchintention zu Beginn des 2. FS und zu Beginn des 3. FS unter Berücksichtigung des Vor- und Fachwissens vorhersagen lässt. Aus der Berechnung dieses Modells mit Gruppenvergleich resultieren keine signifikanten Unterschiede zwischen Bildungsaufsteigern und Akademikerkindern, wodurch sie als eine gesamte Gruppe betrachtet werden dürfen. Das finale Modell ist in Abb. 1 dargestellt. Aus den hohen Pfadkoeffizienten für die Abbruchintention ($\beta_{AI\text{-}Mitte\ 1.\ FS}$ = .666***, $\beta_{AI\text{-}Anfang\ 2.\ FS}$ = .740***) resultiert, dass das Maß der Abbruchintention, das während des 1. FS vorliegt, über zwei Semester lang durchaus konstant bleibt. Studierende, die keine Studienabbruchintention haben, werden daher im

nächsten Semester unwahrscheinlich eine Studienabbruchintention entwickeln. Studierende, die eine Studienabbruchintention haben, behalten diese bei.

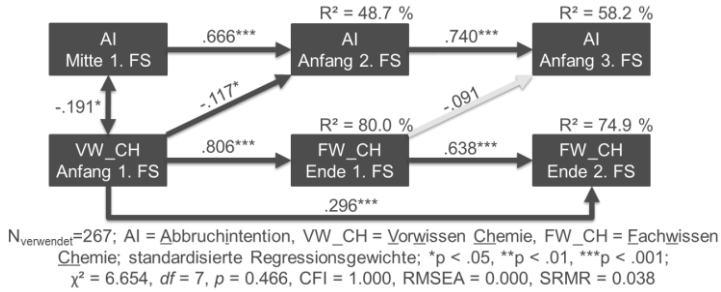


Abb. 1 Crossed-Lagged-Panel-Modell für Bildungsaufsteiger und Akademikerkinder.

Auffällig ist, dass das zu Studienbeginn mitgebrachte Vorwissen die Abbruchintention zu Beginn des 2. FS in geringem Maße vorhersagt (β = -.117*). Studierende mit einem hohen fachlichen Vorwissen tendieren zu diesem Zeitpunkt eher zum Studienverbleib, während Studierende mit niedrigem Vorwissen eher eine Studienabbruchintention entwickelt haben.
In einem weiteren Schritt wird für Bildungsaufsteiger und Akademikerkinder jeweils eine Regressionsanalyse berechnet, um den Einfluss der Faktoren des individuellen Studienprozesses auf die Studienabbruchintention zu Beginn des 2. FS zu untersuchen. Die Regressionsanalysen zeigen, dass es keinen signifikanten Einfluss des Fachwissens zu Beginn des 2. FS auf die Abbruchintention gibt. Bei Bildungsaufsteigern bewirkt eine hohe Studienmotivation eine geringe Abbruchintention (β_{BilAuf} = -.634***). Für Akademikerkinder kann diese Aussage nicht sicher getroffen werden, da das Signifikanzniveau knapp (p = .057) verfehlt wird. Der Einfluss der psychischen und physischen Ressourcen auf die Abbruchintention lässt sich nicht sicher nachweisen, da das Signifikanzniveau ebenfalls knapp verfehlt wird (BilAuf: p = .052; AkaKin: p = .078). Sowohl bei Bildungsaufsteigern als auch bei Akademikerkindern prädiziert positives Studienverhalten, also ein effektives Ressourcenmanagement, eine niedrigere Abbruchintention (β_{BilAuf} = -.177*, β_{AkaKin} = -.284*). Die Reduktion der Studienabbruchintention kann gelingen, indem Erstsemesterstudierende im Idealfall vor Studienbeginn nicht nur in ihren Fähigkeiten zum Ressourcenmanagement gefördert, sondern auch im Ausgleichen von Defiziten im Vorwissen unterstützt werden.

Ausblick

Da die Abbruchintention der Bildungsaufsteiger besser als diejenige der Akademikerkinder erklärt wird (R^2_{BilAuf} = 64.6, R^2_{AkaKin} = 22.9), ist für Akademikerkinder anzunehmen, dass andere Faktoren ihre Abbruchintention stärker beeinflussen. Zur Untersuchung weiterer Einflussfaktoren und der Faktoren, die das Signifikanzniveau knapp verfehlt haben, wurde die vorgestellte Studie zusätzlich für die Erstsemesterstudierenden in Chemiestudiengängen im Wintersemester 2019/2020 durchgeführt.

Literatur

Autorengruppe Bildungsberichterstattung. (2020). *Bildung in Deutschland 2020: Ein indikatorengestützter Bericht mit einer Analyse zu Bildung in einer digitalisierten Welt*. wbv.

Averbeck, D. (2020). *Zum Studienerfolg in der Studieneingangsphase des Chemiestudiums -: Der Einfluss kognitiver und affektiv-motivationaler Variablen.* Universität Duisburg-Essen, Essen.

Beekhoven, S., Jong, U. de & van Hout, H. (2002). Explaining Academic Progress via Combining Concepts of Integration Theory and Rational Choice Theory. *Research in Higher Education*, *43*(5), 577–600. https://doi.org/10.1023/A:1020166215457

Blüthmann, I., Thiel, F. & Wolfgramm, C. (2011). Abbruchtendenzen in den Bachelorstudiengängen. Individuelle Schwierigkeiten oder mangelhafte Studienbedingungen? *die hochschule*, *20*(1), 110–116.

Enzmann, D. & Kleiber, D. (1989). *Helfer-Leiden: Streß und Burnout in psychosozialen Berufen: (korr. Fassung, 2004)*. Asanger.

Fellenberg, F. & Hannover, B. (2006). Kaum begonnen, schon zerronnen? Psychologische Ursachenfaktoren für die Neigung von Studienanfängern, das Studium abzubrechen oder das Fach zu wechseln. *Empirische Pädagogik*, *20*(4), 381–399.

Heublein, U., Ebert, J., Hutzsch, C., Isleib, S., König, R., Richter, J. & Woisch, A. (2017). *Zwischen Studienerwartungen und Studienwirklichkeit: Ursachen des Studienabbruchs, beruflicher Verbleib der Studienabbrecherinnen und Studienabbrecher und Entwicklung der Studienabbruchquote an deutschen Hochschulen*. Deutsches Zentrum für Hochschul- und Wissenschaftsforschung GmbH.

Heublein, U. & Schmelzer, R. (2018). *Die Entwicklung der Studienabbruchquoten an den deutschen Hochschulen: Berechnungen auf Basis des Absolventenjahrgangs 2016*. Deutsches Zentrum für Hochschul- und Wissenschaftsforschung GmbH.

Kosovich, J., Hullleman, C. S., Barron, K. E. & Getty, S. (2015). A practical measure of student motivation: Establishing validity evidence for the Expectancy-Value-Cost Scale in middle school. *Journal of Early Adolescence*, *35*(5), 790–816.

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

Schaufeli, W. B. & Bakker, A. B. (2003). *Utrecht work engagement scale: Preliminary manual*. Occupational Helth Psychology Unit.

Thomas, L. (2002). Student retention in higher education: the role of institutional habitus. *Journal of Education Policy*, *17*(4), 423–442. https://doi.org/10.1080/02680930210140257

Tinto, V. (1975). Dropout from higher education. A theoretical sythesis of recent research. *Review of Educational Research*, *45*(1), 89–125. https://doi.org/10.3102/00346543045001089

Waldeyer, J., Fleischer, J., Wirth, J. & Leutner, D. (2019). Entwicklung und erste Validierung eines Situational-Judgement-Instruments zur Erfassung von Kompetenzen im Bereich des Ressourcenmanagements (ReMI). *Diagnostica*, *65*(2), 108–118. https://doi.org/10.1026/0012-1924/a000217.

Westermann, 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.

Salome Janke[1]
Sebastian Habig[2]
Elke Sumfleth[1]
Maik Walpuski[1]

[1]Universität Duisburg-Essen
[2]Universität Paderborn

Clusteranalytische Ergebnisse: Studierendenprofile im Fach Chemie

Die Studienerfolgsforschung ist seit der Einführung der Bologna-Reform stärker in den Fokus der Forschung gerückt. Gerade in den MINT-Fächer liegt eine hohe Studienabbruchquote vor, zumeist in den Anfangssemestern. Im Fach Chemie brechen mit aktuell 47 % mit die meisten Studierenden ihr Studium ab (Heublein et al., 2020). Als Gründe werden hauptsächlich Leistungsprobleme zu Studienbeginn und eine mangelnde Studienmotivation angegeben (Heublein et al., 2010). Durch unterschiedliche Eingangsvoraussetzungen der Studierenden, die z. B. durch die Kurswahl im Fach Chemie in der Oberstufe gegeben sind, liegt zu Studienbeginn eine heterogene Studierendenschaft vor (Averbeck, 2020; Busker et al., 2010). Aufbauend auf den unterschiedlichen Modellen zu Studienerfolg und Studienabbruch (Blüthmann et al., 2008; Heublein et al., 2017) hat die DFG-Forschergruppe ALSTER kognitive und motivationale Merkmale bei Studierenden in der Studieneingangsphase von naturwissenschaftlich-technischen Studiengängen erhoben und Zusammenhänge mit Studienleistungen betrachtet. Insbesondere für den Chemiestudiengang wurden auch Wechselwirkungen zwischen den Leistungen in den verschiedenen Teilbereichen der Chemie analysiert (Averbeck, 2020). Hierbei wurde aber nur die gesamte Stichprobe betrachtet. Ähnlich der Studie von Rach und Heinze (2014) für die Mathematik sollen kognitiv-motivationale Studierendenprofile der Chemiestudierenden analysiert und varianzanalytische Zusammenhänge zwischen den Studierendenprofilen und den kumulierten Klausurnoten sowie dem Verbleib in der Studie zum Ende des vierten Semesters berechnet werden.

Es wurden 224 vollständige Datensätze der ALSTER-Hauptstudie (WS 16/17) der Studiengänge Chemie und Water Science an der Uni Duisburg-Essen (UDE, 47.3 %) und Chemie und Biochemie an der Ruhr-Universität Bochum (RUB, 52.7 %) erhoben (Altersdurchschnitt 20 Jahre; 40.1 % weiblich, 59.4 % männlich, 0.5 % divers). Die Daten wurden entweder online oder in Präsenzveranstaltungen erfasst. Auf Grund der zuvor von der DFG- Forschergruppe ALSTER als relevant identifizierten Studienerfolgsprädiktoren wurden die Folgenden kognitiven und motivationalen Merkmale als Clustervariablen ausgewählt: Die Abiturnote, das Vorwissen in der Allgemeinen Chemie (Test adaptiert und verändert nach Freyer et al., 2014; Averbeck, 2020), die Rechenfähigkeit (Müller et al., 2018) zu Studienbeginn, die kognitiven Fähigkeiten (Heller & Perleth, 2000), die Abbruchs- und Wechselneigung (Fellberg & Hannover, 2006; Blüthmann et al., 2010) sowie das Studieninteresse (Schiefele et al., 1993). Am Ende des ersten Fachsemesters wurden folgende Modulabschlussnoten erfragt und als kumulierte Klausurnoten zusammengefasst: Allgemeine Chemie, Mathematik I, Physikalische Chemie (nur UDE) bzw. Analytische Chemie (nur RUB).
Zur Bildung der Studierendenprofile (Cluster) wurde das Ward Verfahren (quadrierte euklidische Distanz) gewählt, um Studierende mit möglichst ähnlichen Kombinationen der Merkmalsausprägungen zu gruppieren. Es konnten sechs voneinander abgrenzbare Studierendenprofile identifiziert werden. Diese Profile werden im Folgenden inhaltlich näher erläutert.

- **Cluster 1: Leistungsstark mit geringer Abbruch-/Wechselneigung (15.3 %).** Diese Gruppe weist durchweg hohe Ausprägungen der kognitiven Leistungsparameter auf und ein hohes Studieninteresse, während die Abbruch-/Wechselneigung gering ausfällt.
- **Cluster 2: Durchschnittlich leistungsstark mit guter Abiturnote (19.8 %).** Hier liegt im Mittel eine gute Abiturnote vor. Auch die Ausprägungen der Rechenfähigkeit und des Studieninteresses sind relativ hoch. Das Vorwissen in der Allgemeine Chemie und die Abbruch-/Wechselneigung sind jedoch durchschnittlich und die kognitiven Fähigkeiten im Vergleich zu den beiden anderen Gruppen geringer ausgeprägt.
- **Cluster 3: Durchschnittlich leistungsstark mit schwacher Abiturnote (25.7 %).** Die Leistungsparameter in dieser Gruppe sind durchschnittlich ausgeprägt. Nur die Abiturnote weicht davon ab und ist um einiges schlechter im Vergleich zu den Clustern zuvor. Dafür liegt in dieser Gruppe ein hohes Studieninteresse und eine geringe Abbruch-/Wechselneigung vor.
- **Cluster 4: Leistungsschwach und interessiert (18.0 %).** Diese Gruppe weist mit den geringsten Ausprägungen der kognitiven Variablen auf. Aber diese Studierenden sind interessiert und haben - vermutlich deshalb - nur eine durchschnittliche Abbruch-/Wechselneigung.
- **Cluster 5: Uninteressiert und abbruch-/wechselgeneigt (9.0 %).** Abiturnote und Rechenfähigkeit sind in dieser Gruppe durchschnittlich ausgeprägt, das Vorwissen in der Allgemeinen Chemie und die kognitiven Fähigkeiten jedoch unterdurchschnittlich. Die Studierenden dieses Clusters sind sehr uninteressiert und stark abbruch-/wechselgeneigt.
- **Cluster 6: Leistungsschwach und abbruch-/wechselgeneigt (12.2 %).** Bis auf die kognitiven Fähigkeiten sind die kognitiven Leistungsparameter dieser Gruppe gering ausgeprägt. Zudem weisen die Studierenden im Mittel ein geringes interesse und die höchste Abbruch-/Wechselneigung auf.

In Cluster 2, 4 und 5 ist der Anteil der Studierenden mit Deutsch als Muttersprache geringer als in den anderen Clustern. Dies korrespondiert mit einem niedrigeren Wert für die kognitiven Fähigkeiten, die anhand einer nonverbalen und einer verbalen Skala erfasst wurden. Während ein Großteil der Studierenden der Cluster 1 (70.6 %) und 2 (50.0 %) in der Oberstufe einen Chemieleistungskurs belegt hatte, haben Studierende der anderen Cluster nur zu einem geringen Anteil einen solchen belegt (30.0 % - 7.4 %). Es zeigt sich deskriptiv, dass alle Studierenden des leistungsstarken Clusters (1) und dass die Mehrzahl der durchschnittlich leistungsstarken Studierenden mit guter Abiturnote (2) mit Erfolg an den Modulabschlussklausuren teilgenommen haben. Studierende der Cluster 3 und 4 haben wesentlich weniger an den Klausuren teilgenommen und diese mit weniger guten Noten, teils nur knapp oder gar nicht bestanden. Die Teilnahme an den Klausuren fällt noch schlechter für die abbruch-/wechselgeneigten Cluster (5 &6) aus. Eine univariate Varianzanalyse mit Bonferroni-Korrektur ergab für die kumulierten Klausurnoten (AV) signifikante Unterschiede zwischen durchschnittlichen und leistungsschwächeren Clustern (3, 4, 5 & 6) und den leistungsstärkeren Clustern (1 & 2) ($F(5, 156) = 23.45$, $p < .001$, $\eta^2_p = .44$). Deskriptive Auswertungen der motivationalen Merkmale Selbstregulation, Gewissenhaftigkeit, studienfachbezogene Selbstwirksamkeit und das Selbstkonzept zeigen für die abbruch-/wechselgeneigten Cluster (5 & 6) die geringsten Ausprägungen, wohingegen die leistungsstärkeren und durchschnittlich leistungsstarken Cluster tendenziell höhere Ausprägungen aufweisen. Ähnliche Tendenzen zeigen sich für die prozentuale Teilnahme der Studierenden der verschiedenen Cluster an der Erhebung am Ende des vierten Fachsemesters. Studierende der Cluster 5 und 6 haben am wenigsten und Studierende der Cluster 1 und 2 noch am meisten an der Studie teilgenommen. Dafür fällt das Cluster der leistungsschwachen, aber interessierten Studierenden (4) mit einer

Beteiligung von 52.5 % (sowie relativ hohen Ausprägungen der Gewissenhaftigkeit und einer Teilnahme von 70 % der Studierenden an einem chemiespezifischen Vorkurs) auf. Es lässt sich zusammenfassen, dass die Studierendenprofile in die Gruppe der erfolgreichen (1 & 2), der studienabbruchgefährdeten (5 & 6) und Studierenden mit Förderbedarf (3 & 4) eingeteilt werden können. Anhand des durchschnittlich leistungsstarken Clusters mit schwacher Abiturnote (3) und dem Cluster der leistungsschwachen, aber interessierten Studierenden (4) wird deutlich, dass interessierte Studierende mit geringer ausgeprägten Leistungsparametern (z. B. Abiturnote) das Chemiestudium absolvieren können, aber Fördermaßnahmen zu deren Unterstützung sinnvoll sind.

Literatur

Averbeck, Daniel (2020). Zum Studienerfolg in der Studieneingangsphase des Chemiestudiums – Der Einfluss kognitiver und affektiv-motivationaler Variablen. (Dissertation, Universität Duisburg-Essen).

Blüthmann, I., Lepa, S. & Thiel, F. (2008). Studienabbruch und -wechsel in den neuen Bachelorstudiengängen. Zeitung für Erziehungswissenschaften, 11(3), 406–429.

Busker, M., Parchmann, I. & Wickleder, M. (2010). Eingangsvoraussetzungen von Studienanfängern im Fach Chemie. Chemie konkret – Forum für Unterricht und Didaktik, 17(4), 163–168.

Fellenberg, F. & Hannover, B. (2006). Kaum begonnen, schon zerronnen? Psychologische Ursachenfaktoren für die Neigung von Studienanfängern, das Studium abzubrechen oder das Fach zu wechseln. Empirische Pädagogik, 20, 381–399.

Freyer, K., Epple, M., Brand, M. Schiebener, J. & Sumfleth, E. (2014). Studienerfolgsprognose bei Erstsemesterstudierenden in Chemie: Eine Studie an einer Universität mittels moderierter multipler linearer Regressionsanalyse. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 20, 129–142.

Heller, K. A. & Perleth, C. (2000). Kognitiver Fähigkeitstest für 4. bis 12. Klassen, Revision (KFT 4-12+R). Göttingen: Beltz Test.

Heublein, U., Ebert, J., Hutzsch, C., Isleib, S, König, R., Richter; J. & Woisch, A. (2017). Zwischen Studienerwartungen und Studienwirklichkeit. Ursachen des Studienabbruchs, beruflicher Verbleib der Studienabbrecherinnnen und Entwicklung der Studienabbruchquoten an deutschen Hochschulen. Deutsches Zentrum für Hochschul- und Wissenschaftsforschung-Projektbericht.

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. Hannover: Deutsches Zentrum für Hochschul- und Wissenschaftsforschung.

Heublein, U., Richter, J., & Schmelzer, R. (2020). Die Entwicklung der Studienabbruchquoten in Deutschland. (DZHW Brief 3|2020). Hannover: Deutsches Zentrum für Hochschul- und Wissenschaftsforschung.

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, 22, 1–17.

Schiefele, U., Krapp, A., Wild, K.-P. & Winteler, A. (1993). Der "Fragebogen zum Studieninteresse" (FSI). Diagnostica, 39, 335–351.

Stefanie R. & Heinze, A. (2014). Individuelle Bedingungsfaktoren für den Studienerfolg im ersten Semester des Mathematikstudiums. In J. Roth & J. Ames (Hrsg.), Beiträge zum Mathematikunterricht 2014. Münster: WTM-Verlag, 935-938.

Inka Haak[1] [1]MLU Halle-Wittenberg
Lara Gildehaus[2] [2]Universität Paderborn
Michael Liebendörfer[2]

Genese und Funktionen von Lerngruppen in der Studieneingangsphase

Motivation

In der Studieneingangsphase begegnen Physikstudierende gestiegenen kognitiven und selbstregulativen Anforderungen in Form von vor allem wöchentlichen Übungsaufgaben auf universitärem Niveau (Woitkowski & Riese, 2017). Zudem dient die Studieneingangsphase zur Einführung in eine Fachkultur (Rabe, 2019), in der die Physik als Teil der Identität ausgehandelt wird (Rabe & Krey, 2018; Holmegaard, Madsen, & Ulriksen, 2014). Die meisten der bisher durchgeführten Studien zur Studieneingangsproblematik nehmen entweder eine Makroperspektive auf Kohorten (auch standortübergreifend) ein oder fokussieren beispielsweise die fachliche Entwicklung einzelner Individuen (Mikroperspektive). Da Studieren allerdings im sozialen Umfeld einer (oder mehrerer) Fachkulturen an einer Hochschule stattfindet, sind tiefergreifende Ergebnisse zur Aufklärung der Problematiken der Studieneingangsphase zu erwarten, wenn auch soziale Strukturen und Beziehungsgefüge in den Forschungsfokus rücken.

Forschungsstand zu Lerngruppen

Übungsaufgaben, wie sie in naturwissenschaftlichen und mathematikhaltigen Studiengängen üblich sind, werden sehr häufig in Lerngruppen bearbeitet und besprochen. Diese unterstützen nicht nur bei fachlichen Problemen (u.a. Renkl, 2009), sondern auch bei der Lernprozessregulation (Liebendörfer, 2018). Gruppenlernende tendieren allerdings auch eher zum Abschreiben (Liebendörfer & Göller, 2016). Während einem mittleren Leistungsstand entsprechende Physikstudierende eher gut vernetzt sind, findet man unter sehr guten Studierenden eher Einzelgänger (Vargas et al., 2018). Lerngruppen bieten aber auch Gelegenheiten für das Bilden von Freundschaften – hier scheint Sympathie die kognitive Passung zu dominieren (Brouwer et al., 2018). Innerhalb der theoretischen Perspektive von Communities of Practice (Wenger, 2011), lässt sich erklären, dass in einer Lerngruppe auch Akkulturations- und Identitätsaushandlungsprozesse stattfinden. Allerdings können verschiedene Gruppendynamiken die Akkulturation entweder verstärken oder aber auch abschwächen (Andrà et al., 2019).

Vorstudie

Um sich der Thematik „Lerngruppen in der Studieneingangsphase Mathematik und Physik“ zu nähern, wurde eine Vorstudie an bereits vorhandenem Material durchgeführt. Einzelinterviews mit Studienanfänger*innen (Liebendörfer, 2018; Haak, 2017) wurden hinsichtlich Äußerungen zu Lerngruppen mithilfe einer qualitativen und anschließend typenbildenden Inhaltsanalyse nach Kuckartz (2014) ausgewertet (Details zu Design und Ergebnissen siehe Haak, Gildehaus & Liebendörfer, 2020). Aus den Ergebnissen der Vorstudie ergaben sich folgende Forschungsfragen und folgendes Design für Hauptstudie 1.

Forschungsfragen und -design Hauptstudie 1

Zur Beantwortung der Forschungsfragen *F1) Wie entstehen und entwickeln sich Lerngruppen?*, *F2) Inwiefern unterstützt die Lerngruppe bei der Bewältigung zentraler Herausforderungen bezüglich Kognition, Akkulturation und Selbstregulation/ Organisation in der Studieneingangsphase?* und *F3) Gibt es domänenspezifische Unterschiede im Vergleich von Physik und Mathematik?* wurde eine qualitative Interviewstudie durchgeführt.

Mithilfe der Ergebnisse der Vorstudie wurde ein Leitfaden für Gruppeninterviews mit Erstsemester-Lerngruppen entwickelt. Dieser Leitfaden sollte eine Gruppendiskussion anregen – unter anderem zu den Erlebnissen und Wahrnehmungen des Studieneinstiegs, zur Genese sowie Arbeitsweise in der Gruppe und zur Identifikation mit der Physik an der MLU. Insgesamt wurden an der MLU vier Gruppen (G1-G4) interviewt mit 2+3+7+2 Probanden, sieben davon konnten für Post-Einzelinterviews gewonnen werden. An der Universität Paderborn wurde eine Vergleichsstudie mit Mathematiklehramtsstudierenden (drei Lerngruppen, zwei Folgeinterviews) durchgeführt. Die Interviews wurden transkribiert und mithilfe einer qualitativen Inhaltsanalyse (Kuckartz, 2014) ausgewertet. Dazu wurden die Dimensionen *Genese, Zusammensetzung, kognitive Herausforderungen, regulative & organisatorische Herausforderungen* sowie *kulturelle Herausforderungen* deduktiv codiert und induktiv Subkategorien gebildet. In weiteren zirkulären Codierdurchgängen wurden diese zu Oberkategorien wie *Bewertung der Arbeitsweise* oder *Emotionsregulation* zusammengefasst.

Stichprobe und erste, ausgewählte Ergebnisse

Die Auswertung der Daten läuft zurzeit noch. Darum werden im Folgenden zunächst Ergebnisse zu F1 sowie ausgewählte, erste Ergebnisse zu F2 berichtet.

Forschungsfrage 1: Genese der Lerngruppen

G1 besteht aus zwei Studentinnen der Medizinphysik, die sich im Vorkurs kennengelernt haben. Sie saßen zufällig nebeneinander und fanden sich auf Anhieb sympathisch. Sie haben sich von einer größeren Lerngruppe abgespalten, da sie mit der Arbeitseinstellung der anderen unzufrieden waren. G2 besteht aus einer Medizinphysikstudentin, sowie zwei Physikstudierenden. Drei bis vier weitere, zur Gruppe gehörige Studierende haben nicht am Interview teilgenommen. Diese Gruppe hat sich ebenfalls im Vorkurs kennengelernt und sich in einem längeren Aushandlungsprozess für ein gemeinsames Lernen entschieden. Die Zusammensetzung der Gruppe hat sich vor der Klausur erneut geändert. G3 besteht aus insgesamt sieben Physik- bzw. Medizinphysikstudierenden, die ebenfalls in einem längeren Prozess zueinander gefunden haben – teils über den Vorkurs, teils über Diskussion über Fachinhalte der Vorlesungen. Die zwei Studierenden aus G4 haben sich über eine gemeinsame Freundin kennengelernt. Da beide Mathematik und Physik auf Lehramt für Gymnasien studieren, haben sie denselben Stundenplan und darum viel Zeit in den Vorlesungen und Pausen miteinander verbracht.

Insgesamt zeigt sich bei den Analysen, dass sich die Lerngruppenmitglieder entweder im Vorkurs kennen lernen und dort als Gruppe zusammen finden oder Bekanntschaften aus der Schule oder dem Freundeskreis als Lerngruppe weiterführen, was den Befund von Brouwer et al. (2018) bestätigt. Angeführte Gründe für eine Zusammenarbeit sind vor allem persönlicher Natur – wie Sympathie oder das Bedürfnis nach „coolen Leuten“ (G2, Paul). Aber auch organisatorische Punkte wie ein gemeinsamer Zeitslot für das Lösen der Aufgaben oder eine vergleichbare Arbeitseinstellung spielen eine Rolle. Auffällig bei allen Gruppen ist, dass der Auslöser für das Lernen in einer Lerngruppe das Bedürfnis war, gemeinsam Mathematikaufgaben zu lösen, und nicht, wie man bei Physikstudierenden erwarten könnte, das Lösen von Physikübungsaufgaben.

Forschungsfrage 2: Umgang mit den Herausforderungen

Im Folgenden werden erste Ergebnisse zu den häufig auftretenden Erzählmotiven *Beschreibung der Arbeitsweise, Abgrenzungsformulierungen* sowie *Emotionsregulation* berichtet.

Alle Lerngruppen lösen vor allem gemeinsam Mathematikaufgaben. Die Beschreibung der Arbeitsweisen deutet auch auf eine kooperative Arbeitsweise im Sinne eines kognitiven Austausches hin. Es wird in G2 sogar darauf geachtet, sich gegenseitig eine möglichst

minimale Hilfe zukommen zu lassen. Kurz vor der Abgabe werden die Lösungswege verglichen und Fotos dieser zumeist über soziale Medien geteilt. Physikaufgaben werden kaum besprochen. Prototypisch für die Problematik steht folgendes Zitat von Merle (G2): Die Physik-„Übungen, die fallen halt irgendwie immer hinten runter. Dadurch dass […] montags quasi Endspurt (.) Matheübungen sind, dann macht man die immer noch schnell sonntags Abends oder so, […] und dann hat man nur son Wischi waschi.“
Diese Äußerung lässt den Schluss zu, dass der Fokus fast ausschließlich auf der Mathematik liegt, da diese als wesentlich schwerer empfunden wird. Physikaufgaben empfinden die Interviewten als subjektiv kaum schwerer als in der Oberstufe. Physikaufgaben werden nur von G1 gemeinsam gelöst, bei allen anderen wird entweder, wenn man keinen Ansatz findet, dieser verraten, oder es werden die Ergebnisse verglichen. Dadurch könnte sich ergeben, dass Studierende sich mit den hinter den Aufgaben liegenden Konzepten nicht tiefgehend kognitiv auseinander setzen.
Insgesamt wird in allen Lerngruppen eine hohe Arbeitsbelastung berichtet, die sich in der Äußerung negativer Emotionen wie Frust und Verzweiflung ausdrückt. Nicht selten fallen dabei Ausdrücke wie „eingeschüchtert sein“ (Amelie, G2), „Weinen“ (Sophie, G4) bzw. „Heulen“ (Peter, G2) oder „fachlicher Selbstmord“ (Linus, G4). Vor allem Probandinnen berichten von Selbstzweifeln, die vor allem durch die Lerngruppe aufgefangen werden. Insgesamt erläutern alle Probanden, dass die Lerngruppe insbesondere für die emotionale Unterstützung gebraucht wird, um sich „nicht mehr alleine dumm zu fühlen“ (nach G2_PB).
In den Interviews fallen oft Abgrenzungsformulierungen gegenüber anderen Studierenden, Studienfächern oder Stereotypen auf. G1 setzt sich gegenüber anderen Gruppen durch ihre als effektiver eingeschätzte Arbeitseinstellung ab, Linus aus G4 sowie Amelie und Peter aus G2 distanzieren sich gegenüber Geisteswissenschaften und „Wirtschaftsquatsch“ (Linus). Zudem scheinen alle Interviewten ein sehr ähnliches Bild vom ‚Physiknerd‘ im Kopf zu haben, „der so zwischenmenschlich nichts hinkriegt, aber richtiges Genie ist“ (Peter, G2). Mit diesem Stereotypen werden einzelne Studierende oder kleinere Gruppen identifiziert, die Interviewten grenzen die eigene Person von diesem aber negativ bezüglich der eigenen Leistung und positiv bezüglich der eigenen Sozialkompetenz ab. Diese Aussagen erscheinen für die Rekonstruktion von Identitätsaushandlungen relevant.

Diskussion und Ausblick

Insgesamt konnte mithilfe der qualitativen Inhaltsanalyse Forschungsfrage 1 zur Genese der Lerngruppen schon zufriedenstellend beantwortet werden. Weitere Ergebnisse zur Begründung eventueller Gruppenveränderungen erhoffen wir uns aus der weiteren Auswertung der Folgeinterviews. Zu Forschungsfrage 2 (Unterstützung bei den Herausforderungen der Studieneingangsphase durch die Lerngruppe) konnten bereits erste Ergebnisse und erste Interpretationen berichtet werden. Insgesamt scheint aber die Lerngruppe vor allem bei den mathematisch kognitiven Herausforderungen und bei der Emotionsregulation zu unterstützen, während Identitätsaushandlungen weniger deutlich rekonstruiert werden konnten. Weitere qualitative, tiefenanalytische Auswertungen sollen hier weitere Ergebnisse zu Begründungszusammenhängen, Mechanismen und Prozessen liefern.
Im folgenden Wintersemester 2020/21 sind Nachverfolgungen der Probanden geplant, zudem sollen weitere Interviews mit Lerngruppen stattfinden, die aufgrund der aktuellen durch die Pandemie bedingten Umstellung der Lehre Ergebnisse zu Lernen in einer stärker digitalisierten Fach- und Universitätskultur liefern sollen. Inwiefern geplante Fragebogenuntersuchungen zur Quantifizierung zur Funktionsweise von Lerngruppen – geplant war eine Itemgenerierung aufgrund der induktiv gebildeten Subcodes – durchgeführt werden können, ist zurzeit aufgrund von organisatorischen Gründen, wie Validitätsargumenten, noch unklar.

Literatur

Andrà, C., Bernardi, G., & Brunetto, D. (2019). Teaching with emerging technologies in a STEM university math class. 5th International Conference on Higher Education Advances (HEAd'19), Universitat Politècnica de València, 963-971

Brouwer, J., Flache, A., Jansen, E., Hofman, A., & Steglich, C. (2018). Emergent achievement segregation in freshmen learning community networks. Higher Education, 76(3), 483-500

Haak, I. (2017). Maßnahmen zur Unterstützung kognitiver und metakognitiver Prozesse in der Studieneingangsphase. Eine Design-Based-Research-Studie zum universitären Lernzentrum Physiktreff. Dissertation. Berlin: Logos (217)

Haak, I., Gildehaus, L. & Liebendörfer, M. (2020). Entstehung und Bedeutung von Lerngruppen in der Studieneingangsphase. Beiträge zum Mathematikunterricht 2020

Holmegaard, H., Møller Madsen, L. & Ulriksen, L. (2014). A journey of negotiation and belonging. Understanding students' transitions to science and engineering in higher education. In: Cultural Studies of Science Education 9 (3), 755-786

Kuckartz, U. (2014). Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung. 2., durchges. Aufl. Weinheim: Beltz Juventa (Grundlagentexte Methoden)

Liebendörfer, M. (2018). Motivationsentwicklung im Mathematikstudium. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden

Liebendörfer, M., & Göller, R. (2016). Abschreiben von Übungsaufgaben in traditionellen und innovativen Mathematikvorlesungen. Mitteilungen der DMV, 24(4), 230

Rabe, T. (2019). Identitätsaushandlungen zu Physik als Aspekt naturwissenschaftlicher (Grund)Bildung? In: Maurer, C. (Hrsg.): Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe. Regensburg: Universität Regensburg, 25–38

Rabe, T. & Krey, O. (2018). Identitätskonstruktionen von Kindern und Jugendlichen in Bezug auf Physik - Das Identitätskonstrukt als Analyseperspektive für die Physikdidaktik? In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 24 (1), 201-216

Renkl, A. (2009). Wissenserwerb. In: E. Wild & J. Möller (Hrsg.) Pädagogische Psychologie. Heidelberg: Springer Medizin Verlag. 3-26

Wenger, E. (2011). Communities of practice: A brief introduction.

Woitkowski, D. (2020). Tracing physics content knowledge gains using content complexity levels. In: International Journal of Science Education, 1-24

Woitkowski, D. & Riese, J. (2017). Kriterienorientierte Konstruktion eines Kompetenzniveaumodells im physikalischen Fachwissen. ZfDN 23 (1), 39-52

Vargas, D. L., Bridgeman, A. M., Schmidt, D. R., Kohl, P. B., Wilcox, B. R., & Carr, L. D. (2018). Correlation between student collaboration network centrality and academic performance. Physical Review Physics Education Research, 14(2), 020112(11)

Peter Wulff[1]
David Buschhüter[1]
Anna Nowak[1]
Andreas Borowski[1]

[1]Universität Potsdam

Computer-basierte Sprachanalyse von Reflexionstexten in der Physik

Die Erfassung und Förderung der Reflexionskompetenz angehender Lehrkräfte stellt ein Kernelement effektiver professioneller Ausbildungsprogramme dar (Darling-Hammond, Hyler & Gardner, 2017; Zeichner, 2010). Dies gilt insbesondere auch in wissenszentrierten Fächern wie der Physik (Hume, 2009; Sorge, Neumann, Neumann, Parchmann & Schwanewedel, 2018). Zur Erfassung und Förderung wurden dabei Prozessmodelle der Reflexionskompetenz vorgeschlagen, die eine strukturierte Reflexion ausmachen und als Vorlage für Studierende dienen (Korthagen, 1999; Lin, Hmelo, Kinzer & Secules, 1999). In narrativ-monologischen Förderansätzen verfassen angehende Lehrkräfte dabei Reflexionsberichte zu ihren Erfahrungen, die dann wiederrum als Ausgangspunkt für Diagnostik und Feedback fungieren. Eine systematische und individualisierte Implementation der Erfassung und Förderung der Reflexionskompetenz ist allerdings ressourcenintensiv und in größerem Umfang mit herkömmlichen Mitteln kaum zu bewältigen (Poldner, van der Schaaf, Simons, van Tartwijk & Wijngaards, 2014; Ullmann, 2019).

Computer-basierte Auswertemethoden stellen hierbei eine potentielle Ergänzung zu herkömmlichen Verfahren der Erfassung und Förderung der Reflexionskompetenz dar (Buckingham Shum, Sándor, Goldsmith, Bass & McWilliams, 2017; Zhai, Yin, Pellegrino, Haudek & Shi, 2020). In der vorliegenden Studie werden computer-basierte Auswerteverfahren im Kontext der Erfassung und Förderung der Reflexionskompetenz angehender Physiklehrkräfte vorgestellt, die verschiedene Aspekte der Güte von Reflexionstexten erfassen.

Reflexionstexte in der Lehrkräftebildung

Reflexion im Kontext der Lehrkräftebildung wird als Denkprozess definiert mit dem Ziel eigene Erfahrungen und eigenes Wissen zu restrukturieren und damit seine professionelle Entwicklung zu fördern (Korthagen, 2001; von Aufschnaiter, Fraij & Kost, 2019). Von Aufschnaiter et al. (2019) unterscheiden dabei reflexionsbezogene Dispositionen und reflexionsbezogene Denkprozesse. Dispositionen beziehen sich dabei auf im Individuum angelegte Wissensbestände, Einstellungen oder Werthaltungen zu Reflexion und Denkprozesse auf die situationsspezifische Umsetzung von Aspekten wie der Beschreibung und Deutung von Unterrichtssituationen. Reflexionstexte stellen in diesem Zusammenhang ein Medium dar, in dem reflexionsbezogene Denkprozesse erfasst werden können (Buckingham Shum et al., 2017). Dabei haben Nowak, Kempin, Kulgemeyer und Borowski (2019) ein Modell vorgeschlagen und erste Validierungsstudien durchgeführt (Nowak, Ackermann & Borowski, 2018), um reflexionsbezogene Denkprozesse in Reflexionstexten zu fördern. Sie unterscheiden dazu folgende fünf Elemente einer Reflexion: in den Rahmenbedingungen (1) wird der Kontext spezifiziert (z.B.: Lernziele), in der Beschreibung (2) wird die zu reflektierende Unterrichtssituation detailliert geschildert, in der Bewertung (3) werden Handlungen der Lehrkraft und der Schülerinnen und Schüler evaluiert und gedeutet,

in den Alternativen (4) werden weitere Möglichkeiten der Umsetzung bestimmter Handlungen angegeben und in den Konsequenzen (5) wird die Bedeutung der Erfahrungen dieser Unterrichtssituation für zukünftiges Handeln und die persönliche professionelle Weiterentwicklung reflektiert. Des Weiteren ist im Reflexionsmodell das Professionswissen als wichtige Einflussgröße für gehaltvolle reflexionsbezogene Denkprozesse identifiziert, das in Anlehnung an die Unterteilung nach Shulman (1986) in pädagogisches, fachdidaktisches und fachliches Wissen, unterteilt wird. Aspekte der Güte von Reflexionstexten sind demnach die Vollständigkeit (wurden alle Elemente thematisiert) und die Umsetzung des Professionswissens.

Forschungsfragen: Computer-basierte Auswertung von Reflexionstexten

Zur computer-basierten Erfassung der Vollständigkeit und Umsetzung des Professionswissens können überwachte und unüberwachte Machine-Learning-Algorithmen verwendet werden, die Performanz in einer Aufgabe durch Erfahrung (Daten) optimieren (Mitchell, 1997).

Vollständigkeit der Reflexionstexte (Forschungsfrage 1): Überwachte Machine-Learning-Algorithmen können zur Erfassung der Vollständigkeit (Sind alle Elemente einer Reflexion im Text enthalten?) von Reflexionstexten verwendet werden. Wulff et al. (2020) haben gezeigt, dass Machine-Learning-Algorithmen zur automatisierten Klassifikation der Modellelemente prinzipiell geeignet sind. Die Klassifikationsgenauigkeit lag bei 56%. In der vorliegenden Studie soll in einer Forschungsfrage 1 geprüft werden, inwieweit ein vortrainiertes Sprachmodell, das an die Klassifikationsaufgabe angepasst wird, diese Genauigkeit verbessern kann (Ostendorff et al., 2019).

Umsetzung von Wissen in den Reflexionstexten (Forschungsfrage 2): Die Erfassung der Umsetzung von Professionswissen in Texten erfolgt über unüberwachte Ansätze des Information Retrieval wie word embeddings (Mikolov, Chen, Corrado & Dean, 2013). In Bezug auf Reflexionstexte existieren hier zwar erste lexikon-basierte Ansätze (Ullmann, 2017), allerdings noch nicht auf Basis von word embeddings im Bereich der Physikdidaktik. In einer Forschungsfrage 2 soll deshalb explorativ geprüft werden, inwieweit vortrainierte word embeddings dazu verwendet werden können, um Sätze in Reflexionstexten zu identifizieren, die einen hohen oder geringen Anteil an physikalischem Fachwissen haben.

Methode

Forschungsfrage 1 wird mit einem vortrainierten Deep-Learning-Modell bearbeitet (Devlin, Chang, Lee & Toutanova, 2018). Ziel ist es, Sätze der Reflexionstexte den Elementen des Reflexionsmodells zuzuordnen (Klassifikation). Das vortrainierte Modell berücksichtigt dabei grundlegende Abhängigkeiten und Zusammenhänge in der deutschen Sprache, die nicht mehr neu trainiert werden müssen (Ostendorff et al., 2019). Die Feinabstimmung der Modellparameter auf die Klassifikationsaufgabe erfolgt durch zusätzliche Netzwerk-Ebenen in diesem vortrainierten Modell. Die Regressionsgewichte für diese Ebenen werden durch vorkodierte Daten (etwa 4500 menschlich vorkodierte Segmente zu den Elementen des Reflexionsmodells aus N=292 Reflexionstexten) trainiert. Die Überprüfung der Klassifikationsgenauigkeit des Modells erfolgt auf der Basis des F1-Werts, der sowohl falsch positive als auch falsch negative Klassifikationen berücksichtigt. Forschungsfrage 2 wird auf der Basis vortrainierter Wortvektoren der deutschsprachigen Wikipedia bearbeitet (siehe: https://deepset.ai/german-word-embeddings). Es werden auf Wortebene

Ähnlichkeitsanalysen zwischen Worten in den Reflexionstexten und einem vordefinierten Lexikon gerechnet. Als Lexikon wurde zur Machbarkeitsanalyse das Stichwortverzeichnis eines Physikdidaktik-Lehrbuches verwendet (Schecker, Wilhelm, Hopf & Duit, 2018). Hier ergaben sich 54 Begriffe, die jeweils physikbezogene Konzepte darstellen (Beispiele: „Stromkreis“, „Druck“).

Ergebnisse

Im Vergleich zu den Machine-Learning-Algorithmen aus Wulff et al. (2020) konnte in der vorliegenden Studie auf Basis vortrainierter Sprachmodelle eine Verbesserung des F1-Wertes auf 78% festgestellt werden (Forschungsfrage 1). Hierbei konnten alle Elemente der Reflexion mit F1-Werten größer 69% identifiziert werden. Dies ist deshalb wichtig, da in der Regel die höherwertigen Elemente wie Alternativen und Konsequenzen weniger Beispieldaten haben und damit schlechter identifiziert werden können (Wulff et al., 2020). In Bezug auf die Identifikation von Sätzen mit einem hohen Fachwissensanteil (Forschungsfrage 2) ergaben sich Unterschiede bei wenig und hoch fachwissenschaftlichen Sätzen in Bezug auf Anteile tatsächlicher fachwissenschaftlicher Begriffe. Der Vergleich eines Satzes mit niedriger Ähnlichkeit zu Fachwissensbegriffen („Meine erste unterrichtete Stunde war die zweite Hälfte eines Physikblocks in einer Klasse.“) und eines Satzes mit hoher Ähnlichkeit („Lernziele: Die SuS können die zeitabhängige Entladespannung eines Kondensators experimentell aufnehmen“) lassen vermuten, dass die Erfassung der Umsetzung des Fachwissens über word embeddings prinzipiell möglich ist.

Diskussion

In der vorliegenden Studie konnte ein vortrainiertes Deep-Learning-Modell zur Klassifikation von Segmenten der Reflexionstexte nach den Elementen einer Reflexion erfolgreich implementiert werden. Die Klassifikationsgenauigkeit konnte bisherige Shallow-Learning-Algorithmen übertreffen. Hier muss einschränkend gesagt werden, dass die Shallow-Learning-Modelle auf kleineren Datensätzen trainiert wurden, sodass die verbesserte Klassifikationsgenauigkeit lediglich als erster Hinweis gedeutet werden darf. Weitere Analysen mit stärkerer Kontrolle der Rahmenbedingungen werden momentan durchgeführt. Alle Elemente einer Reflexion konnten im Deep-Learning-Modell akzeptabel klassifiziert werden. Des Weiteren konnten vortrainierte word embeddings als Methode genutzt werden, um über Ähnlichkeitsanalysen Segmente mit hohem und niedrigem Fachwissensanteil in den Reflexionstexten zu identifizieren. Da es sich hierbei um einen unüberwachten Ansatz handelte, wurden die Ergebnisse zunächst nicht systematisch validiert, sondern lediglich auf Plausibilität überprüft. Eine grundsätzliche Machbarkeit dieser Analysen scheint für die Reflexionstexte gegeben. Weitere Analysen in Bezug auf die systematische Erstellung eines Lexikons an Fachwissensbegriffen sowie der Validierung der Ergebnisse werden momentan durchgeführt. Aufgrund der Bedeutung der Reflexionskompetenz in der universitären Lehrkräftebildung ist eine skalierbare und analytische Auswertung von Reflexionstexten vielversprechend (Poldner et al., 2014; Ullmann, 2019). Wir konnten zeigen, dass überwachte und unüberwachte Machine-Learning-Algorithmen verschiedene Aspekte der Analyse von Reflexionstexten angehender Physiklehrkräfte ausführen können. Diese Algorithmen können nun zur Generierung automatisierten Feedbacks verwendet werden.

Literaturverzeichnis

Buckingham Shum, S., Sándor, Á., Goldsmith, R., Bass, R. & McWilliams, M. (2017). Towards Reflective Writing Analytics: Rationale, Methodology and Preliminary Results. *Journal of Learning Analytics*, *4*(1), 58–84. https://doi.org/10.18608/jla.2017.41.5

Darling-Hammond, L., Hyler, M. E. & Gardner, M. (2017). *Effective Teacher Professional Development*. Palo Alto, CA: Learning Policy Institute.

Devlin, J., Chang, M.-W., Lee, K. & Toutanova, K. (2018). BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding. *arXiv*, *1810.04805*.

Hume, A. (2009). Promoting higher levels of reflective writing in student journals. *Higher Education Research & Development*, *28*(3), 247–260.

Korthagen, F. A. (1999). Linking Reflection and Technical Competence: the logbook as an instrument in teacher education. *European Journal of Teacher Education*, *22*(2-3), 191–207. https://doi.org/10.1080/0261976899020191

Korthagen, F. A. (2001). *Linking practice and theory. The pedagogy of realistic teacher education*. Mahwah, NJ: Erlbaum. Retrieved from http://www.loc.gov/catdir/enhancements/fy0634/00057273-d.html

Lin, X., Hmelo, C. E., Kinzer, C. & Secules, T. (1999). Designing Technology to Support Reflection. *Educational Technology Research and Development*, *47*(3), 43–62.

Mikolov, T., Chen, K., Corrado, G. & Dean, J. (2013). Efficient Estimation of Word Representations in Vector Space. *arXiv*, (1301.3781v3).

Mitchell, T. (1997). *Machine learning*. New York, NY: McGraw-Hill Education.

Nowak, A., Ackermann, P. & Borowski, A. (2018). Rahmenthema „Reflexion“ im Praxissemester Physik [Reflection in pre-service physics teacher education]. In A. Borowski, A. Ehlert & H. Prechtl (Hrsg.), *PSI Potsdam* (S. 217–230). Potsdam: Universitätsverlag Potsdam.

Nowak, A., Kempin, M., Kulgemeyer, C. & Borowski, A. (2019). Reflexion von Physikunterricht [Reflection of physics lessons]. In C. Maurer (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe* (S. 838). Jahrestagung in Kiel 2018. Regensburg: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik.

Ostendorff, M., Bourgonje, P., Berger, M., Moreno-Schneider, J., Rehm, G. & Gipp, B. (2019). Enriching BERT with Knowledge Graph Embeddings for Document Classification. *arXiv*, (1909.08402v1).

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. https://doi.org/10.1080/02619768.2014.892479

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

Shulman, L. S. (1986). Those Who Understand. Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher*, *15*(2), 4–14.

Sorge, S., Neumann, I., Neumann, K., Parchmann, I. & Schwanewedel, J. (2018). Was ist denn da passiert? *MNU Journal*, *6*, 420–426.

Ullmann, T. D. (2017). Reflective writing analytics. Empirically Determined Keywords of Written Reflection. *ACM International Conference Proceeding Series*, 163–167. LAK '17 Proceedings of the Seventh International Learning Analytics & Knowledge Conference. https://doi.org/10.1145/3027385.3027394

Ullmann, T. D. (2019). Automated Analysis of Reflection in Writing: Validating Machine Learning Approaches. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, *29*(2), 217–257. https://doi.org/10.1007/s40593-019-00174-2

Von Aufschnaiter, C., Fraij, A. & Kost, D. (2019). Reflexion und Reflexivität in der Lehrerbildung. 144-159 Seiten / Herausforderung Lehrer_innenbildung - Zeitschrift zur Konzeption, Gestaltung und Diskussion, Bd. 2 Nr. 1 (2019): Herausforderung Lehrer_innenbildung - Ausgabe 2. https://doi.org/10.4119/UNIBI/HLZ-144

Wulff, P., Buschhüter, D., Nowak, A., Westphal, A., Becker, L., Robalino, H. et al. (2020). Computer-Based Classification of Preservice Physics Teachers' Written Reflections. *Journal of Science Education and Technology*. https://doi.org/10.1007/s10956-020-09865-1

Zeichner, K. M. (2010). Rethinking the connections between campus courses and field experiences in college- and university-based teacher education. *Journal of Teacher Education*, *61*(1-2), 89–99.

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

Fabian Poensgen[1]
Christiane S. Reiners[1]

[1]Universität zu Köln

Modellierung und Diagnose experimenteller Kompetenzen in der Chemielehrer*innenbildung

Experimentelles Arbeiten im Labor ist für Studierende ein wesentliches Charakteristikum ihres Chemiestudiums und nimmt auch unter Lehrenden einen enormen Stellenwert ein: „In einem sind sich die Chemiefachbereiche einig: Chemie studieren im Fernunterricht ohne Laborpraktika ist sinnlos“ (Zbikowski, 2020). In der Forschung ist der Erfolg ressourcenintensiver Laborpraktika jedoch umstritten und deren Ziel – die Entwicklung experimenteller Kompetenzen – wenig untersucht (Abd-El-Khalick et al., 2004; Bretz, 2019; Heidrich, 2017; Pullen, Thickett & Bissember, 2018). In dem hier vorgestellten Forschungsprojekt soll dies anhand von Chemielehramtsstudierenden der Universität zu Köln im ersten bis vierten Semester geschehen. Dazu bietet es sich nach Bretz (2012) an, zwei grundlegende Fragen zu ergründen: „Was sollen die Studierenden wissen?“ und „wie können wir heraus finden, dass sie es wissen?“ Diese Fragen bedingen sich jedoch gegenseitig, da für rein normativ vorgegebene Kompetenzziele nicht unbedingt auch adäquate Prüfverfahren (vgl. Bernholt, 2010) entwickelt werden können und damit gleichsam überlegt werden muss: „Was kann als Beleg dienen, dass Studierende etwas über Chemie wissen?“ (Bretz, 2012). Experimentelle Kompetenzen werden auf diese Weise erst über spezifische Aufgaben- oder Problemstellungen erfahrbar (Gut-Glanzmann, 2012) und sind damit kontextabhängig (Blömeke, Gustafsson & Shavelson, 2015).

Aus diesem Grund wurde hier im Sinne einer formativen Evaluation ein iterativ helikales Vorgehen mit sich zuspitzenden Rückkopplungs-Schleifen gewählt, in dem ein auf Literaturbasis kompiliertes Kompetenzmodell und ein dazu konzipiertes Prüfverfahren zur Diagnose experimenteller Kompetenzen kontinuierlich empirisch überprüft und weiterentwickelt wurden.

Modellierung experimenteller Kompetenzen

Experimentelle Kompetenzen werden als ein von anderen Kompetenzbereichen unabhängig messbares (Kompetenz-)Konstrukt betrachtet (Gut & Mayer, 2018), das sowohl mögliches Ergebnis als auch Voraussetzung für sinnvolle Laborarbeit ist (Abd-El-Khalick et al., 2004). Ziel der Kompetenzentwicklung soll es nach Pullen et. al. (2018) sein, dass die Studierenden ein fundamentales Verständnis chemischer Prinzipien und Theorien entwickeln und damit Sachverhalte erklären („K“), chemische Konzepte zur Problemlösung anwenden („P“), fundamentale Experimentiertechniken nutzen („F“) sowie verantwortungsvoll und sicher experimentieren („S“). Experimentelle Kompetenzen werden hier deshalb in Anlehnung an die Formulierung Weinerts (2002) verstanden als die bei Chemielehramtsstudierenden verfügbaren oder durch sie erlernbaren prozessbezogenen („P“) und konzeptbezogenen („K“) kognitiven Fähigkeiten und psychomotorischen Fertigkeiten („F“), um die experimentelle Methode in variablen Situationen sicher, verantwortungsvoll („S“) und reflektiert anwenden zu können, d.h. die Formulierung von Problem- bzw. Fragestellungen sowie Hypothesen und das Planen, Durchführen und Auswerten von Experimenten, sowie die damit verbundenen motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten.

Auf Grundlage einer umfangreichen Literaturrecherche wurden etwa 100 Kompetenzaspekte experimenteller Kompetenz identifiziert, die auf vier Niveaustufen den in der Definition heraus gearbeiteten Kompetenzdimensionen zugeordnet wurden. Anhand von videographierten Experimentiersituationen, den Erkenntnissen aus dem unten dargestellten Prüfverfahren und einer Expertenbefragung wurde das Modell hinsichtlich Stufung und Kategorisierung mehrfach evaluiert und grundlegend überarbeitet (vgl. Bernholt, 2010).

Übergeordnetes Ziel der Modellierung ist es, einen validen, empirisch abgesicherten Orientierungsrahmen zur Kompetenzentwicklung im Laborpraktikum zu entwickeln, um für Lernende und Lehrende Transparenz herzustellen und eine differenzierte Diagnose als Grundlage für individuelle Förderung zu möglichen.

Diagnose experimenteller Kompetenzen

Kompetenzen sind latente Merkmale von Menschen und können somit nicht direkt beobachtet, sondern nur aus erkennbaren Handlungen geschlussfolgert werden (Blömeke et al., 2015, S. 2). Obwohl experimentelle Kompetenzen zumeist in Form von schriftlichen Test, der Analyse von Laborprotokollen oder Computersimulationen erhoben werden, herrscht weitgehende Einigkeit, dass videographierte Hands-On Tests als Referenz anzusehen sind (Kambach, 2018). Gerade im Hochschulbereich liegt ein Fokus auf den manuellen Fertigkeiten, die nur durch die tatsächliche Durchführung erfahrbar sind (Meier, 2016), wofür jedoch kein geeignetes Prüfungsformat vorliegt (Heidrich, 2017).

Erhebung

Deshalb wurde hier ein Prüfverfahren entwickelt, bei dem die Studierenden zu einem vorgegebenen, lebensweltlichen Kontext (Abd-El-Khalick et al., 2004) wie z.B. Glühwein oder Essiggurkenwasser eine Fragestellung entwickeln, Hypothesen formulieren, ein Experiment entwerfen, im Labor durchführen und schriftlich auswerten. Insofern ermöglicht das weitgehend geöffnete Prüfungsdesign (Baur, Hummel, Emden & Schröter, 2020) genuin die Formulierung von Fragestellungen als konstitutivem Bestandteil experimenteller Kompetenz (Fricke, 2018), Indikator für Fachwissen (Ströker nach Reiners, 2017) und Ausgangs- sowie Kumulationspunkt für die Suche im Hypothesen- und Experimentier-Raum (Klahr & Dunbar, 1988). Zudem stellt das formative Prüfverfahren diagnostisch den Problemlöseprozess in den Mittelpunkt (Meier, 2016) und lässt stark divergierende Lösungsansätze zu, die anstelle der Aufgabenschwierigkeit das Kompetenzniveau determinieren.

Während der praktischen Arbeit tragen die Studierenden Kamerabrillen (Chalfen, 2014) und werden von Mitarbeiter*innen begleitet. Letztere tragen ebenfalls Kamerabrillen, bieten Hilfestellungen an, achten auf Sicherheitsaspekte und stellen den Studierenden an passenden Stellen vorgegebene Fragen im Rahmen eines Leitfrageninterviews. Auf diese Weise werden in einer qualitativen, nicht-experimentellen Längsschnittstudie mit explorativem Charakter (Döring & Bortz, 2016) anhand von drei Studierendenkohorten ($3 \leq n \leq 15$) zu bisher acht Zeitpunkten Daten in Form von videographierten Handlungen, Äußerungen, Antworten auf die Fragen der Mitarbeitenden, schriftlichen Laborprotokolle und semesterbegleitenden Selbsteinschätzungen erhoben, so dass eine Methoden- und Daten-Triangulation (Döring & Bortz, 2016) möglich wird.

Auswertung

Die gewonnenen Daten werden mittels qualitativer Inhaltsanalyse nach Mayring (2015) auf Grundlage des Kompetenzmodells ausgewertet. Dieses wurde für die Selbsteinschätzung als Fragebogen operationalisiert (Cronbachs $\alpha = .940$, bei $n = 203$), während für die videographierten und schriftlichen Elemente Kodiermanuale erstellt wurden. Dazu wurden nach Fischer & Neumann (2012; basierend auf Jacobs, Kawanaka & Stigler) jeweils für die Handlungen, verbalen Äußerungen und Protokolle passende, gestufte Kategoriensysteme entwickelt. Diese wurden nach einer Probekodierung wiederum vom Kompetenzmodell ausgehend über das Prüfverfahren bis hin zum Kodiertraining im Hinblick auf die Gütekriterien Definitionen, Indikatoren, Ankerbeispiele, Training, und Kalibrierung (Hugener, Rakocyz, Pauli & Reusser, 2006) in mehreren Schleifen in einem Wechselspiel aus induktivem und deduktivem Vorgehen (Brosius, Haas & Koschel, 2016) evaluiert und revidiert. Um die Zuverlässigkeit und Reliabilität der Ratings zu steigern, wurden die Ankerbeispiele im Hinblick auf drei unterschiedliche Problemtypen (Gut, Metzger, Hild & Tardent, 2014) differenziert. Bis auf eine Studierende führten die Studierenden bisher nämlich unabhängig von der Aufgabenstellung lediglich Titrationen, Destillationen oder Nachweisreaktionen durch.

Erste Ergebnisse

Obwohl noch Schritte zur internen und externen Validierung ausstehen, konnten Modell und Prüfverfahren so weit entwickelt werden, dass sich alle Kompetenzaspekte identifizieren lassen. Es zeigt sich jedoch, dass nicht alle Aspekte mit jedem Erhebungsinstrument gleichermaßen erfassbar sind, sondern erst die Kombination tiefergehende Einblicke in das Kompetenzniveau der Studierenden erlaubt. Die Verteilung der Kodierungen zu den vier Stufen lässt zudem den Schluss zu, dass das Modell trotz Anlehnung an Studien aus dem schulischen Bereich ausreichend komplex ist, was aber sicherlich auch durch das erheblich komplexitätssteigernde offene Prüfverfahren (Baur et al., 2020) unterstützt wird.

Bisher wurden sechs Prüfungen doppelt kodiert und ergaben in Anbetracht des hoch inferenten Kategoriensystems mit Cohens $\kappa \geq .59$ und prozentualer Übereinstimmung $\geq .70$ zufriedenstellende Übereinstimmungen (Fischer & Neumann, 2012). Auf Grund der variierenden Anzahl an Analyseeinheiten wurden die Reliabilitäten über ein gestuftes Verfahren ermittelt, bei dem die Identifikation kodierwürdiger Ereignisse nur als prozentuale Übereinstimmung berechnet werden kann.

Was den bislang diagnostizierten Stand der experimentellen Kompetenzen angeht, können Überschneidungen, aber auch Unterschiede zu vergleichbaren Studien konstatiert werden:

- Forschungsfragen und Hypothesen werden oft um spezifische experimentelle Methoden herum konstruiert und haben damit eher bestätigenden Charakter (Kambach, 2018).
- Der Umgang mit Variablen ist sowohl im Hinblick auf die Hypothesenbildung (vgl. Baur, 2018) als auch die Kontrolle (Meier, 2016; Schwichow & Nehring, 2018) oberflächlich.
- Im Bereich Sicherheit gelingt es den Studierenden häufig nicht, Gefahren und präventive Maßnahmen explizit zu benennen, selbst wenn sie letztere implizit korrekt ergreifen.
- Messungen werden teilweise ungenau durchgeführt, Beobachtungen und Daten nur entsprechend den Erwartungen ausgewertet (vgl. Chinn & Brewer, 1993).
- Studierende arbeiten jedoch anders als Schüler*innen (Baur, 2018) oft mit Blindproben.
- Im Gegensatz zu Schüler*innen (Meier, 2016) sind Studierende durchaus bereit, Hypothesen zu falsifizieren, auch wenn sie darin einen „Misserfolg“ sehen.

Literatur

Abd-El-Khalick, F., BouJaoude, S., Duschl, R., Lederman, N., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A. et al. (2004). Inquiry in science education: International perspectives. Science Education, 88(3), 397–419.

Baur, A. (2018). Fehler, Fehlkonzepte und spezifische Vorgehensweisen von Schülerinnen und Schülern beim Experimentieren. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 24(1), 115–129.

Baur, A., Hummel, E., Emden, M. & Schröter, E. (2020). Wie offen sollte offenes Experimentieren sein? Ein Plädoyer für das geöffnete Experimentieren. MNU, (2), 125–128.

Bernholt, S. (2010). Kompetenzmodellierung in der Chemie. Theoretische und empirische Reflexion am Beispiel des Modells hierarchischer Komplexität 2010. Berlin: Logos-Verl.

Blömeke, S., Gustafsson, J.-E. & Shavelson, R. J. (2015). Beyond Dichotomies: Competence viewed as a continuum. Zeitschrift für Psychologie, 223(1), 3–21.

Bretz, S. L. (2012). Navigating the Landscape of Assessment. JCE, 89(6), 689–691.

Bretz, S. L. (2019). Evidence for the Importance of Laboratory Courses. JCE, 96(2), 193–195.

Brosius, H.-B., Haas, A. & Koschel, F. (2016). Methoden der empirischen Kommunikationsforschung. Wiesbaden: Springer VS.

Chalfen, R. (2014). 'Your panopticon or mine?' Incorporating wearable technology's Glass and GoPro into visual social science. Visual Studies, 29(3), 299–310.

Chinn, C. A. & Brewer, W. F. (1993). The Role of Anomalous Data in Knowledge Acquisition. A Theoretical Framework and Implications for Science Instruction. RER, 63(1), 1–49.

Döring, N. & Bortz, J. (2016). Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften. Springer Berlin Heidelberg.

Fischer, H. E. & Neumann, K. (2012). Video Analysis as a Tool for Understandig Science Instruction. In D. Jorde & J. Dillon (Eds.), Science Education Research and Practice in Europe. Rotterdam: Sense, 114–139.

Fricke, A. (2018). Interaktive Skripte Im Physikalischen Praktikum. Entwicklung und Evaluation Von Hypermedien Für Die Nebenfachausbildung. Berlin: Logos.

Gut, C. & Mayer, J. (2018). Experimentelle Kompetenz. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung. Berlin, Heidelberg: Springer 121–141.

Gut-Glanzmann, C. (2012). Modellierung und Messung experimenteller Kompetenz. Berlin: Logos.

Gut, C., Metzger, S., Hild, P. & Tardent, J. (2014). Problemtypenbasierte Modellierung und Messung experimenteller Kompetenzen. PhyDiD B.

Heidrich, J. (2017). Erfassung von Experimentierkompetenz im universitären Kontext. Entwicklung und Validierung eines Experimentiertests zum Themenbereich Optik. Christian-Albrechts-Universität, Kiel.

Hugener, I., Rakocyz, K., Pauli, C. & Reusser, K. (2006). Videobasierte Unterrichtsforschung. In S. Rahm, I. Mammes & M. Schratz (Hrsg.), Schulpädagogische Forschung Bd. 1. Innsbruck: Studienverl., 41–53.

Kambach, M. (2018). Experimentierprozesse von Lehramtsstudierenden der Biologie. Humboldt-Universität zu Berlin.

Klahr, D. & Dunbar, K. (1988). Dual space search during scientific reasoning. Cogn Sci, 12(1), 1–48.

Mayring, P. (2015). Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. Weinheim: Beltz.

Meier, M. (2016). Entwicklung und Prüfung eines Instruments zur Diagnose der Experimentierkompetenz von Schülerinnen und Schülern. Berlin: Logos.

Pullen, R., Thickett, S. C. & Bissember, A. C. (2018). Investigating the viability of a competency-based, qualitative laboratory assessment model in first-year undergraduate chemistry. CERP, 19(2), 629–637.

Reiners, C. S. (2017). Chemie vermitteln. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Schwichow, M. & Nehring, A. (2018). Variablenkontrolle beim Experimentieren. ZfDN, 24(1), 217–233.

Weinert, F. E. (2002). Vergleichende Leistungsmessungen in Schulen. In F. E. Weinert (Hrsg.), Leistungsmessungen in Schulen, S. 17–31. Weinheim: Beltz.

Zbikowski, F. (2020). „Um die Erstsemester machen wir uns große Sorgen". Nachr. Chem., 68(10), 8–9.

Nina Skorsetz[1]
Steffen Wagner[2]
Thomas Wilhelm[1]
Burkhard Priemer[2]

[1]Universität Frankfurt
[2]HU Berlin

Brain Type und Nawi-Interesse von Grundschullehramtsstudierenden

Grundschullehrkräfte gelten als wenig naturwissenschaftsaffin (Appelton, 2003), sollen aber physikalische, biologische und chemische Fragestellungen im Rahmen des Sachunterrichts unterrichten. Befragungen unter Grundschullehramtsstudierenden zeigten jedoch, dass eine große Bandbreite naturwissenschaftlicher Themen und Fragen benannt werden, wenn nach Interessen gefragt wird (Wagner, Ziesler & Priemer, 2020).
Um hochschuldidaktische naturwissenschaftliche Angebote passgenau für diese Zielgruppe zu ermöglichen, sollen die Interessen der zukünftigen Lehrpersonen genauer betrachtet werden. Dazu bietet sich eine Beschreibung nach den Dimensionen der Empathisierer-Systematisierer-Theorie an, die im Rahmen von Autismusforschung entwickelt wurde, dann aber auch für Forschungen im Rahmen der Naturwissenschaftsdidaktik genutzt wurden, um z. B. Motivation für die Beschäftigung mit bestimmten Themen zu begründen.

Der Brain Type und die Empathisierer-Systematisierer-Theorie

Im Rahmen der Forschungen zur so genannten Empathisierer-Systematisierer-Theorie (Baron-Cohen, Knickmeyer & Belmonte, 2005) konnte gezeigt werden, dass im jungen Erwachsenenalter der so genannte Brain Type besser als das Geschlecht vorhersagt, ob ein naturwissenschaftliches Studienfach gewählt wird (Billington, Baron-Cohen et al., 2007). Der Brain Type erfasst die Ausprägungen zweier Dimension: zum einen der des Empathisierens als dem Drang eines Menschen, sich an anderen Menschen und deren Emotionen zu orientieren und danach Reaktionen zu auszurichten. Die zweite Dimension, das Systematisieren, wird beschrieben als Drang, Systeme zu verstehen, um deren Verhalten vorherzusagen.
Wurden die beiden Dimensionen zunächst als abhängig voneinander angesehen, zeigte sich, dass die Berechnung der Differenz der beiden Werte für den so genannten Brain Type nicht sinnvoll erscheint (Svedholm-Häkkinen & Lindeman, 2016) und deshalb eher als zwei eigenständige Dimensionen betrachtet werden. So konnten Zeyer und Kollegen (2013) zeigen, dass Lernende in der Oberstufe für eine Beschäftigung mit Naturwissenschaften generell –und besonders in Bezug auf physikalische und chemische Themen (Zeyer, 2017) – motivierter sind, je stärker die Dimension des Systematisierens ausgeprägt ist. Im Elementarbereich zeigte sich, dass es einen positiven, signifikanten Zusammenhang zwischen Systematisierer-Werten und der Beschäftigung mit Naturphänomenen gibt (Skorsetz, 2019).

Interesse an naturwissenschaftlichen Themen

Im deutschsprachigen Raum wird Forschungen zum Interesse häufig das Modell nach Krapp (1999; 2002) zugrunde gelegt, das ein situationales Interesse aus den Merkmalen der Person und der Interessantheit der Lernumgebungen aufzeigt.

In unseren Befragungen wird jedoch eher ein unmittelbares Interesse an Naturwissenschaften und Technik (Baram-Tsabari & Yarden, 2005) erfasst, das sich durch spontane Fragen und Benennung von Themen ausdrückt.
Interessensbefragungen bei Grundschullehramtsstudierenden zeigten bisher eine breite Streuung naturwissenschaftlicher Themen und Fragen. Hohes Interesse wird dabei an biologischen, physikalischen und Umweltthemen berichtet sowie Fragen zur Physik und zu NoS-Aspekten formuliert. Die Verteilung der Interessen von Studierenden für das Lehramt an Grundschulen hinsichtlich genannter Themen und Fragen erscheint dabei sehr heterogen (Wagner, Ziesler & Priemer, 2020).

Forschungsfragen
Im Rahmen des Kooperationsprojekts soll die folgende Hauptforschungsfrage beantwortet werden: „Wie können die naturwissenschaftlichen Interessen von Studierenden des Lehramts an Grundschulen vor dem Hintergrund der E-S-Theorie beschrieben und systematisiert werden?“ Dabei sind aktuell vier Unterfragen forschungsleitend:
a) Wie sind die Interessen in der Stichprobe verteilt?
b) Wie sind E- und S-Werte in der Stichprobe verteilt?
c) Welche Unterschiede gibt es in den Interessen von E- und S-Types?
d) Wie verhalten sich die Unterschiede im Vergleich zum Geschlecht?

Design und Stichprobe
Für das Projekt wurden die bereits bestehenden Items aus den Fragebögen zu den Interessen (Wagner, Ziesler & Priemer, 2020) sowie zur E-S-Theorie (Billington, Baron-Cohen et al., 2007) in ein webbasiertes Befragungsinstrument übertragen (EvaSys). Zusätzlich wurden an soziodemographischen Daten das Geschlecht sowie die Wahl des natur- bzw. sozialwissenschaftlichen Schwerpunkts im Sachunterrichts-Studiums erfasst.
Der Fragebogen zum naturwissenschaftliches Interesse beinhaltet zwei offene Items:
1. Welche zwei Themen der Naturwissenschaften interessieren Sie im Moment am meisten?
2. Welche Frage zu den Naturwissenschaften wollten Sie einer Forscherin oder einem Forscher schon immer einmal stellen?
Der EQ-SQ-Questionnaire umfasst 47 Items mit 4-stufiger Likert-Skala. 22 davon zur Dimension Empathisieren und 25 Items zur Dimension des Systematisierens.
Bisher konnten 186 Studierende des Lehramts an Grundschulen mit dem Schwerpunkt Sachunterricht im Rahmen einer naturwissenschaftlichen Einführungsvorlesung befragt werden.
Im Januar 2020 wurden 86 Studierende an der Goethe Universität Frankfurt befragt, im April 40 Studierende an der Humboldt Universität Berlin und 60 Studierende an der Pädagogischen Hochschule Karlsruhe. Die Nennungen der (maximal drei) Interessen wurden Kategorien (z. B. Biologie, Physik, NoS) zugeordnet sowie die Empathisierer- bzw. Systematisierer-Werte, wie in der Literatur beschrieben, berechnet.

Ergebnisse
(a) Verteilung der Interessen in Kategorien
Insgesamt gab es n=505 Interessensnennungen. Am häufigsten werden Interessen aus dem Bereich der Biologie benannt (37, 2%), gefolgt von Physik (18,2%) und Umwelt und Geowissenschaften (17,6%). Nennungen zu Technik beinhalten 4,6% der Gesamtnennungen, zu NoS (4,2%) und Gesellschaft (3,0%). Genannt werden auch Fragen zur Vermittlung von

Naturwissenschaften (2,8%) sowie Forscherpersonen (2,0%). In den ausdifferenzierten Unterkategorien finden sich die meisten Nennungen zum Thema Humanbiologie sowie Umwelt allgemein.

(b) Verteilung E-S-Werte in der Stichprobe

Weibliche Teilnehmende haben einen signifikant höheren E- als S-Wert mit großer Effektstärke (Wilcoxon SRT / gepaart: W=18278, n=193, p<0.001, r=0.84). Bei männlichen Teilnehmenden zeigt sich hingegen kein signifikanter Unterschied zwischen dem E- und dem S-Wert. Teilnehmerinnen haben einen signifikant höheren E-Wert mit moderater Effektstärke als Teilnehmer (Wilcoxon RST / ungepaart: V=2835, p<0.001, r=0.31). Männliche Teilnehmende haben einen signifikant höheren S-Wert mit geringer Effektstärke als weibliche Teilnehmende (Wilcoxon RST / ungepaart: V=891, p<0.001, r=0.23)

(c) E- und S-Werte und Interesse

Es zeigen sich keine signifikanten Unterschiede in den E-Werten in Bezug auf Zugehörigkeit einer Nennung zu einer Interessenskategorie. Das bedeutet, dass beispielsweise eine Nennung aus der Kategorie Biologie nicht mit einem signifikant höheren oder niedrigeren E-Wert assoziiert werden kann als alle anderen Nennungen zusammen. Es werden jedoch signifikante Unterschiede in den S-Werten in Bezug auf Zugehörigkeit zu den Interessenskategorien sichtbar. Nennungen in den Kategorien Physik und Technik werden mit einem signifikant schwach höheren S-Wert assoziiert. Biologie sowie Umwelt- und Geowissenschaften als Interessenskategorien werden mit einem signifikant schwach niedrigerem S-Wert assoziiert. Betrachtet man nur die Fragen (und nicht die Themen) der Studierenden, zeigt sich der einzige signifikante Zusammenhang mit einem höheren E-Wert in Bezug auf NoS-Aspekte.

Exkursion: Coronabedingte Verschiebungen der Interessensnennungen

Aus aktuellem Anlass bietet sich eine Untersuchung des Einflusses der Corona-Pandemie auf die Interessen der Studierenden an. Dazu können die relativen Häufigkeiten der Nennungen in den Pandemie-relevanten Unterkategorien (Human- und Mikrobiologie) aus der aktuellen Erhebung (während der Pandemie: 13,7%) mit den Nennungen aus einer Erhebung vor der Pandemie (6,1%) ebenfalls an Studierenden des Grundschullehramts stattfand, verglichen werden. Dabei zeigt sich eine Verdopplung der relativen Häufigkeit von Interessen aus diesen Unterkategorien (X-squared=21.673, df=1, p-value<0.001 CramersV=0.13). Einschränkend muss erwähnt werden, dass die Erhebung auch an unterschiedlichen Universitäten stattfand und dieser Einfluss bislang nicht berücksichtigt wurde.

Interpretation

Unsere Ergebnisse bestätigen zu höheren S-Werten in Physik bzw. Technik bisherige Erkenntnisse (Zeyer et al., 2013). Es zeigen sich jedoch nur kleine Effekte bei einer großen Heterogenität in den Interessen. Bislang gab es in der Literatur keine Nachweise über einen Zusammenhang von Interesse und Neigung zum Empathisieren. Jetzt konnte gezeigt werden, dass naturwissenschaftliche Interessen weitgehend unabhängig vom E-Wert vorhanden und verteilt sind. Einzige Ausnahme scheint die Kategorie NoS zu sein. Eventuell ist dies ein Anhaltspunkt, an dem die Gestaltung von hochschuldidaktischen Lernumgebungen für Studierende mit hohem E-Wert ansetzen könnte. Erkenntnissichernd erscheinen hier eine Erweiterung der Stichprobe sowie die Befragung einer Kontrollgruppe, um Spezifika der Gruppe der Studierenden des Lehramts an Grundschulen zu identifizieren. Eine Erweiterung der Stichprobe ist für das Wintersemester 2020/21 in Frankfurt und Heidelberg geplant sowie für Sommersemester 2021 in Berlin. Ebenso sollen die von den Probanden genannten Fragen

qualitativ ausgewertet werden, um möglicherweise detailliertere Informationen zu den Interessenskategorien zu generieren.

Literatur

Appleton, K. (2003). How Do Beginning Primary School Teachers Cope with Science? Toward an Understanding of Science Teaching Practice. Research in Science Education, 33(1), 1–25. https://doi.org/10.1023/A:1023666618800

Baram-Tsabari, A. & Yarden, A. (2005). Characterizing children's spontaneous interests in science and technology. International Journal of Science Education, 27(7), 803–826. https://doi.org/10.1080/09500690500038389

Baron-Cohen, S., Knickmeyer, R. & Belmonte, M. K. (2005). Sex Differences in the Brain. Implications for Explaining Autism. Science (New York, N.Y.), 310(5749), 819-823. https://doi.org/10.1126/science.1115455

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.

Krapp, A. (1999). Interest, motivation and learning: An educational psychological perspective. European Journal of Psychology and Education, 14(1), 23–40.

Krapp, A. (2002). Structural and dynamic aspects of interest development: theoretical considerations from an ontogenetic perspective. Learning and Instruction, 12, 383–409.

Skorsetz, N. (2019). Empathisierer und Systematisierer im Vorschulalter. Eine Fragebogen- und Videostudie zur Motivation, sich mit Naturphänomenen zu beschäftigen (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 270). Berlin: Logos Verl.

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

Wagner, S., Ziesler, J., Priemer, B. (2020). Naturwissenschaftliche Interessen von Studierenden des Grundschullehramts. In S. Habig (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen (Bd. 40, S. 357 - 360). Duisburg, Essen: Universität Duisburg - Essen

Zeyer, A. (2017). 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, 52(3), 263. https://doi.org/10.1002/tea.21413

Zeyer, A., Cetin-Dindar, A., Nurulazam, A. m. Z., Jurisevic, M., Devetak, I. & Odermatt, F. (2013). Systemizing: A Cross-Cultural Constant for motivation to Learn Science. Journal of Research in Science Teaching, 50(9), 1047–1067.

Carina Wöhlke[1]
Heiko Krabbe[1]

[1]Ruhr-Universität Bochum

Schriftliches Erklären im Physikunterricht unterstützen

Erklären im Physikunterricht

Die Erklärfähigkeit von SchülerInnen ist ein Teil der Sach- und Erkenntnisgewinnungskompetenz (vgl. KMK, 2005; NGSS, National Research Council 2012) und bildet einen Teil des Anforderungsniveaus II (KMK, 2005). Das Erklären hilft den SchülerInnen dabei, höhere kognitive Strukturen auszubilden (Braaten & Windschnitl, 2011) und ermöglicht es ihnen, Erfahrungen mit authentischen, wissenschaftlichen Handlungen zu sammeln (Braaten & Windschnitl, 2011; Tang 2016; Andrade, Freire & Baptista, 2019). Obwohl Erklären beim konzeptuellen Verständnis helfen kann, werden im Unterricht Fakten angehäuft, ohne die Logik von Erklärungen zu verstehen oder anzuwenden (Braaten & Windschitl, 2011). Des Weiteren geben oft die Lehrkräfte (gute) Erklärungen und lassen die SchülerInnen nicht selber erklären (Braaten & Windschitl, 2011). Auch wenn das Argumentieren ebenfalls hilft, kognitive Strukturen auszubauen, sollten Argumentieren und Erklären nicht synonym verwendet werden (Osborne & Patterson, 2011). Zwar gibt es viele Studien, die das Argumentieren untersuchen, aber eher wenig Studien, die Erklärfähigkeit von SchülerInnen fördern oder untersuchen (Andrade, Freire & Baptista, 2019; Tang, 2016). Wir folgern daraus, dass mehr Studien nötig sind, die die Erklärfähigkeit von SchülerInnen untersuchen, um ableiten zu können, wie gute SchülerInnen-Erklärungen im Unterricht gefördert werden können (Andrade, Freire & Baptista, 2019).

Physikalische Erklärungen und ihre Modelle

Physikalische Erklärungen geben Antwort auf die Frage „Warum“ ein natürliches Phänomen auftritt (Osborne & Patterson, 2011). Beispielsweise kann durch eine physikalische Erklärung die Frage beantwortet werden, warum ein Auto beschleunigt. Des Weiteren leiten physikalische Erklärungen über akzeptierte Gesetzmäßigkeiten oder Theorien Phänomene her (Braaten & Windschnitl, 2011). Die Beschleunigung eines Autos kann demnach über das zweite Netwon’sche Axiom hergeleitet werden. Es werden also – anders als bei Argumentationen – gesicherte Phänomene erklärt (Osborne & Patterson, 2011).

Es gibt verschiedene Ansätze, physikalische Erklärungen zu modellieren (Hempel & Oppenheimer, 1948; Salmon, 1989; Braaten & Windschnitl, 2011; Tang, 2015). Eine mögliche logische Struktur für Erklärungen von SchülerInnen im Unterricht ergibt sich aus einer Synthese dieser Erklärungsmodelle (Braaten & Windschnitl, 2011; Tang, 2016): (a) Ein zu erklärendes Phänomen muss erkannt werden; Dies drückt sich in einer (angemessenen) Beschreibung des Phänomens aus. (b) Anschließend werden Naturgesetzen (Covering-Law-Model nach Hempel & Oppenheimer (1949)), statistische Zusammenhänge (Salmon, 1989) oder big ideas (Friedman, 1974) zurate gezogen. Mithilfe dieser werden Ursachen und Wirkungen in eine logische Kette gebracht (Tschentscher & Berger, 2016), um Gründe für das Phänomen abzuleiten und dieses somit zu erklären. Eine gute Erklärung ist physikalisch relevant, hat einen konzeptuellen Rahmen mit entsprechender (linearer oder komplexer) Kausalität und verwendet abstrakte Repräsentationsebenen (Andrade, Freire & Baptista, 2019). Eine Erklärung gewinnt an Qualität, wenn sie sich auf wenige, aber erklärmächtige Ursachen (z.B. big

ideas) stützt (Explanatory-Covering-Model nach Friedman, 1974). (c) Abschließend wird aus der logischen Kette das Phänomen geschlussfolgert.
Tang (2016) konnte zeigen, dass es SchülerInnen beim Verfassen einer Erklärung hilft, wenn sie einen rhetorischen Rahmen als Hilfestellung erhalten. Angelehnt an Toulmins (1975) rhetorische Kette für das Argumentieren (Claim – Evidence – Reasoning) entwickelte Tang (2016) einen rhetorischen Rahmen für Erklärungen (siehe Abbildung 1), in dem zunächst das Phänomen beschrieben, passende Gesetzmäßigkeiten herangezogen werden (Premise), daraufhin die Ursachen und Wirkungen in eine logische Kette gebracht werden (Reasoning) und abschließend das Phänomen gefolgert wird (Outcome). Da es sich beim Erklären um eine sprachliche Handlung handelt, stellt sich die Frage, inwiefern solche strukturierenden, fachlich-konzeptuellen Hilfen ausreichen oder auch sprachliche Hilfestellungen nötig sind, um die Erklärfähigkeit von SchülerInnen zu unterstützen.

Forschungsfragen und Hypothese
In dem Projekt gehen wir daher den Forschungsfragen nach, (1) inwieweit die Förderung durch fachliche und/oder sprachliche Hilfen zur Strukturierung von Erklärtexten zu einer Veränderung der Erklärtexte von SchülerInnen führt und (2) inwiefern diese Veränderung von der Art der Hilfen abhängt (fachlich, sprachlich, fachlich und sprachlich)? Dafür wurden die Hypothesen untersucht, dass a) die Hilfen zu einer erhöhten Qualität der SchülerInnen-Erklärungen führen und (b) fachlich und sprachlich kombinierte Hilfen zur Strukturierung von Erklärtexte zusammen zu einer stärkeren Qualitätssteigerung von Erklärtexten der SchülerInnen führen als rein fachlich oder sprachliche Hilfen.

Untersuchungsdesign
Für die Untersuchung dieser Hypothesen wurden Erklärtexte zum zweiten Newton'schen Axiom und deren Überarbeitungen von $N = 90$ SchülerInnen nach einem Schülerlabor-Projekttag untersucht. An diesem Projekttag wurden die SchülerInnen durch einen Input zum zweiten Newton'schen Axiomen fachlich auf den gleichen Stand gebracht. In einem Stop-Motion-Video wurde eine Start-, Lande- und Rollphase eines Lego-Star Wars-„Raumschiffs" gezeigt, dessen Rollphase (gleichmäßige Bewegung) in einem beispielhaften (Erklär-)Video erklärt wurde. Dann sollten die SchülerInnen den Start (beschleunigte Bewegung) in einem eigenen Erklärvideo erklären. Dazu haben sie einzeln einen Drehbuchtext (Drehbuch A) verfasst und in PowerPoint eine entsprechende nonverbale Veranschaulichung durch die Ergänzung von Vektorpfeilen (Geschwindigkeit, Kraft) in einem vorgegebenen Zeitraster (3 Zeitpunkte) erstellt. Als Intervention erhielten die SchülerInnen in vier Gruppen (F_k: fachlich-konzeptuell konkrete ($N = 19$), F_a: fachlich-konzeptuell-allgemeine ($N = 22$), S: sprachliche ($N = 27$), $F_a \& S$: fachlich-konzeptuell-allgemein und sprachlich kombinierte ($N = 22$)) Hilfen zur Verfassung von Erklärungen. Diese folgten in Anlehnung an Tang (2016) einer rhetorischen Struktur: Einordnen des Phänomens in ein Oberthema, alltagssprachliche und fachliche Beschreibungen des Phänomens, Heranziehen einer Gesetzmäßigkeit (Premise), Ableiten und Überprüfen der Bedingungen für die Gesetzmäßigkeit (Reasoning), Folgern des Phänomens und Schreiben einer Zusammenfassung (Outcome). Diese Hilfen wurden in zwei Aufgaben zu der Erklärung der Rollphase in dem Beispielvideo von den SchülerInnen erschlossen. Abschließend überarbeiteten die SchülerInnen individuell ihre Drehbuchtexte (Drehbuch B) mit den Hilfen und setzen in Kleingruppen eines ihrer Drehbücher in ein Erklärvideo um. Anhand eines entlang der rhetorischen Struktur entwickelten Kodiermanuals wurden die Drehbuchtexte und ihre Überarbeitungen in acht Aspekten (siehe Tab. 1) auf einer

Skala von Null (nicht realisiert) bis vier (vollständig realisiert) bewertet. Zusammenhangsanalysen halfen beim Beantworten der Forschungsfrage.

Ergebnisse

In Tabelle 1 ist die Veränderung der Mittelwerte von Drehbuch A zu Drehbuch B bezüglich der acht Aspekte mit dem 95%-Konfidenzintervall dargestellt.

Aspekte	**ΔM**	**Sig. (2-seitig)**	**Unterer Wert**	**Oberer Wert**
Einordnung in Oberthema	.58	.001***	.833	.333
Alltagsspr. Beschreibung	.23	.019*	.378	.100
Fachliche Beschreibung	.10	.022*	.178	.034
Nennung der Gesetzmäßigkeit	.07	.025*	.171	.033
Ableiten der Bedingungen	.09	.071	.178	.011
Prüfen der Bedingungen	.06	.038*	.111	.011
Folgerung des Phänomens	.08	.156	.167	.022
Zusammenfassung	.09	.123	.189	.022

Tab. 1. Mittelwertsunterschiede von Drehbuch A zu B der Aspekte der rhetorischen Struktur.

Die Analyse mittels t-Test bei abhängigen Stichproben durch Bootstrapping zeigt, dass sich die SchülerInnen-Erklärungen bezüglich der Aspekte Ableiten der Bedingungen, Folgern des Phänomens und Zusammenfassen nicht signifikant verbessert habe. Dies sind Aspekte, die zum Reasoning gehören und den SchülerInnen trotz Hilfen schwer zu fallen scheinen (siehe Tab. 1, Zeilen 6, 7 und 9). Insgesamt beträgt der Mittelwertunterschied maximal einen halben Punkt (siehe Tab. 1, Spalte 2).

Der Vergleich der Medianunterschiede zwischen den verschiedenen Interventionsgruppen mittels Kruskal-Wallis-Test zeigt, dass vor allem zwischen den Gruppen S und $F_a\&S$ Medianunterschiede existieren (siehe Abb. 2). Ähnliches deutet sich für die Unterschiede zwischen den Gruppen F_k und $F_a\&S$ an (siehe Abb. 2). Daraus lässt sich ableiten, dass am ehesten fachlich-konzeptuell allgemein und sprachlich kombinierte Hilfen beim Verfassen einer Erklärung helfen.

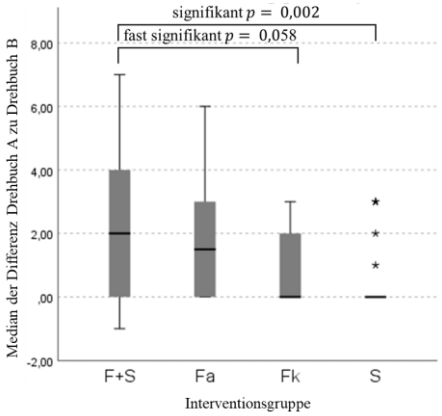


Abb. 2. Median der Differenzen von Drehbuch A zu Drehbuch B und deren Vergleich nach Interventionsgruppen.

Diskussion und Ausblick

Für den geringen Anstieg der Erklärqualität kann es mehrere Gründe geben. Zum einen wird vermutet, dass die SchülerInnen nicht über das entsprechende Fachwissen verfügten. Zum anderen kann das Zeitraster, das als Vorlage für die graphische Umsetzung vorgegeben wurde, als eine starke, bisher nicht bedachte Hilfestellung dienen. Dieses steht den SchülerInnen schon bei der Anfertigung von Drehbuch A zur Verfügung, sodass es trotz weiterer Hilfen nur selten zu den erwarteten Überarbeitungen kommt. In zukünftigen Durchführungen kommt das Zeitraster daher erst später zum Einsatz.

Literatur

Andrade, V., Freire, S., & Baptista, M. (2019). Constructing scientific explanations: a system of analysis for students' explanations. Research in Science Education, 49(3), 787-807.

Braaten, M., & Windschitl, M. (2011). Working toward a stronger conceptualisation of scientific explanation for science education. Science Education, 95, 639-669.

Friedman, M. (1974). Explanation and scientific understanding. Journal of Philosophy, 71, 5 – 19.

Hempel, C. G., & Oppenheim, P. (1948). Studies in the logic of explanation. Philosophy of Science, 15(2), 135 – 175.

KMK – Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (2005). Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss. München: Luchterhand.

National Research Council. (1996). National science education standards. Washington, DC: National Academy Press.

Osborne, J. F., & Patterson, A. (2011). Scientific argument and explanation: A necessary distinction? Science Education, 95, 627–638.

Salmon, W. C. (1989). Four decades of scientific explanation. Minneapolis, MN: University of Minnesota Press.

Tang, K. S. (2016). Constructing scientific explanations through premise–reasoning–outcome (PRO): an exploratory study to scaffold students in structuring written explanations. International Journal of Science Education, 38(9), 1415-1440.

Tschentscher, C. & Berger, R. (2016): Wie kann man gute Erklärungen mit Lernenden trainieren? In: Naturwissenschaften im Unterricht Physik (152). S. 16-21

Toulmin, S. E. (1975). Der Gebrauch von Argumenten. Kronberg: Scriptor.

Oliver Grewe[1]
Maria Todorova[1]
Kornelia Möller[1]

[1]Westfälische Wilhelms-Universität Münster

Förderung der professionellen Wahrnehmung sprachsensibler Maßnahmen im Sachunterricht

Ausgangslage & Zielsetzung

Viele Schüler_innen (SuS) der Grundschule weisen unzureichende alltags- und fachsprachliche Fähigkeiten auf (Kniffka & Roelcke, 2016). Die Sprache im Unterricht kann dadurch im ungünstigen Fall zu einem Lernhindernis anstelle eines förderlichen Mediums für das Lernen fachlicher Inhalte werden (Meyer & Prediger, 2012). Demnach ist es wichtig, dass ein Fachunterricht (FU) die sprachlichen Kompetenzen der SuS berücksichtigt und das Lernen sprachlicher und fachlicher Lerninhalte miteinander verbindet (Brauner & Prediger, 2018). Demgegenüber steht eine oftmals fehlende entsprechende Qualifizierung von Fachlehrkräften, wodurch es zu einer Überforderung im Unterricht kommen kann (Tajmel, 2010). Studien zeigen, dass fehlende Qualifizierung u.a. zu einer sprachlichen Entlastung des Unterrichts führen kann, wodurch das Potential sprachlichen Lernens nicht ausgeschöpft wird (Riebling, 2013).
Wünschenswert wäre also eine frühzeitige Qualifizierung angehender Lehrkräfte für einen sensiblen Umgang mit Sprache auch im Sachunterricht (SU). Vor diesem Hintergrund wurde an der WWU Münster im Rahmen der QLB[1] ein video- und praxisbasiertes Masterseminar entwickelt, das auf die Förderung der professionellen Unterrichtswahrnehmung (PUW) sprachsensibler Maßnahmen (sprachs. Maßn.) im SU abzielt. Die PUW stellt ein bedeutendes Konstrukt für eine Professionalisierung angehender Lehrkräfte dar (Steffensky & Kleinknecht, 2016), da sie als wichtiger Prädiktor für qualitätsvolles Unterrichthandeln gilt (Kersting et al., 2012).

Theoretischer Hintergrund

Nach Sherin & van Es (2009) bezeichnet die PUW die Fähigkeit, bedeutsame Interaktionen und Prozesse im Unterricht zu erkennen (noticing) und theorie- und wissensgeleitet zu interpretieren (knowlegde-based reasoning). Gold, Hellermann & Holodynski (2016) operationalisieren sie als *Beschreibung* lernwirksamer Unterrichtskomponenten, deren theoriebasierte *Interpretation* und *Bewertung* sowie als Generierung von *Handlungsalternativen*.
Als wissensbasierter Prozess setzt die PUW einerseits professionelles Wissen voraus und ist andererseits ein Indikator für anwendbares Wissen (Steffensky & Kleinknecht, 2016). Nach dem PID-Modell von Blömeke, Gustafsson & Shavelson (2015) steht die PUW zwischen kognitiven und affektiv motivationalen Dispositionen auf der einen und der Performanz im Unterricht auf der anderen Seite; sie nimmt eine mediierende Funktion ein und ist demnach von zentraler Bedeutung für die professionelle Kompetenz von Lehrkräften.
Eine bessere PUW von Lehrkräften geht u.a. mit einer besseren Instruktionsqualität (Sherin & van Es, 2009) und besseren Leistungen ihrer SuS (Kersting et al., 2012) einher. Studien geben Hinweise darauf, dass der Einsatz von Videos die Förderung der PUW angehender Lehrkräfte

[1]Das diesem Beitrag zugrundeliegende Vorhaben wurde im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter *dem* Förderkennzeichen 01JA1619 gefördert. Der Inhalt des Beitrags wird von den Autor_innen verantwortet.

unterstützt (z.B. Sunder, Todorova & Möller, 2016). Außerdem zeigte sich ein positiver Einfluss von Praxiserfahrungen auf die PUW (Stürmer, Seidel & Schäfer, 2013). Da die Fähigkeit zur PUW gilt als domänenspezifisch gilt (Steffensky et al., 2015) ist anzunehmen, dass positiv evaluierte Förderkonzepte, z.B. bzgl. lernunterstützender Maßnahmen im SU (Sunder, Todorova & Möller, 2015), nicht ohne Weiteres auf sprachs. Maßn. übertragen werden können.
Sprachs. Maßn. im FU zielen einerseits darauf ab, dass die sprachlichen Anteile des Unterrichts das Lernen von fachlichen Inhalten nicht erschweren; anderseits nutzen sie die sprachlichen Anteile des Unterrichts als produktives Medium, um das fachliche Lernen zu unterstützen (Meyer & Prediger, 2012). Entsprechend der Systematisierung von sprachunterstützenden Maßnahmen nach Kammermeyer und Roux (2013) wurden durch Literatur- und Videoanalysen potentiell sprachs. Maßn. für den SU entwickelt, die auf eine alltagsintegrierte und universelle Anwendung abzielen, die sprachliche Mitteilung im Unterricht fokussieren und die Lehrkraft als wesentlichen Akteur im Unterstützungsprozess sehen (Grewe & Möller, 2020). Die identifizierten sprachs. Maßn. umfassen drei Bereiche: (1) *Kommunikation erleichtern bzw. forcieren*, (2) *Sprachlich modellieren durch vorbildliches bzw. steuerndes Sprachhandeln* und (3) *Unterschiedliche Repräsentationsformen nutzen bzw. nutzen lassen*.

Fragestellung & Hypothesen

Die Studie geht der Frage nach, inwiefern ein video- und praxisbasiertes Masterseminar die Facetten der PUW- (a) Beschreibung, (b) Interpretation, (c) begründete Bewertung, (d) Handlungsalternativen - in Bezug auf sprachs. Maßn. im SU fördern kann. Aufgrund von Vorarbeiten in anderen Domänen (u.a. Sunder et al. 2015) ist davon auszugehen, dass sich in einem video- und praxisbasierten Seminar die o.g. vier Facetten der PUW von Prä zu Post stärker verbessern als in einer KG ohne vergleichbare Intervention.

Methode

Stichprobe, Design & Seminar: An der Studie im Prä-Post-Kontrollgruppen-Design nahmen insgesamt 139 Masterstudierende des Fachs SU teil (EG: n = 93 Seminarteilnehmer_innen, 90.8% weiblich, Alter: M = 24.2 Jahre [SD = 2.3]; KG: n = 46 Studierende ohne vergleichbares Seminar, 89.9% weiblich, Alter: M = 25.2 Jahre [SD = 3.3]). Der Videotest zur Messung der PUW (Junker et al., 2020) wurde in der EG zu Beginn und am Ende des Seminars durchgeführt. Die KG bearbeitete die Befragung onlinegestützt im vergleichbaren zeitlichen Abstand. Zu Seminarbeginn wurde fachliches und fachdidaktisches Wissen zum Thema Magnetismus und zu den Grundlagen sprachs. Maßn. erarbeitet. Ergänzend erfolgte eine Analyse fremder Videos hinsichtlich der erarbeiteten sprachs. Maßn. Die Studierenden planten anschließend eine kurze Unterrichtseinheit zum Thema Magnetismus, integrierten dabei unter Angabe von Begründungen sprachs. Maßn. und generierten mögliche Handlungsalternativen. Danach erprobten sie ihre Unterrichtsplanungen in Kleingruppen in einer SU-Klasse und analysierten anschließend den videografierten Unterricht hinsichtlich der eingesetzten sprachs. Maßn.
Instrument & Auswertung: Die PUW wird mit einem teilstrukturierten Videotest erhoben. Ein fünfminütiges Video aus einer ersten Klasse zum Thema Magnetismus dient als Stimulus. Die Studierenden bearbeiten (max. 45 Minuten) eine vierspaltige Tabelle: Sie *beschreiben* die wahrgenommenen sprachs. Maßn. der Lehrkraft, *interpretieren* und *begründen* diese und stellen die Maßnahme einer möglichen *Alternative* evaluierend gegenüberstellen.
Die Videoanalysen wurden anhand eines durch Expert_innen validierten Masterratings sowie anhand von Qualitätskriterien bewertet (Junker et al., 2020), die das Ergebnis eines am Material ausgerichteten induktiven-deduktiven Vorgehens der evaluativen Inhaltsanalysen

(Kuckartz, 2012) sind. Die Beurteilerübereinstimmung der Antwortkodierungen war über alle Kategorien hinweg in einem guten Bereich. Beim Beschreiben diente die prozentuale Übereinstimmung der beschriebenen Maßnahmen mit dem Masterrating als Maß für das Erkennen sprachs. Maßn. Bei der Interpretation, der Bewertung und der Handlungsalternative dienten jeweils der prozentuale Anteil an erreichbaren Punkten als Maße für diese Facetten der PUW. Zur Überprüfung der Hypothesen wurde für jede Facette der PUW jeweils eine univariate Varianzanalyse mit Messwiederholungsfaktor Zeit (Prä vs. Post) und Zwischensubjekt-Faktor Gruppe (EG vs. KG) durchgeführt. Außerdem wurden t-Tests für gepaarte Stichproben durchgeführt und die Effektstärken berechnet.

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse zeigen hypothesenkonform für alle vier Facetten der PUW - (a) erkennen, (b) interpretieren, (c) begründet bewerten und (d) Alternativen gegenüberstellen - bzgl. sprachs. Maßn. eine signifikant stärkere Entwicklung in der EG im Vergleich zur KG. Die ermittelten Interaktionseffekte von Zeit und Gruppe sind dabei unterschiedlich groß: Für (b) und (d) zeigt sich ein großer, für (c) ein mittlerer und für (a) ein kleiner Effekt. Ein t-Test für gepaarte Stichproben zeigt für die Entwicklung von Prä nach Post bei (a) für die EG lediglich eine tendenziell signifikante Verbesserung. Für (b) und (c) ergaben t-Tests, dass sich die EG signifikant positiv mit einem mittleren Effekt verbessert; für (d) zeigt sich ein großer Effekt.

Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass die PUW sprachs. Maßn. mithilfe eines video- und praxisbasierten Seminars gefördert werden kann, was mit den Ergebnissen in anderen Domänen (z.B. Sunder et al., 2015) übereinstimmt. Die Entwicklung bzgl. des Erkennens sprachs. Maßn. fällt am geringsten und nur tendenziell signifikant aus. Dieses Ergebnis kann möglicherweise mit Deckeneffekten im Test begründet werden: Im Video sind entsprechend des Expertenratings 45 sprachs. Maßn. (∅ eine pro sieben Sekunden) zu erkennen, und damit ist die Schwierigkeit, eine sprachs. Maßn. zu beschreiben, sehr gering. Es stellt sich die Frage, ob die Fähigkeit des Erkennens mit diesem Vorgehen ausreichend reliabel gemessen wird. Eine Alternative als Maß für die Fähigkeit des Erkennens könnte die Anzahl der sprachs. Maßn. sein, auf die in der Interpretation Bezug genommen wird.

Das Seminarkonzept hat die positive Entwicklung bei den drei weiteren Facetten (b), (c) und (d) (hoch)signifikant begünstigt. Der große Effekt bezüglich (d) gibt einen Hinweis darauf, dass den Teilnehmer_innen vermutlich durch die Kenntnis vielfältiger Maßnahmen insbesondere die Generierung alternativer sprachsensibler Lehrerinnenhandlungen gelingt.

Um im Sinne von Design-Based Research das Seminarkonzept weiter zu optimieren und den Einfluss verschiedener Elemente (z.B. Videos, eigenes Unterrichten) auf den PUW-Zuwachs zu untersuchen, wurden im Anschluss an das Projekt alternative Interventionskonzepte eingesetzt und evaluiert. Die Ergebnisse dieser Konzepte bzgl. der Entwicklung von PUW werden aktuell ausgewertet (Grewe et al., in Vorb.).

Literatur

Brauner, U., & Prediger, S. (2018). Alltagsintegrierte Sprachbildung im Fachunterricht – Fordern und Unterstützen fachbezogener diskursiver Aktivitäten. In C. Titz, S. Geyer, A. Ropeter, H. Wagner, S. Weber & M. Hasselhorn (Hrsg.), Konzepte zur Sprach- und Schriftsprachförderung entwickeln (S. 228–248). Stuttgart: Kohlhammer

Blömeke, S., Gustafsson, J.-E., & Shavelson, R. J. (2015). Beyond Dichotomies: Competence Viewed as a Continuum. Zeitschrift für Psychologie, 223(1), 3–13

Gold, B., Hellermann, C., & Holodynski, M. (2016). Professionelle Wahrnehmung von Klassenführung – Vergleich von zwei videobasierten Erfassungsmethoden. In D. Prinz & K. Schwippert (Eds.), Der Forschung, der Lehre, der Bildung: Aktuelle Entwicklungen der empirischen Bildungsforschung (S. 103-118). Münster: Waxmann

Grewe, O., & Möller, K. (2020). Die professionelle Unterrichtswahrnehmung von sprachsensiblen Maßnahmen im Sachunterricht der Grundschule fördern – ein video- und praxisbasiertes Seminar im Master of Education. HLZ – Herausforderung Lehrer*innenbildung, 3 (1), 323– 359

Grewe, O., Zucker, V., Todorova, M., & Möller, K. (in Vorb.). Förderung der professionellen Wahrnehmung und Selbstwirksamkeitsüberzeugungen bezüglich sprachsensiblen Maßnahmen in Masterseminaren

Junker, R., Rauterberg, T., Möller, K., & Holodynski, M. (2020). Videobasierte Lehrmodule zur Förderung der professionellen Wahrnehmung von heterogenitätssensiblem Unterricht. HLZ - Herausforderung Lehrer*innenbildung, 3(1), 236–255

Kammermeyer, G., & Roux, S. (2013). Sprachbildung und Sprachförderung. In M. Stamm & D. Edelmann (Hrsg.), Handbuch frühkindliche Bildungsforschung (S. 515–528). Berlin: Springer

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

Kniffka, G., & Roelcke, T. (2016). Fachsprachenvermittlung im Unterricht. Paderborn: Schöningh

Kuckartz, U. (2012). Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerstützung. Weinheim & Basel: Beltz Juventa

Meyer, M., & Prediger, S. (2012). Sprachenvielfalt im Mathematikunterricht – Herausforderungen, Chancen und Förderansätze. Praxis der Mathematik in der Schule, 54 (45), 2–9

Riebling, L. (2013). Sprachbildung im naturwissenschaftlichen Unterricht. Eine Studie im Kontext migrationsbedingter sprachlicher Heterogenität (Interkulturelle Bildungsforschung, Bd. 20). Münster: Waxmann. Sherin, M. G., & van Es, E. A. (2009). Effects of Video Club Participation on Teachers' Professional Vision. Journal of Science Teacher Education, 60(1), 20–37

Sherin, M., & van Es, E. (2009). Effects of Video Club Participation on Teachers' Professional Vision. Journal of Teacher Education, 60, 20–37

Steffensky, M., Gold, B., Holdynski, M., & Möller, K. (2015). Professional Vision of Classroom Management and Learning Support in Science Classrooms - Does Professional Vision Differ Across General and Content-Specific Classroom Interactions? International Journal of Science and Mathematics Education, 13 (2), 351–368

Stürmer, K., Seidel, T., & Schäfer, S. (2013). Changes in professional vision in the context of practice: Preservice teachers' professional vision changes following practical experience: a video-based approach in university-based teacher education. Gruppendynamik und Organisationsberatung, 44(3), 339–355

Sunder, C., Todorova, M., & Möller, K. (2015). Kann die professionelle Unterrichtswahrnehmung von Sachunterrichtsstudierenden trainiert werden? Konzeption und Erprobung einer Intervention mit Videos aus dem naturwissenschaftlichen Grundschulunterricht. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 22, 1–12

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

Steffensky, M., & Kleinknecht, M. (2016). Wirkungen videobasierter Lernumgebungen auf die professionelle Kompetenz und das Handeln (angehender) Lehrpersonen – Ein Überblick zu Ergebnissen aus aktuellen (quasi-)experimentellen Studien. Unterrichtswissenschaft, 4, 305–321

Tajmel, T. (2010). DaZ-Förderung im naturwissenschaftlichen Fachunterricht. In B. Ahrenholz (Hrsg.), Fachunterricht und Deutsch als Zweitsprache (S. 167–184). Tübingen: Narr

Sterzing, Fabian[1]
Szabone Varnai, Agnes[2]
Reinhold, Peter[1]

[1]Universität Paderborn
[2]Valerie Koch Bildungszentrum, Fünflingen, Ungarn

Theoriebasierte Gestaltung & Validierung der Qualität von Erklärvideos

Umfragen zur Nutzung von Erklärvideos durch Schülerinnen und Schüler[1] zeigen, dass bis zu 75 % der Jugendlichen diese für schulische Bedürfnisse nutzen (Jebe, Konietzko, Lichtschlag & Liebau, 2019). Während der Covid-19-Pandemie sind Erklärvideos für bis zu 82 % der Schüler ein relevantes Lernmedium (Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest, 2020). Weiterhin zeigen erste Studien zu Erklärvideos positive Effekte auf den Lernzuwachs (Kay, 2012). Daraus ergibt sich die Forderung, nun spezielle Merkmale und Einsatzbedingungen von Erklärvideos zu untersuchen (Fiorella & Mayer, 2018). Im Projekt „Lernwirksame Erklärvideos im Physikunterricht“ wurden dazu verschiedene Hypothesen formuliert und ein Studiendesign entwickelt (Sterzing, Szabone Varnai & Reinhold, 2020). Im Rahmen dieses Studiendesigns ist es notwendig, Gestaltungskriterien für didaktisch hochwertige Erklärvideos zu entwickeln und Erklärvideos zu drehen. Der Beitrag beschreibt die Entwicklung der Kriterien und Videos und ihre Validierung durch eine Expertenbefragung.

Didaktische Qualität von Erklärvideos

Wie im Physikunterricht selbst beginnt die didaktische Qualität eines Erklärvideos mit einer geeigneten Elementarisierung des Inhalts. Um den Inhalt eines Erklärvideos geeignet zu elementarisieren, können bestimmte Aspekte der unterrichtlichen Elementarisierung auf Erklärvideos übertragen werden. Dazu zählen die fachliche Angemessenheit für die Zielgruppe, eine geeignete Auswahl von Modellen und Analogien und eine schrittweise Mathematisierung (Reinhold, 2010). Nach Wolf (2015) liegt der Fokus eines Erklärvideos auf der Erklärung an sich. Wie die Elementarisierung kann auch die Erklärung fachdidaktisch unterschiedlich gut gelungen sein. Eine *gute* Erklärung garantiert hierbei jedoch nicht, dass der Inhalt verstanden wird, sondern erhöht in erster Linie die Wahrscheinlichkeit des Verstehens (Kulgemeyer & Schecker, 2009). Da eine Erklärung im Unterrichtsgeschehen ein adaptiver Vorgang zwischen Erklärenden und Zuhörenden ist, können jedoch nur bestimmte Aspekte einer gelungenen Erklärung auf Erklärvideos übertragen werden (Kulgemeyer & Schecker, 2013). Hierbei handelt es sich z. B. um die Anpassung an die Zielgruppe des Videos, das Aufgreifen typischer Präkonzepte, die Strukturierung des Videos, Zielklarheit der Erklärung, direkte Ansprache der Schüler und das Festlegen von nachfolgenden Aufgaben für die Schüler. (Kulgemeyer, 2018). Aus der Cognitive Load Theory (Chandler & Sweller, 1991) und der Zweikanal-Theorie zu multimedialen Lernumgebungen (Mayer, 2009) ergeben sich nach Mayer (2009) für jede Form des multimedialen Lernens verschiedene Gestaltungsaspekte. Diese Gestaltungsaspekte können auf Erklärvideos übertragen werden. Dazu zählt die Gestaltung von Animationen, aber ebenso die Unterstützung der inhaltlichen Struktur durch Einblendungen und die stetige Ansprache zweier Kanäle. Während des Prozesses der Festlegung der Gestaltungskriterien zeigt sich, dass sich die einzelnen Aspekte der didaktischen Qualität von Erklärvideos aneinander gekoppelt sind und eine scharfe Trennung in Elementarisierung, Erklärung und multimediale

[1] Im Folgenden wird jeweils der generische Maskulin gewählt, um eine Gruppe zu bezeichnen. Hierbei sind explizit alle anderen Geschlechter eingeschlossen.

Gestaltung nicht möglich ist. Daraus ergibt sich, dass für das Projekt zunächst zwei verschiedene Videos erstellt werden können: Ein Video, das möglichst alle Gestaltungsaspekte berücksichtigt und ein Video, bei dem diese Kriterien weniger berücksichtigt werden, ohne dass das Video fachlich falsch wird. Dabei soll die grobe Struktur des Videos – Ablauf, Gliederung und Thema des Videos – gleichbleiben, ebenso soll die fachliche Qualität beider Videos vergleichbar sein.

Gestaltungsprozess der Erklärvideos

Das Thema der Erklärvideos soll das Konzept und die Bestimmung des elektrischen Widerstandes für die gymnasiale Mittelstufe sein. Der Gestaltungsprozess der Erklärvideos orientiert sich an den Abläufen im Profifilm (Connelly, 2005; Sánchez-Mompeán, 2015). Der Produktionsprozess beginnt mit dem didaktisch hochwertigen Video. Die einzelnen Schritte der Gestaltung sind in Abbildung 1 dargestellt. In der Preproduktion wird im ersten Schritt ein Skript für das Erklärvideo geschrieben. Hierbei spielt insbesondere die Elementarisierung des Inhalts und die Qualität der Erklärung eine Rolle. Nach einem ersten Revisionsschritt wird ein Storyboard entwickelt. Ein Storyboard stellt in einer Tabelle neben dem Skript erste Ideen zur Visualisierung dar (Connelly, 2005). Hierbei ist die Qualität der Erklärung und die multimediale Gestaltung des Videos relevant. Nach einer erneuten Revision startet die Produktion. Zunächst werden dafür Animationen für das Video erstellt. Darauffolgend werden die realen Videoaufnahmen gedreht. Die Animationen und Aufnahmen werden wiederum einer Revision unterzogen, bevor das Skript eingesprochen wird. Die Postproduktion startet mit dem Schnitt der Video- und Audiodateien. Das fertige Video wird einer abermaligen Revision unterzogen bevor Skript und Storyboard für die didaktisch schwächere Version abgewandelt werden. Hierbei zeigt sich, dass besonders die inhaltliche, sprachliche und mathematische Passung für die Zielgruppe, die Zielklarheit und die Ansprache der Schüler gut variiert werden kann.

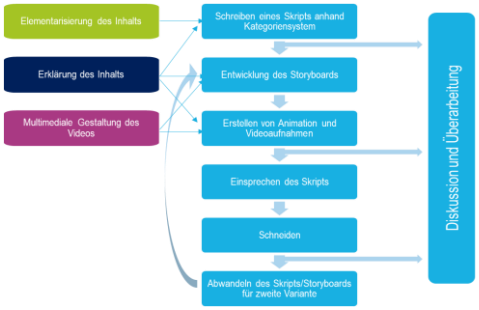


Abbildung 1 Produktionsablauf

Design der Expertenvalidierung

Zur Validierung der Videos und der Gestaltungskategorien wurde eine Expertenbefragung durchgeführt. Die Definition des Expertenkriteriums ist: Fachdidaktiker der Physik. Diese Definition schließt alle wissenschaftlichen Mitarbeiter, Post-Docs und Professoren der Physikdidaktik ein.

Aus den Gestaltungskriterien wurden 24 Kriterien zur Bewertung der didaktischen Qualität des Erklärvideos entwickelt. Der Ablauf der Expertenvalidierung ist zweistufig. In einem ersten Schritt schauen sich die Experten beide Videos an und sollen folgende Frage beantworten: „Welches dieser Videos ist Ihrer Meinung nach didaktisch hochwertiger? Die Zielgruppe beider Videos ist die gymnasiale Mittelstufe“. Dies zielt auf eine intuitive Bewertung der Qualität des Videos. Darauffolgend werden beide Erklärvideos einzeln mithilfe der 24 Kategorien in einer 4-stufigen Likert-Skala bewertet. Durch das zweistufige Verfahren soll überprüft werden, inwiefern die kriteriengeleitete Bewertung der Erklärvideos einer intuitiven Bewertung

entspricht. Mithilfe der Kriterien können im zweiten Schritt die Qualitätsunterschiede der Videos weiter aufgelöst werden. Die Expertenvalidierung wurde als Onlineumfrage gestaltet. Die Expertenakquise wurde per E-Mail durchgeführt.

Ergebnisse der Expertenvalidierung

Insgesamt haben 15 Teilnehmerinnen und Teilnehmer an der Expertenbefragung teilgenommen. Bei der intuitiven Bewertung haben alle Teilnehmer das fachdidaktisch hochwertigere Video ausgewählt. Die kategoriale Bewertung der Erklärvideos zeigt mit $\alpha_{C1} = 0{,}80$ für das fachdidaktisch hochwertigere Video und $\alpha_{C2} = 0{,}82$ für das fachdidaktisch schwächere Video eine hinreichende Reliabilität. Um signifikante Unterschiede in der Bewertung beider Videos zu identifizieren wird ein Mann-Whitney-U Test zwischen beiden Bewertungen durchgeführt. In Abb. 3 sind alle signifikanten Unterschiede aufgeführt. Das hochwertigere Video wird in 18 der 24 Kategorien signifikant besser bewertet als das schwächere Video. Die Effektstärke der Unterschiede reicht von d= 1,26 bei der Kategorie „Im Video werden stets mehrere Wahrnehmungskanäle (visuell, auditiv) angesprochen“ zu d= 4,69 bei der Kategorie „Im Video werden inhaltlich unnötige Ausführungen vermieden“. Die durchschnittliche Effektstärke zwischen den sich signifikant unterscheidenden Kategorien beträgt $d_{Mean} = 2{,}24$ (SD= 0,93). Nach Cohen (1988) liegt sie somit im starken Bereich. 6 der 24 Kategorien unterscheiden sich nicht signifikant. Die nicht signifikanten Unterschiede liegen vorrangig in den Bereichen der Struktur und fachlichen Angemessenheit des Videos. Dass sich die beiden Videos in diesen Aspekten nicht unterscheiden, war Ziel des Entwicklungsprozesses.

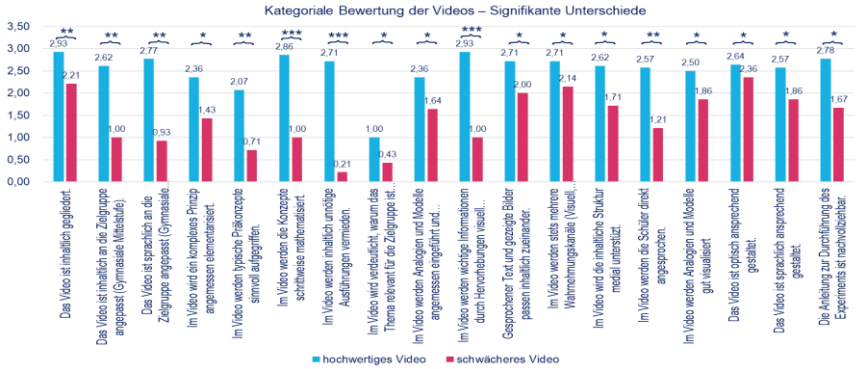


Abbildung 2 Signifikante Unterschiede in der kategorialen Bewertung der Videos. (= p<0,5; **= p<0,1; ***= p<0,001)*

Fazit und Ausblick

Die intuitive Bewertung der Qualität der produzierten Erklärvideos entspricht weitestgehend der kategorial ermittelten Qualität der Videos. Es kann also angenommen werden, dass der zugrunde liegende Gestaltungskatalog für Erklärvideos die Qualität von Erklärvideos hinreichend abbildet. Weiterhin konnte gezeigt werden, dass sich die Qualität des hochwertigen und die des schwächeren Videos in den bewusst variierten Kategorien signifikant unterscheidet. Somit können beide Erklärvideos für das Projekt weiter genutzt werden. Als nächster Validierungsschritt der Videos soll eine ökologische Validierung vorgenommen werden. Hierbei werden die erstellten Videos in ihrer Qualität mit Videos von beliebten Videoportalen zu einem ähnlichen Thema verglichen, um sicherzustellen, dass es auch im Feld Videos ähnlicher, insbesondere auch ähnlich geringerer Qualität gibt.

Literaturverzeichnis

Chandler, P.; Sweller, J. (1991): Cognitive Load Theory and the Format of Instruction. In: *Cognition and Instruction* 8 (4), S. 293–332. Online verfügbar unter https://ro.uow.edu.au/edupapers/128, zuletzt geprüft am 01.10.2020.

Cohen, J. (1988): Statistical power analysis for the behavioral sciences. 2. ed. Hillsdale, NJ: Erlbaum. Online verfügbar unter http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&scope=site&db=nlebk&db=nlabk&AN=582094, zuletzt geprüft am 02.10.2020.

Connelly, M. P. (2005): How to make a movie with a very, very, low budget. A guide to making an independent film on a shoestring budget. 2nd ed. Los Angeles: Uniconn Books.

Fiorella, L.; Mayer, R. E. (2018): What works and doesn't work with instructional video. In: *Computers in Human Behavior* 89, S. 465–470. DOI: 10.1016/j.chb.2018.07.015.

Jebe, F.; Konietzko, S.; Lichtschlag, M.; Liebau, E. (2019): Studie: "Jugend/YouTube/Kulturelle Bildung. Horizont 2019. Essen: Rat für Kulturelle Bildung e. V. Online verfügbar unter https://www.rat-kulturelle-bildung.de/fileadmin/user_upload/pdf/Studie_YouTube_Webversion_final.pdf, zuletzt geprüft am 27.09.2020.

Kay, R. H. (2012): Exploring the use of video podcasts in education: A comprehensive review of the literature. In: *Computers in Human Behavior* 28 (3), S. 820–831. DOI: 10.1016/j.chb.2012.01.011.

Kulgemeyer, C. (2018): A Framework of Effective Science Explanation Videos Informed by Criteria for Instructional Explanations. In: *Res Sci Educ* 26 (1), S. 435. DOI: 10.1007/s11165-018-9787-7.

Kulgemeyer, C.; Schecker, H. (2009): Kommunikationskompetenz in der Physik: Zur Entwicklung eines domänenspezifischen Kompetenzbegriffs. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 15, S. 131–153.

Kulgemeyer, C.; Schecker, H. (2013): Students Explaining Science—Assessment of Science Communication Competence. In: *Res Sci Educ* 43 (6), S. 2235–2256. DOI: 10.1007/s11165-013-9354-1.

Mayer, R. E. (2009): Multimedia Learning. Cambridge: Cambridge University Press.

Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest (2020): JIMPlus 2020. Lernen und Freizeit in der Corona-Krise. Landesanstalt für Kommunikation Baden-Württemberg. Online verfügbar unter https://www.mpfs.de/fileadmin/files/Studien/JIM/JIMplus_2020/JIMplus_2020_Corona.pdf, zuletzt geprüft am 01.10.2020.

Reinhold, P. (2010): Den Physikunterricht fundieren. Elementarisierung und didaktische Rekonstruktion. In: Mikelskis, H. F. (Hg.): Physik-Didaktik. Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II. 2. Aufl. Berlin: Cornelsen Scriptor, S. 86–119.

Sánchez-Mompeán, S. (2015): Dubbing animation into Spanish: behind the voices of animated characters. In: *The Journal of Specialised Translation*, S. 270–291.

Sterzing, F.; Szabone Varnai, A.; Reinhold, P. (2020): Zur Wirkung von Erklärvideos im Physikunterricht. Planung und Konzeption einer Studie. In: Habig, S. (Hg.): Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung in Wien 2019. Essen: Universität Duisburg-Essen, S. 1027–1029.

Wolf, K. D. (2015): Bildungspotenziale von Erklärvideos und Tutorials auf YouTube. audiovisuelle Enzyklopädie, adressatengerechtes Bildungsfernsehen, Lehr-Lern-Strategien oder partizipative Peer Education. In: *Merz - Medien + Erziehung* 59, 2015 (1), S. 30–36.

Nadja Belova[1]
Jan Mathis Tietjen[1]

[1]Universität Bremen

Lernen über (!) soziale Medien im Chemieunterricht – eine Interviewstudie

Theoretischer Hintergrund

Täglich ist ein Großteil der Gesellschaft mit digitalen Medien konfrontiert. Innerhalb des letzten Jahrzehntes konnten besonders soziale Netzwerke an Popularität gewinnen. 95 Prozent der jungen Menschen im Alter von 12 bis 19 Jahren sind in den sozialen Netzwerken aktiv, wobei die Plattformen Instagram und Snapchat zu den populärsten gehören (Medienpädagogischer Forschungsverband Südwest, 2018). In den sozialen Medien lassen sich auch chemische Inhalte wiederfinden. Dabei wird Chemie häufig mit Gefahr und Risiko in Verbindung gebracht (Hampel, 2017). Nicht selten kommt es im Zuge dessen zu negativen Reaktionen, die in und aus Fehlinformationen resultieren, die in den sozialen Medien weiterverbreitet werden.

Die Schule und der Chemieunterricht sollen dazu beitragen, Lernenden auf das Leben in der heutigen und zukünftigen Gesellschaft vorzubereiten (KMK, 2016). Naturwissenschaftliche Medienbildung hat sich unter anderem zur Aufgabe gemacht, Lernende auf die Repräsentation der Naturwissenschaften in den Medien aufmerksam zu machen und auf hintergründige Zusammenhänge entsprechender Inhalte hinzuweisen. Dabei ist ein dringender Bedarf an Ansätzen festzustellen, die dieses Ziel verfolgen und im Chemieunterricht umsetzen (Belova, Chang Rundgren & Eilks, 2015). Ein Beispiel für einen solchen Ansatz ist das unlängst von Belova, Heckenthaler und Zowada (2020) veröffentlichte Unterrichtsmodul zu Parabenen in Kosmetika, in welchem die Darstellung ebendieser in sozialen Netzwerken mit der wissenschaftlichen Position kontrastiert wird. Dabei erkennen die Lernenden, dass das negative Image der Parabene, welches in sozialen Netzwerken vorherrscht, Diskrepanzen zu dem wissenschaftlichen Konsens zu dieser Stoffklasse aufzeigt.

Chemie nimmt insgesamt sowohl in der Gesellschaft und in den (sozialen) Medien einen vergleichsweise geringen Raum ein. Sie wird als langweilig, kompliziert oder sogar gefährlich angesehen (Wormer, 2017). Gerade die Verbindung von Chemie mit Gefahr oder Risiko führt dazu, dass viele Menschen eine ablehnende Haltung entwickeln, die über Desinteresse hinausgeht. „Chemisch hergestellte“ Inhaltsstoffe werden im Vergleich zu „natürlichen“ von einem Großteil der Menschen (80 Prozent) als gefährlicher eingeschätzt. Einerseits als Folge, aber auch als Ursache dessen, werben unter anderem Kosmetik- und Lebensmittelhersteller mit „natürlichen“ Produkten und beschreiben den Verzicht gewisser synthetisch hergestellter Inhaltsstoffe (Hampel, 2017). Die Darstellung in den Medien im Allgemeinen und in den sozialen Medien im Speziellen repräsentiert das (oftmals negative) Bild der Chemie, was in der Gesellschaft vorherrscht und prägt dies zugleich. Deswegen scheint es sinnvoll, solche Darstellungen im Chemieunterricht zu thematisieren und kritisch zu hinterfragen.

Die fachdidaktische Forschung legt außerdem nahe, dass sich die schulische Verwendung von Medien hauptsächlich auf eine begrenzte Anzahl von Zielen konzentriert (z. B. Kontextualisierung von Inhaltswissen). Insbesondere die kritische Bewertung von Medieninhalten wird vernachlässigt (Jarman & McClune, 2002). Oft fokussieren sich entsprechende Unterrichtsideen hauptsächlich auf traditionelle Nachrichtenmedien (z. B. Marks, Otten & Eilks, 2010). Wenn soziale Medien eingesetzt werden, dann meist als reine Kommunikationstools (Belova & Velikina, 2020). Andererseits sind gerade Lehrkräfte ein Treiber für Innovationen im

Klassenraum und der Schlüssel zum Erfolg bei jeder Bildungsreform (Hattie, 2012). Inwieweit die Schülerschaft über digitale und soziale Medien lernt, hängt maßgeblich von den Lehrkräften ab (Moll & Nielsen, 2016). Scheinbar handelt es sich bei dem Einsatz von digitalen und sozialen Medien um eine Generationenfrage, die stark von der Einstellung gegenüber den verschiedenen Medien sowie den Selbstwirksamkeitserwartungen der Lehrerinnen und Lehrer abhängt. Motivation und Verhalten beruhen dabei auf affektiven, kognitiven und verhaltensbezogenen Elementen. Folglich ist es wichtig, ob es eine Lehrkraft für vernünftig, wichtig und wirksam hält, neue Methoden oder auch mediale Komponenten einzusetzen (Krause & Eilks, 2015).

Methodik

Um die Frage zu beantworten, inwieweit Chemielehrkräfte die Sinnhaftigkeit des Einsatzes von sozialen Medien erkennen und die Bereitschaft zeigen, diese eben nicht nur als Kommunikationsplattform in ihrem Unterricht einzusetzen, wurde eine explorative Interviewstudie (leitfadengestützte Interviews von 40-60 Minuten Länge) mit acht Bremer Oberschullehrkräften von vier Oberschulen durchgeführt. Es wurden je vier männliche und weibliche Lehrkräfte befragt, wovon je zwei über bzw. unter zehn Jahren Berufserfahrung besitzen. Dabei wurde darauf geachtet, dass mindestens eines der beiden Unterrichtsfächer Fächer Chemie ist. Die Daten wurden transkribiert und mit qualitativer Inhaltsanalyse nach Kuckartz (2018) ausgewertet.

Ergebnisse

Insgesamt ließen sich folgende vier zentralen Themen aus den Interviewdaten entnehmen: Medienbildung, Relevanz, Fähigkeiten (von LuL und SuS) sowie Einstellungen zu und Erfahrungen mit digitalen und sozialen Medien. Die Lehrkräfte legten ein eher differenziertes Bild von Medienbindung an den Tag und beschrieben diese als etwas Multidimensionales und als Kombination aus Lernen *mit* und *über* Medien: „*Medienbildung… Einmal den Einsatz von verschiedenen Medien, zum Beispiel dem Handy oder dem iPad. […] Aber auch die kritische Reflexion, was dieses Medium für Freiheiten bietet, aber auch welche Einschränkungen es hat. […] Halt kritisch so mit Plattformen wie Facebook z. B., WhatsApp, Instagram. Dass man dort beeinflusst werden kann und dass man [sich] dort bewusst sein sollte, dass die Leute das halt mit einem privaten Hintergrund machen"*. Die Lehrkräfte erkannten zumeist die Relevanz von Medienbildung als „Handwerkszeug" aufgrund der Omnipräsenz der Medien an, stellten jedoch konkret beim schulischen Einsatz von sozialen Medien eher problematische Aspekte (106) Kodierungen im Vergleich zu Chancen und Stärken (64 Kodierungen) heraus. Häufig wurde ein generelles Potential dieser Medien hervorgehoben, jedoch nicht auf den eigenen Unterricht bezogen. Die mit der Informationsweitergabe in sozialen Netzwerken verbundene Unsicherheit stellte für die meisten Lehrkräfte – trotz Erkennens des Potentials – ein Problem dar: *„Also das Potential schätze ich sehr hoch ein. Bzw. es ist schwierig; einerseits ergeben sich für die Schüler unfassbar viele Möglichkeiten; sie können unglaublich viel nachschlagen, unglaublich viel recherchieren, aber sie müssen auch immer oder dürfen auch nie aus dem Blick verlieren, dass das gar nicht so sinnvoll ist, was da steht; sie müssen es eigentlich immer hinterfragen. […] Sobald es sozusagen um die Informationsgewinnung geht, müssen sie aufpassen. Das finde ich schwierig"*. Es fand sich ein allgemein eher schwaches Selbstkonzept bezüglich sozialer Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht, wofür die fehlende Eigennutzung als Hauptgrund hinzugezogen wurde: *„Müsste man sich rein theoretisch ja sicher mit auskennen, um diese halt auch anwenden zu können. Wenn man diese selber nicht nutzt, ist es*

schwer, auch mit denen zu arbeiten, würde ich sagen. […] Denn wenn man dann nicht weiß, wie diese Netzwerke funktionieren, kann man den Schülern dort auch keine kritische Reflexion ermöglichen". Vier der acht Lehrkräfte stellten heraus, dass man sich wahrscheinlich irgendwann nicht mehr gegen den Einfluss dieser Medien wird verschließen können, bemängelten jedoch die fehlende Authentizität bei einem Einsatz ihrerseits. Es zeigte sich an vielen Stellen eine recht offene Ablehnung gegenüber sozialen Medien: *„Also das einzige, was ich jetzt mitbekommen habe bei Kollegen, ist, dass sie ganz oft Soziale-Medien-Kontexte nutzen, um ihre Aufgaben zu konstruieren und dadurch den Schülern eine Nähe zu suggerieren. Ob das jetzt so gut ist, weiß ich nicht. Da habe ich keine Erfahrungen drin gemacht und werde ich natürlich nicht machen, weil ich mich da drin zu wenig auskenne, in diesen Medien"*. Erstaunlicherweise sahen drei Lehrkräfte bei der eigenen Klientel eine klare kognitive Barriere für ein tatsächliches Hinterfragen naturwissenschaftlicher Inhalte in sozialen Netzwerken: *„Es ist blöd zu sagen, aber es ist im Endeffekt eine intellektuelle Grenze da für mich; also auch-… oder Lebensumstandsgrenze, wenn die [die Lerneneden, Anm. d. Autorin] einfach in ihrem Lebensumfeld so anders damit umgehen und nur plakative Äußerungen sozusagen verbreiten […] dann werden die da nicht rauskommen. Also das schaffen die dann alle nicht, das geht dann nicht, das ist dann so Kampf gegen Windmühlen"*. Interessanterweise wird die kritische Reflexion von Medienbotschaften als rückläufig in der schulischen Praxis beschreiben, obwohl eigentlich gerade in der heutigen Zeit das Gegenteil der Fall sein sollte: *„Ich glaube, das Reflektieren ist heute gar nicht mehr richtig Unterrichtsinhalt, deshalb tun sie sich bei solchen Aufgabenstellungen besonders schwer und wissen gar nicht, was gefordert ist"*. Es wird an vielen Stellen in den Interviews von den Lernenden verlangt, diese kritische Reflexion zu vollziehen, ohne jedoch sich selbst in die Pflicht zu nehmen, diese anzuleiten.

Grundsätzlich ließen sich auf Basis der Daten zwei Typen von Lehrkräften feststellen, welche wir „der offene Typ" und „der skeptische Typ" genannt haben. Zu Ersterem zählen zwei und zu Letzterem die übrigen sechs Lehrkräfte. „Der offene Typ" nutzt selbst täglich soziale Medien und erkennt an, dass „social media literacy" auch im naturwissenschaftlichen Unterricht gefördert werden sollte: *„Also wenn ich […] sie [die Lerneneden, Anm. d. Autorin] dahin bringen kann, dass sie auch das Wissen dazu haben, alles, was sie sehen, kritisch zu hinterfragen und bewerten zu können, hätte ich ja einen mündigen Bürger vor mir."* „Der skeptische Typ" hingegen nutzt soziale Medien nicht oder kaum und erkennt eine potentielle Lernwirksamkeit von solchen Netzwerken und den darin verbreiteten Informationen nicht an: *„Bei der Anwendung von Social Media kann nicht viel vermittelt werden."* Diese Typisierung entspricht der von Belova und Eilks (2016) gefundenen Einteilung für die Einstellung gegenüber Werbung im Chemieunterricht.

Fazit und Ausblick

Insgesamt lassen sich die Einstellungen der befragten Lehrkräfte gegenüber sozialen Medien im Chemieunterricht als bedachte Vorsicht bis hin zu offener Ablehnung beschreiben, obwohl die Lehrkräfte die Multidimensionalität der Medienbildung als Bildungsziel aller Fächer durchaus erkennen. Es scheint bestätigt, dass der Einsatz von sozialen Medien tatsächlich eine Generationenfrage darstellt. Allerdings scheint ebenso die Akzeptanz der Notwendigkeit einer kritischen Medienbildung für die Lernenden nicht mit dieser Ablehnung seitens der Lehrenden vereinbar. Hier bedarf es intensiverer Fortbildungen sowie mehr Unterrichtsmaterial, welches funktional und zeitökonomisch eingesetzt werden kann. Hinsichtlich weiterer Forschung ist gerade in Planung, die Stichprobe auf Gymnasiallehrkräfte zu erweitern, um zu sehen, ob die gefundenen Tendenzen da ebenfalls prävalent sind.

Literatur

Belova, N., & Eilks, I. (2016). German teachers' views on promoting scientific media literacy using advertising in the science classroom. International Journal of Science and Mathematics Education, 14(7), 1233-1254.

Belova, N., & Velikina, I. (2020) Analyzing the chemistry in beauty blogs for curriculum innovation. Chemistry Teacher International, advance article.

Belova, N., Chang Rundgren, S. N., & Eilks, I. (2015). Advertising and science education: a multi-perspective review of the literature. Studies in Science Education, 51 (2), 169 - 200.

Belova, N., Heckenthaler, A., & Zowada, C. (2020). Chemie in Social Media - Entwicklung und Erprobung eines Unterrichtsmoduls zu parabenhaltiger Kosmetik. MNU Journal, 4, 299 - 305.

Hampel, J. (2017). Ein notwendiges Übel? Chemie in der öffentlichen Wahrnehmung. In M.-D. Weitze, J. Schummer, T. Geelhaar (Hrsg.), Zwischen Faszination und Verteufelung: Chemie in der Gesellschaft. Berlin: Springer Spektrum, 37 – 55.

Hattie, J. (2012). Visible learning for teachers: Maximizing impact on learning. London: Routledge.

KMK (2016). Strategie der Kultusministerkonferenz „Bildung in der digitalen Welt". *https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/PresseUndAktuelles/2017/Strategie_neu_2017_datum_1.pdf* (03.10.2020)

Krause, M. & Eilks, I. (2015). Lernen über digitale Medien in der Chemielehrerausbildung. Ein Projekt Partizipativer Aktionsforschung. Chemie Konkret, 22(4), 173-178.

Kuckartz, U. (2018). Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung, Weinheim, Basel: Beltz Juventa.

Marks, R., Otten, J., & Eilks, I. (2010). Writing news spots about science. A way to promote scientific literacy. School Science Review, 92 (339), 55 – 64.

Medienpädagogischer Forschungsverband Südwest (2018). JIM-Studie 2018. *https://www.mpfs.de/fileadmin/files/Studien/JIM/2018/Studie/JIM2018_Gesamt.pdf* (03.10.2020)

Moll, R. & Nielsen, W. (2016). Development and validation of a social media and science learning survey. International Journal of Science Education, 7 (1), 14 - 30.

Wormer, H. (2017). „Journalehrismus" – oder: Wie sich Nachrichtenwerte der Massenmedien im Chemie-Unterricht nutzen lassen. In M.-D. Weitze, J. Schummer, T. Geelhaar (Hrsg.), Zwischen Faszination und Verteufelung: Chemie in der Gesellschaft. Berlin: Springer Spektrum, 37 – 55.

Pascal Klein[1]
Merten Dahlkemper[1,6]
Marie-Annette Geyer[2]
Stefan Küchemann[3]
Lana Ivanjek[2,5]
Katarina Jeličić[4]
Ana Sušac[4]

[1]Universität Göttingen
[2]TU Dresden
[3]TU Kaiserslautern
[4]Universität Zagreb
[5]Universität Wien
[6]CERN, Genf

Evaluation der Online-Lehre Physik während COVID-19: Ergebnisse einer Studierenden- und Lehrendenbefragung

Einleitung und Forschungsinteresse

Das Bildungssystem war im Sommersemester 2020 aufgrund der COVID19-Pandemie gezwungen, plötzlich und weitestgehend unvorbereitet auf Online-Lehre umzusteigen. Online-Lehre erfordert sorgfältiges Nachdenken, Planung und Entwicklung von technologischen und personellen Ressourcen, um die erwarteten Lernergebnisse erfolgreich zu erreichen (Seaman et al., 2018). In der durch COVID-19 verursachten Situation blieb jedoch keine Zeit für diese Vorbereitung; die Universitäten mussten schnell handeln und sich auf Online-Lehre einstellen (Crawford et al., 2020). Die Lehrenden standen kollektiv vor der Frage, ob ihr Lehransatz auch dann noch effizient ist, wenn er aus dem physischen Hörsaal genommen und auf technologische Geräte übertragen wird. Um herauszufinden, wie die Kursformate des Physikstudiums online umgesetzt wurden und wie die Studierenden diese Umsetzung hinsichtlich verschiedener Aspekte beurteilten, wurde eine deskriptive Fragebogenstudie an fünf Universitäten durchgeführt (Göttingen, Wien, Zagreb, Dresden, Kaiserslautern; N = 578). Im Frageinteresse standen die empfundene Lernwirksamkeit synchroner und asynchroner Vorlesungsformate, der zugehörigen Übungen und der physikalischen Praktika; jeweils unter Berücksichtigung individueller sozialer und technologischer Faktoren, die für die Online-Lehre relevant sind (vgl. Muilenburg & Berge, 2006). Zusätzlich wurde die Perspektive der Lehrenden an einem Standort erfragt (Göttingen), um Einschätzungen der Hürden und Chancen der Online-Kurse zu sammeln, die insbesondere für die Gestaltung der Physik-Lehre in künftigen Semestern hilfreich sein können.

Einordnung dieses Beitrags

In diesem Kurzbeitrag wird das methodische Vorgehen des Projekts beschrieben, welches aufgrund der Rahmenbedingungen sehr zeitnah auf das aktuelle Geschehen reagieren musste, um erste Erhebungen noch während der Vorlesungszeit im Sommer durchzuführen. Die Ergebnisse der Studierendenbefragung sind bereits andernorts publiziert (Klein et al, 2020) und werden hier kurz zusammengefasst. Die Ergebnisse der Lehrendenbefragung gehen über diese Publikation und über den Inhalt des Tagungsvortrags hinaus.

Methodisches Vorgehen

Studierendenfragebogen

Auf Grundlage strukturierter Interviews mit etwa 20 Studierenden der Physik an den beteiligten Universitätsstandorten im Mai 2020 wurde ein Fragebogen entworfen (Tab. 1), der verschiedene Facetten des Online-Lernens im Physikstudium umfasst. Neben allgemeinen

Studienbedingungen wie Vorhandensein technischer Infrastruktur oder Zugang zu ruhigen Lernorten wurden konkret Fragen zur empfundenen Wirksamkeit verschiedener Kursformate (z.B. simultan vs. asynchron) und Lehrveranstaltungen entwickelt (speziell phys. Laborpraktika, Übungsgruppen, Physikvorlesungen). Ebenso wurden Fragen zu sozialen Aspekten (Kommunikation, Gruppenbildung), Selbstorganisationsfähigkeiten und erwarteter Prüfungserfolg konstruiert bzw. aus der Literatur übernommen insofern sie vorhanden waren. Der Fragebogen liegt in drei Sprachen vor (deutsch, kroatisch und englisch) und umfasst in der ersten Version 246 technische Datenfelder; diese Datenmenge wurde durch die Konstruktion von Skalen mithilfe explorativer Faktorenanalyse und inhaltlichen Überlegungen reduziert. Die Konstruktion der Skalen ist ein Nebenprodukt des Forschungsansatzes und wird in künftigen Erhebungen weiter optimiert.

Tab. 1: Forschungsmethodisches Vorgehen und Forschungszeitplan

Methode	Einzelne Arbeitsschritte	Zeit
Initiierung und Recherche	Bildung der Forschergruppe (Autoren des Beitrags), Zeitplan und Datenmanagement, Literaturrecherche Online Studium Physik	April 20
Studierendeninterviews	Leitfadenkonstruktion, Transkription und Auswertung (N=20)	Mai 20
Itemkonstruktion	Iterativ in Forschergruppe auf Basis der Interviews mit Einbezug von Literatur (deutsch, englisch, kroatisch)	Juni 20
Datenerhebung Studierende	Import des Fragebogens in Questback Distribution über Fakultäten der Autoren	Juli 20
Datenanalyse	Skalenbildung, Zusammenhangs- und Vergleichsanalysen	Juli-Sept. 20
Datenerhebung Lehrende	Standort Göttingen, Questback	August 20

Lehrendenfragebogen

Nachdem Ende Juli erste Ergebnisse der Studierendenbefragung im Rahmen verschiedener Lehrenden- und Kommissionssitzungen diskutiert wurden, verstärkte sich der Wunsch nach einer Befragung der Physik-Lehrenden über Erfahrungen mit verschiedenen Online-Lehrformaten. Mit dem Fragebogen sollte erfasst werden, in welchen Formaten Lehre angeboten wurde, wie gut die technische Umsetzung funktionierte, wie zufrieden die Lehrenden mit der didaktischen Umsetzung waren und derart weiteres, z.B. erlebtes Engagement der Studierenden, besondere Herausforderungen, etc. Der Anspruch an den Lehrendenfragebogen besteht - im Gegensatz zum Studierendenfragebogen - nicht in der Erzeugung valider Skalen für weitere Analysen, sondern dient als Ergänzung der erzielten Ergebnisse. Dementsprechend wurden an mehreren Stellen Freitextfelder implementiert.

Ergebnisse

Studierendenbefragung (Kurzzusammenfassung aus Klein et al., 2020)

Die Reliabilitäten der konstruierten Skalen liegen zwischen α=0.75 (Einstellungen gegenüber Online-Lehre) und α=0.90 (persönliches Arbeitsumfeld) und damit im moderaten bis sehr guten Bereich. Der subjektive Lernerfolg korreliert hoch mit Selbstorganisationsfähigkeiten (r=0.63), der Einstellung gegenüber Online-Lehre (r=0.58) und Kommunikationsfähigkeiten

(r=0.50). Studierende mit geringer Studiendauer empfinden eine größere Belastung in der Online-Lehre, was sich durch geringeren subjektiven Lernerfolg in allen Formaten (Vorlesung, Übung und Praktikum) zeigt. Für die Laborpraktika ergab sich die höchste empfundene Effektivität für Formate, in denen reale Messdaten selbst aufgenommen wurden (gegenüber ausgehändigten oder simulierten Daten). Bei den Übungen wurde das Abgeben einer Lösung mit anschließender Korrektur und Online-Besprechung am effektivsten beurteilt.

Lehrendenbefragung

32 Lehrende nahmen an der Befragung teil, die zusammen eine große Bandbreite verschiedener Lehrveranstaltungen abbildeten: Vorlesungen innerhalb und außerhalb des Kerncurriculums, Übungsbetreuung, Seminare und Laborpraktika. Im Ergebnisreport wird sich auf die genannten didaktischen und technischen Herausforderungen beschränkt.

Als häufigsten Punkt wurde diesbezüglich die geringe Aktivität der Studierenden (8) genannt, darunter das Schweigen auf Fragen, Passivität (8), und fehlendes eigenständiges Rechnen. Davon nicht unabhängig wurde die erschwerte Kommunikation und Interaktion genannt: Die Persönliche Verbindung fehle, es sei kaum Interaktion vorhanden (4), man spricht im Vakuum (das Gegenüber hat kein Video, kein Ton, d.h. keine visuelle Rückkopplung; 5), es gäbe kaum Feedback (3) und es sei schwierig, alle Studierenden im Blick zu haben (insbesondere schwächere, die sich leichter verstecken könnten; 2). Auch Interaktionen nach der VL/Übung mit Studierenden werden vermisst. Es fiel auch schwer einzuschätzen, wie gut sich Studierende vorbereitet haben oder wie weit sie bei einer Präsenzübung gekommen sind.

Diskussion und Schlussfolgerung

In dieser deskriptiven Studie wurden Daten von mehr als 500 Studierenden von fünf europäischen Universitäten gesammelt, um Informationen darüber zu erhalten, wie das Physikstudium während der COVID-19-Pandemie im Frühjahr 2020 erlebt wurde. Zu diesem Zweck wurde ein mehrdimensionaler Fragebogen entwickelt, der zufriedenstellende psychometrische Eigenschaften aufwies, dennoch werden Revisionen während zukünftiger Iterationen folgen. In Klein et al. (2020) berichteten wir über Ergebnisse zu Online-Übungen, den Online-Physiklaboren und den Faktoren, die die subjektiven Lernergebnisse beeinflussten. Obwohl sie deskriptiver Natur sind (und daher keine kontrollierten experimentellen Manipulationen aufweisen), leiten wir aus der Studie mehrere Vorschläge für zukünftige Physikkurse ab, die auch die oben dargestellte Lehrendenperspektive aufgreifen.

Da die Fähigkeiten zur Selbstorganisation stark mit den subjektiven Lernergebnissen korreliert sind, könnten die Physikfakultäten spezielle Kurse anbieten (oder importieren), um diese Fähigkeiten bei den Studierenden zu fördern. Zweitens, da auch eine starke Korrelation zwischen subjektiven Lernergebnissen und Kommunikation besteht, empfehlen wir die Installation von Kommunikationsplattformen, die Nutzung von Break-out-Räumen und die Kleinhaltung der Gruppen, um die Kommunikation zu fördern. Weiter können zwischen Lehrenden und Studierenden interaktive Lernwerkzeuge eingesetzt werden, die in einer Online-Umgebung im Vergleich zum physischen Hörsaal vielleicht sogar einfacher zu implementieren sind. Beim Vergleich zwischen Studierenden verschiedener Studiendauern zeigte sich, dass Studierende im ersten Studienjahr geringste Lernerfolge berichteten. Entsprechend kann gefolgert werden, dass all diese Maßnahmen besonders wichtig für die jüngeren Studenten sind, die gerade ihre akademische Laufbahn beginnen. Wenn die Kapazitäten für die Präsenzlehre künftig nur in begrenztem Umfang genutzt werden können, wird empfohlen, sich auf die Erstsemesterkohorte zu konzentrieren.

Literatur

Crawford, J., Butler-Henderson, K., Rudolph, J., Malkawi, B., Glowatz, M., Burton, R., ... & Lam, S. (2020). COVID-19: 20 countries' higher education intra-period digital pedagogy responses. Journal of Applied Learning & Teaching, 3(1), 1-20.

Klein, P., Ivanjek, L., Dahlkemper, M. N., Jeličić, K., Geyer, M. A., Küchemann, S., & Susac, A. (2020). Studying physics during the COVID-19 pandemic: Student assessments of learning achievement, perceived effectiveness of online recitations, and online laboratories. arXiv preprint arXiv:2010.05622.

Muilenburg, L. Y., & Berge, Z. L. (2005). Student barriers to online learning: A factor analytic study. Distance education, 26(1), 29-48.

Seaman, J. E., Allen, I. E., & Seaman, J. (2018). Grade Increase: Tracking Distance Education in the United States. Babson Survey Research Group.

Lukas Groos[1]
Nicole Graulich[1]

[1]Universität Gießen

IVEX – Interaktive Videoexperimente auf dem Prüfstand

Laborpraktika sind für viele naturwissenschaftliche Studiengänge ein zentraler Bestandteil. Auf Grund der Covid-19-Pandemie können nicht, wie gewohnt, die vollen Kapazitäten des Laborpraktikums ausgeschöpft werden. Um die fehlenden Plätze zu kompensieren bieten einige Praktika digitale Ergänzungen bzw. Alternativen in Form von Videoexperimenten an. Diese werden den Studierenden über Lernmanagement-Systeme (bspw. ILIAS oder Moodle) zur Verfügung gestellt. Die Studierenden nutzen diese dann, um den Verlauf der Experimente zu beobachten und die entsprechenden Protokolle zu schreiben (Babinčáková & Bernard, 2020; Baker & Cavinato, 2020). Brinson (2015) hat in einer Meta-Analyse unterschiedliche Studien zum digitalen Lernen in den Naturwissenschaften zusammengetragen. Dabei wurde beschrieben, dass sich durch digitale Lernumgebungen das fachliche Verständnis der Lernenden zumeist, vergleichbar zum Reallabor, fördern lässt. Bei den verwendeten digitalen Experimentierumgebungen wurden unterschiedliche Darstellungsweisen und Interaktions-möglichkeiten der Laborsituationen eingesetzt (Brinson, 2015). Bei allen digitalen Lernumgebungen werden drei wichtige Faktoren als entscheidend für die Lernwirksamkeit beschrieben: Interaktivität, Realitätsnähe und Zielgruppenorientierung (Chen, 2010; Smetana & Bell, 2012; Tatli & Ayas, 2013)

Theoretische Grundlagen

Die Interaktivität beschreibt hierbei die Möglichkeit der Lernenden die Inhalte der Lernumgebung selbständig zu gestalten und zu modifizieren (Metzger & Schulmeister, 2004). Ein hoher Grad an Realitätsnähe wird durch den Einsatz von Videos bzw. Bildern aus dem Reallabor erreicht. Hierbei müssen die Lernenden nicht die skizzenhaften Darstellungen interpretieren und können sich so stärker auf den Lerngegenstand konzentrieren (Weidenmann, 1998). Die Zielgruppenorientierung beschreibt die Passung der Lernumgebung auf die jeweilige Lerngruppe. Das beschreibt neben des Einbezugs des Vorwissens auch Fragen und Hilfestellungen, die den Lernenden bei der Bearbeitung der Aufgaben unterstützen können. Um das Kriterium Interaktivität und Realitätsnähe zu erfüllen, nutzen wir Realvideosequenzen, die über interaktive Seiten und Entscheidungen miteinander verbunden sind. Die Studierenden können nun an jeder Entscheidungssituation über den weiteren Fortgang des Experimentes entscheiden. Nach der Entscheidung wird die Folge als Videosequenz präsentiert. Bei möglichen Gefahren oder fehlerhaften Handlungen werden die Studierenden durch einen virtuellen Tutor auf den Fehler hingewiesen und klären in einem Dialog, welche Entscheidung nicht zu dem Fehler oder der Gefahr geführt hätte. Anschließend kann der entsprechende Schritt wiederholt werden. Für eine hohe Zielgruppenorientierung haben wir in einer Studie die Zielgruppe im Vorfeld untersucht. Dazu wurden Nebenfachstudierende im Fach Chemie während der Durchführung gefilmt und die Aufnahmen analysiert. Auf Grund dieser Analyse sind Entscheidungsbäume entstanden, die den Ablauf des Experimentes sowie die einzelnen Handlungen der Studierenden repräsentieren. In diesen Entscheidungsbäumen sind sowohl die korrekten, wie auch fehlerhafte Wege dargestellt. Diese bilden die Grundlage für die Verzweigungen in der

digitalen Lernumgebung. Mit digitalen Experimentierumgebungen soll neben dem fachlichen Wissen auch das experimentell-praktische Verständnis gefördert werden. Dieses Verständnis beschreibt vor allem die korrekte theoretische Ausführung von Experimentierschritten und meint dabei sowohl die Fähigkeit experimentelle Anleitungen in Handlungen zu übersetzen, wie auch die fehlerfreie Reproduzierbarkeit von Experimenten. Gefördert werden kann es beim Durchführen von experimentell-praktischen Handlungen, sowohl real wie auch digital (Gut-Glanzmann, 2012; Schreiber, Theyßen, & Schecker, 2009). Auf dieses Verständnis hat die Selbstwahrnehmung der Studierenden einen Einfluss. Im Rahmen des Selbstwirksamkeitskonzeptes gilt, dass eine positivere Selbstwahrnehmung auch die experimentell-praktischen Handlungen positiv beeinflusst (Klostermann, 2014; Qing, Jing, Yazhuan, Ting, & Junping, 2010).

Forschungsfrage

Für die Untersuchung unserer digitalen Experimentierumgebung haben wir uns folgende zentrale Frage gestellt:

- Wie unterscheidet sich die Selbstwahrnehmung der Studierenden zwischen der Durchführung im Reallabor und als interaktives Videoexperiment?

Methoden

Das oben dargestellte Verfahren zur Generierung von IVEX wurde für die ‚Permanganometrische Titration von Eisen(II)-Ionen' als Experiment des Nebenfachpraktiums Chemie durchlaufen. Die fertige Lernumgebung wurde auf Servern der Justus-Liebig-Universität für die Studierenden bereitgestellt. Im Wintersemester 2019/20 wurden die Lernumgebung an den 600 Studierenden des Praktikums erprobt. Die Studierenden wurden in zwei Gruppen aufgeteilt. Die eine Hälfte führte das Experiment im Reallabor durch, die andere als Online-Labor. In jeweils einem Pre- und Posttest wurde das experimentell-praktische Verständnis der Teilnehmenden beider Gruppen überprüft. Im Posttest wurde zudem die Benutzerfreundlichkeit und die Selbstwahrnehmung der Studierenden abgefragt (Brooke, 1996; Ecker, 2015). Die Selbstwahrnehmung und die Benutzerfreundlichkeit wurde in Form von Likert-Skalen (1 = Trifft nicht zu – 5 = Trifft voll zu) abgefragt.

Ergebnisse

Bei der Analyse der Benutzerfreundlichkeit fällt auf, dass im Mittel die Studierenden sich durchaus vorstellen könnten das IVEX häufiger zu nutzen (M = 4,0). Zugleich geben sie an, dass sich das IVEX leicht bedienen lasse (M = 4,5) und die Funktionen innerhalb des IVEX gut integriert seien (M = 4,4). Weiterhin geben die Studierenden an, dass aus ihrer Sicht die Bearbeitung des Experimentes als interaktives Videoexperiment ihr Verständnis für den Versuch erhöhe (M = 4,1).

Die Untersuchung der Selbstwahrnehmung ist in zwei Teile eingeteilt. Zum einen allgemeine Aussagen über die Selbstwahrnehmung zur Titration. Zum anderen die Selbsteinschätzung zu den einzelnen Schritten, die während der Titration durchgeführt wurden. Im ersten Teil gaben die Studierenden in beiden Gruppen an, dass sie die Titration tendenziell leicht durchzuführen finden (M_{Digital} = 3,6; M_{Analog} = 3,6). Ebenfalls sind sich die Gruppen ähnlich sicher, dass sie den richtigen Wert bei der Titration ermittelt haben (M_{Digital} = 3,8; M_{Analog} = 3,6).

Bei der weiteren Analyse im zweiten Teil der Selbstwahrnehmung fällt auf, dass sich die beiden Gruppen (Digital sowie Analog) nur gering unterscheiden. In Abbildung 1 sind die Selbsteinschätzungen zu den einzelnen Schritten der Titration dargestellt. Je höher der Wert ist, desto selbstsicherer fühlen sich die Studierenden auf die praktische Durchführung des jeweiligen Schrittes vorbereitet. Bei beiden Gruppen liegen die Mittelwerte im Bereich zwischen 4,2 und 4,7. Dies zeigt, dass die Studierenden von sich selbst sagen, dass sie die einzelnen Schritte der Titration im Reallabor korrekt durchführen können.

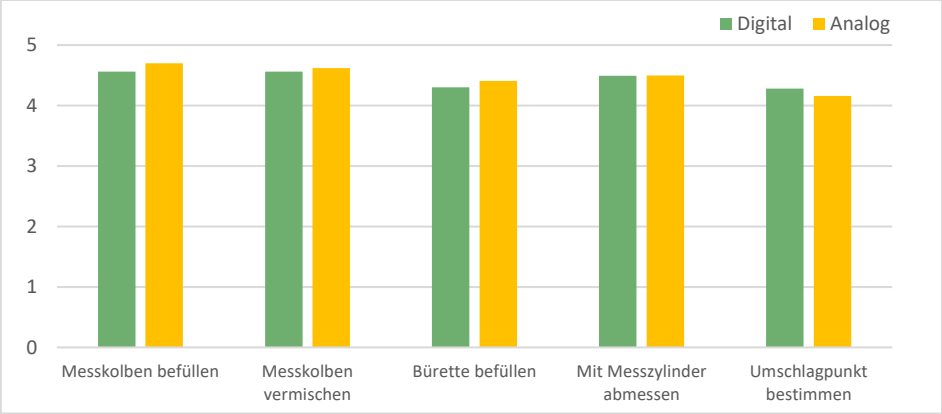


Abbildung 1: Darstellung der Selbsteinschätzung der Studierenden zu den einzelnen Schritten des Experimentes. Einschätzung erfolgte durch eine Likert-Skala (1 = stimme nicht zu – 5= stimme voll zu).

Zusammenfassung

Auf Grund unserer Analyse kann festgehalten werden, dass die erstellte Lernumgebung mit einem hohen Grad an Interaktivität, Realitätsnähe und Zielgruppenorientierung gute Werte im Bereich der Benutzerfreundlichkeit erzielt. Ebenso fühlen sich die Studierenden nach eigenen Angaben gut auf die praktische Durchführung des Experimentes im Reallabor vorbereitet. In weiteren Analysen soll nun ein möglicher Zusammenhang zwischen Selbstwahrnehmung und experimentell-praktischem Verständnis der Studierenden untersucht werden.

Literatur

Babinčáková, M. r., & Bernard, P. (2020). Online Experimentation during COVID-19 Secondary School Closures: Teaching Methods and Student Perceptions. *Journal of Chemical Education*.

Baker, L. A., & Cavinato, A. G. (2020). Teaching Analytical Chemistry in the Time of COVID-19. In: ACS Publications.

Brinson, J. R. (2015). Learning outcome achievement in non-traditional (virtual and remote) versus traditional (hands-on) laboratories: A review of the empirical research. *Computers & Education, 87*, 218-137.

Brooke, J. (1996). SUS-A quick and dirty usability scale. *Usability evaluation in industry, 189*(194), 4-7.

Chen, S. (2010). The view of scientific inquiry conveyed by simulation-based virtual laboratories. *Computers & Education, 55*, 1123-1130.

Ecker, M. (2015). *Usability und Usability Engineering zur Gestaltung von Lernsystemen*. Retrieved from Weingarten:

Gut-Glanzmann, C. (2012). *Modellierung und Messung experimenteller Kompetenz. Analyse eines large-scale Experimentiertests.* Basel.

Klostermann, M. (2014). *Lehr-/Lern-Überzeugungen von Studierenden und Lehrenden im Fach Chemie im ersten Studienjahr.* Christian-Albrechts Universität Kiel,

Metzger, C., & Schulmeister, R. (2004). Interaktivität im virtuellem Lernen am Beispiel von Lernprogrammen zur Deutschen Gebärdensprache. In H. O. Mayer & D. Treichel (Eds.), *Handlungsorientiertes Lernen und eLearning. Grundlagen und Praxisbeispiele* (pp. 265-297). München, Wien: Oldenbourg Verlag.

Qing, Z., Jing, G., Yazhuan, L., Ting, W., & Junping, M. (2010). Promoting preservice teachers' critical thinking disposition by inquiry-based chemical experiment. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, *9*, 1429-1436.

Schreiber, N., Theyßen, H., & Schecker, H. (2009). Experimentelle Kompetenz messen?! *PhyDid A-Physik und Didaktik in Schule und Hochschule*, *3*(8), 092-101.

Smetana, L. K., & Bell, R. L. (2012). Computer simulations to support science instruction and learning: A critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, *34*(9), 1337-1370.

Tatli, Z., & Ayas, A. (2013). Effect of a Virtual Chemistry Laboratory on Students' Achievement. *Educational Technology & Society*, *16*(1), 159-170.

Weidenmann, B. (1998). Psychologische Ansätze zur Optimierung des Wissenserwerbs mit Bildern. In *Bild—Bildwahrnehmung—Bildverarbeitung* (pp. 243-253): Springer.

David Woitkowski[1] [1]Universität Paderborn

Problemlösefähigkeiten zu Studienbeginn

Einführung

Im Rahmen des Forschungsprojekts KEMΦ (Kompetenzentwicklung Physik in der Studieneingangsphase; Woitkowski, 2018) wird das physikalische Fachwissen und die Problemlösefähigkeit bei Studierenden der ersten zwei Semester erhoben. Im Vortrag wurden aktuelle Ergebnisse zum Problemlösen zu Studienbeginn dargestellt. Bereits aus früheren Erhebungen ist bekannt, dass Studierende in dieser Phase erhebliche Schwierigkeiten mit der Bearbeitung von Übungszetteln berichten (Woitkowski & Reinhold, 2018). Eine Haupt-Lerngelegenheit wird so nicht genutzt. Aus den Berichten der Studierenden ergibt sich die Vermutung, dass es ihnen an nötigen Problemlösefähigkeiten mangelt.

Theorie

Im Projekt wird die Problemdefinition von Smith (1991) genutzt, die (recht breit gefasst) auch typische Übungsaufgaben des universitären Übungsbetriebs umfasst. Solche Probleme können als „wissenszentriert“ aufgefasst werden, da sie auf Basis der Kenntnis der zugrunde liegenden Domäne gelöst werden müssen (Reinhold, Lind & Friege, 1999). Zu ihrer erfolgreichen Lösung bedarf es mehrerer Wissenskomponenten (Fachwissen und Problemschemata, vgl. Woitkowski, 2020), auf deren Basis deskriptiv vier Problemlöseprozesse durchlaufen werden: Problemrepräsentation, Erarbeitung oder Auswahl eines Problemschemas, Ausarbeitung einer Lösung und die Evaluation der Lösung (Friege, 2001).
Während der letzte Prozess in der Praxis nur selten beobachtet wird, ergeben sich im Verlauf der ersten drei Problemlöseprozesse aus der Literatur 8 relevante Schwierigkeiten:

- Problemrepräsentation gelingt nicht, Problemstellung wird nicht verstanden, mentales Modell kann nicht erstellt werden (Simon & Simon, 1978; Larkin, 1983; Savelsbergh, 1998)
- Mangelnde Kenntnis physikalischer Begriffe (Friege, 2001; Reinhold et al., 1999; VanLehn, 1989)
- Unstrukturierte Recherche nach Informationen, die häufig lange dauert und wenig nutzbares zutage fördert (Chi, Glaser & Rees, 1982; Schultz & Lochhead, 1991)
- Richtige Formel für den Lösungsansatz fehlt vollständig, es ist nicht klar, mit welcher Art von Formel oder Zusammenhang das Problem angegangen werden kann
- Weiteres Vorgehen ist unklar (Chi et al., 1982; Reinhold et al., 1999; VanLehn, 1989)
- Fehlerhafte mathematische Notation, die nicht notwendigerweise zu einem Abbruch der Problemlösung oder zu einem Fehler führen muss
- Mangelnde Algebraische Fähigkeiten (Bing & Redish, 2009; Wilcox, Caballero, Rehn & Pollock, 2013)
- Rechnen mit Variablen/Größensymbolen (statt Zahlen) wird als schwieriger oder unangenehmer empfunden. Dem üblichen Ratschlag, erst am Ende Zahlen einzusetzen, wird nicht gefolgt.

Dabei können die ersten drei Schwierigkeiten eher dem Prozess der Problemrepräsentation, die nächsten beiden eher der Erarbeitung/Auswahl eines Problemschemas und die letzten drei eher der Ausarbeitung der Lösung zugeordnet werden.

Stichprobe

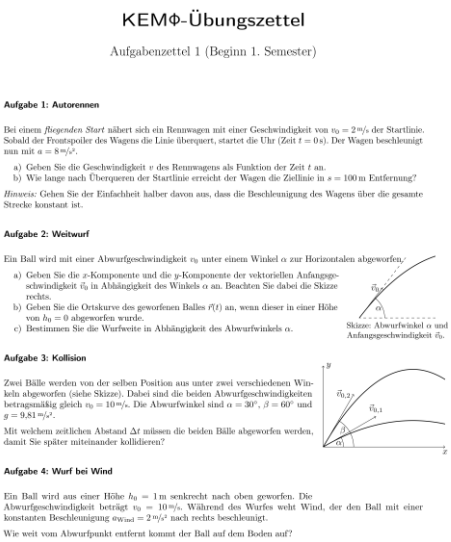
Aktuell liegen im Projekt Problemlösedaten von 35 Studierenden der Physik in Fach- oder Lehramts-Studiengängen an 4 deutschen Universitäten vor. Die Studierenden wurden im Rahmen des KEMΦ-Fachwissenstests in ihrem ersten Semester (WiSe 17/18, 18/19, 19/20) freiwillig rekrutiert und in der 2./3. Woche des Semesters getestet.

Testinstrument

Die im Folgenden berichteten Daten wurden mit dem KEMΦ-Problemlösetest (Woitkowski, 2019) erhoben. Dabei handelt es sich um vier Aufgaben zum Thema *gleichmäßig beschleunigte Bewegung und Würfe*, die einer Reanalyse realer Übungszettel entnommen sind und mit demselben Problemschema lösbar sein sollten. Für die Aufgaben liegen ausführliche Musterlösungen sowie eine Explikation des Schemas vor.

Die Studierenden haben beliebig viel Zeit, die Aufgaben mit der Methode des lauten Denkens zu lösen. Nach einer kurzen Pause schließt sich daran ein Interview an, in dem Herangehensweisen und wahrgenommene Schwierigkeiten erfragt werden.

Zur inhaltsanalytischen Behandlung wurden vier deduktive Kategorien zum Lösungserfolg entsprechend dem Modell des wissenszentrierten Problemlösens (Friege, 2001) erstellt (frühere Variante bei Woitkowski, 2019). Zu den 8 spezifischen Schwierigkeiten wurden induktiv Kategorien und Ankerbeispiele generiert. Die Kodierung wurde durch 2 geschulte Kodierer durchgeführt, ein gewichtetes Cohen‘s $\kappa = 0{,}77$ belegt eine substantielle Übereinstimmung. Im Falle von Uneinigkeit wurde *in dubio pro studente* verfahren.



KEMΦ-Übungszettel

Aufgabenzettel 1 (Beginn 1. Semester)

Aufgabe 1: Autorennen

Bei einem *fliegenden Start* nähert sich ein Rennwagen mit einer Geschwindigkeit von $v_0 = 2\,m/s$ der Startlinie. Sobald der Frontspoiler des Wagens die Linie überquert, startet die Uhr (Zeit $t = 0\,s$). Der Wagen beschleunigt nun mit $a = 8\,m/s^2$.

a) Geben Sie die Geschwindigkeit v des Rennwagens als Funktion der Zeit t an.
b) Wie lange nach Überqueren der Startlinie erreicht der Wagen die Ziellinie in $s = 100\,m$ Entfernung?

Hinweis: Gehen Sie der Einfachheit halber davon aus, dass die Beschleunigung des Wagens über die gesamte Strecke konstant ist.

Aufgabe 2: Weitwurf

Ein Ball wird mit einer Abwurfgeschwindigkeit v_0 unter einem Winkel α zur Horizontalen abgeworfen.

a) Geben Sie die x-Komponente und die y-Komponente der vektoriellen Anfangsgeschwindigkeit $\vec{v}_0$ in Abhängigkeit des Winkels α an. Beachten Sie dabei die Skizze rechts.
b) Geben Sie die Ortskurve des geworfenen Balles $\vec{r}(t)$ an, wenn dieser in einer Höhe von $h_0 = 0$ abgeworfen wurde.
c) Bestimmen Sie die Wurfweite in Abhängigkeit des Abwurfwinkels α.

Skizze: Abwurfwinkel α und Anfangsgeschwindigkeit $\vec{v}_0$.

Aufgabe 3: Kollision

Zwei Bälle werden von der selben Position aus unter zwei verschiedenen Winkeln abgeworfen (siehe Skizze). Dabei sind die beiden Abwurfgeschwindigkeiten betragsmäßig gleich $v_0 = 10\,m/s$. Die Abwurfwinkel sind $\alpha = 30°$, $\beta = 60°$ und $g = 9{,}81\,m/s^2$.

Mit welchem zeitlichen Abstand Δt müssen die beiden Bälle abgeworfen werden, damit Sie später miteinander kollidieren?

Aufgabe 4: Wurf bei Wind

Ein Ball wird aus einer Höhe $h_0 = 1\,m$ senkrecht nach oben geworfen. Die Abwurfgeschwindigkeit beträgt $v_0 = 10\,m/s$. Während des Wurfes weht Wind, der den Ball mit einer konstanten Beschleunigung $a_{Wind} = 2\,m/s^2$ nach rechts beschleunigt.

Wie weit vom Abwurfpunkt entfernt kommt der Ball auf dem Boden auf?

Abb. 1: Eingesetzter Aufgabenzettel

Ergebnisse: Lösungserfolg

Der Lösungserfolg stellt sich als sehr gemischt dar. Lediglich 9 der 35 Studierenden kann für alle vier Aufgaben einen nutzbaren Lösungsansatz produzieren, 4 Probanden schaffen dies für keine der gestellten Aufgaben. Vor dem Hintergrund der Annahme der Existenz eines auf alle Aufgaben zur Lösung anwendbaren Problemschemas überrascht vor allem die große Varianz des Lösungserfolgs. Nur in wenigen Fällen gelingt es Probanden, Übertragbarkeiten des Ansatzes zu identifizieren. In den meisten Fällen suchen die Studierenden bei jeder Aufgabe neu nach einem Ansatz.

Ergebnisse: Schwierigkeiten

Die drei Schwierigkeitstypen zur Problemrepräsentation treten vor allem bei Studierenden mit geringerem Lösungserfolg auf. Hier fällt es schwer die drei Koordinaten beim schrägen Wurf (*x, y, t*) gleichzeitig zu erfassen oder z. B. in einem Diagramm darzustellen. Auch der Begriff „Ortskurve“ wird nicht verstanden oder mit einem Begriff aus der schulischen Kurvendiskussion verwechselt. Einige der schwächsten Probanden versuchen, diese

Schwierigkeiten mit einer unstrukturierten Internetrecherche zu kompensieren, indem sie wahllos nach Begriffen aus dem Aufgabentext suchen, ohne jedoch eine sichtbare Vorstellung davon zu haben, welches Suchergebnis weiterhelfen könnte.
Über die Hälfte der Probanden zeigt Schwierigkeiten, einen Lösungsansatz zu finden. So haben 19 Studierende bei mindestens einer Aufgabe (aber häufig bei mehreren Aufgaben) keine Vorstellung davon, mit welcher Formel man sie lösen könnte. 21 Studierenden ist zu irgendeinem Zeitpunkt während der Aufgabenlösung nicht klar, wie weiter vorgegangen werden könnte. Das liegt u. a. daran, dass lange und unübersichtliche Rechnungen überfordern, das Ziel aus den Augen verloren oder „im Kreis“ gerechnet wir.
Etwa ein Drittel der Studierenden zeigt in der schriftlichen Aufgabenlösungen fehlerhafte mathematische Notation (verbreitet sind z. B. falsche Vektorschreibweisen). 8 Probanden mangelt es an algebraischen Fähigkeiten, davon können 6 keine quadratischen Gleichungen auflösen. Weitere 9 Personen äußern im Interview Unbehagen oder auch Schwierigkeiten beim Arbeiten mit Formelzeichen/Variablen ohne konkrete Zahlenangaben, was als mangelnde Anpassung an die Aufgabenkultur der Universität aufgefasst werden kann.

Zusammenfassung und Ausblick

Die Resultate des Problemlösetests können insgesamt als Ernüchternd eingeschätzt werden. Fast alle Probanden (32 von 35) zeigen verschiedene Schwierigkeiten bei der Aufgabenlösung. Besonders prominent sticht hier das Finden einer passenden Formel und das weitere Rechnen damit hervor. Diese Fähigkeit sollte im Studium normalerweise geübt werden, zumal es sich bei den Aufgaben um solche handelt, von denen die jeweiligen Lehrenden in einer Befragung angaben, dass die Studierenden sie zum Befragungszeitpunkt beherrschen sollten.
Bemerkenswert ist weiterhin aus häufige Auftreten von Schwierigkeiten bei der Problemrepräsentation und ein unstrukturiertes Rechercheverhalten bei den schwächeren Probanden, wohingegen mathematische Schwierigkeiten auch noch bei sehr fähigen Probanden festgestellt werden können.
Eine Reihe der hier aufgezeigten Schwierigkeiten wäre im normalen Übungsbetrieb wahrscheinlich kaum aufgefallen, da dort vor allem fertige Lösungen „zählen“ (und ggf. beschafft werden müssen), die Details des Lösungsprozesses aber weder beobachtet noch nachhaltig beeinflusst werden (können).

Literatur

Bing, T., & Redish, E. F. (2009). Analyzing problem solving using math in physics: Epistemological framing via warrants. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research, 5*(2).

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.* Berlin: Logos.

Haak, I. (2016). Was macht eine gute Übung aus? Ein Vergleich von Vorstellungen zum physikalischen Übungsbetrieb. *die Hochschullehre, 2*, 1–25.

Larkin, J. H. (1983). The Role of Problem Representation in Physics. In D. Gentner & A. L. Stevens (Eds.), *Mental Models* (pp. 75–98). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.

Reinhold, P., Lind, G., & Friege, G. (1999). Wissenszentriertes Problemlösen in Physik. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 5*(1), 41–62.

Savelsbergh, E. (1998). *Improving Mental Representations in Physics Problem Solving*. Enschede: Twente University.

Schultz, K., & Lochhead, J. (1991). A View from Physics. In M. U. Smith (Ed.), *Toward a unified Theory of Problem Solving: Views from the Content Domains*. (pp. 99–114). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.

Simon, D. P., & Simon, H. A. (1978). Individual differences in solving physics problems. In R. Siegler (Ed.), *Children's thinking: What develops?* (pp. 325–348). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.

Smith, M. U. (1991). A View from Biology. In M. U. Smith (Ed.), *Toward a unified Theory of Problem Solving: Views from the Content Domains*. (pp. 1–19). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.

VanLehn, K. (1989). Problem Solving and Cognitive Skill Acquisition. In M. L. Posner (Ed.), *Foundation of Cognitive Science* (pp. 527–579). Cambridge, MA: MIT Press.

Wilcox, B. R., Caballero, M. D., Rehn, D. A., & Pollock, S. J. (2013). Analytic framework for students' use of mathematics in upper-division physics. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research, 9*(2).

Woitkowski, D. (2018). Fachwissen und Problemlösen im Physikstudium: Vorstellung des Forschungsprojektes KEMΦ. *PhyDid B – Didaktik der Physik – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung Würzburg*, 125–131.

Woitkowski, D. (2019). Erhebung der Problemlösefähigkeit im Physikstudium: Vorstellung eines Erhebungsverfahrens. In C. Maurer (Ed.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe* (pp. 492–495). Regensburg: Universität Regensburg.

Woitkowski, D. (2020). Ressourcen zur Problemlösung: Problemschemata. In S. Habig (Ed.), *Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen* (pp. 373–376). Duisburg-Essen: Universität Duisburg-Essen.

Woitkowski, D., & Reinhold, P. (2018). Strategien und Probleme im Umgang mit Übungsaufgaben: Pilotergebnisse einer Interviewstudie im ersten Semester Physik. In C. Maurer (Ed.), *Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht: Normative und empirische Dimensionen* (pp. 726–729). Regensburg: Universität Regensburg.

Marco Seiter[1]
Heiko Krabbe[1]
Thomas Wilhelm[2]

[1]Ruhr-Universität Bochum
[2]Goethe-Universität Frankfurt am Main

Vergleich von Elementarisierungen der Mechanik in der Sekundarstufe I

Ausgangslage

Schülerinnen und Schüler haben aus ihrem Alltag viele Erfahrungen mit mechanischen Vorgängen. Daraus resultieren besonders viele und stabile Schülervorstellungen (Schecker, 1985; Nachtigall, 1986), die die Newton'sche Mechanik zu einem der am schwierigsten zu unterrichtenden Inhaltsgebiete machen. Weitere Probleme bei der Vermittlung können eine ungünstige Sachstruktur sein, z. B. dass der Kraftbegriff über die Statik eingeführt wird, und zu abstrakte Darstellungsformen wie z. B. Diagramme (Schecker et al., 2018; Wilhelm, 2018). Aufgrund der beschriebenen Problemlage existieren alternative Unterrichtskonzepte zur Newton'schen Mechanik, die teilweise evaluiert wurden (Jung et al., 1975; Wilhelm, 2005). Den von der Forschungsseite her aktuellsten Zugang für die Sekundarstufe I bildet das Konzept der zweidimensional-dynamischen Mechanik nach Wiesner (Wodzinski & Wiesner, 1994a+b; Waltner et al., 2010; Hopf et al., 2012; Wiesner et al., 2011; Wilhelm et al., 2013), das auf Vorarbeiten von Jung (1977a+b) aufbaut und positiv evaluiert wurde (Tobias, 2010; Wilhelm et al., 2011).

Kritikpunkte der bisherigen Forschung und Forschungsfrage

Die bisherige Evaluation des zweidimensional-dynamischen Mechaniklehrgangs fand immer im Vergleich zu unklar definiertem „konventionellen" Unterricht statt. Dabei wurden gleichzeitige Veränderungen in der Elementarisierung, der Unterrichtsstruktur und bei den Medien vorgenommen, so dass der Erfolg keiner dieser Variablen einzeln zugeschrieben werden kann. Die Forschungsfrage lautet daher, welche Auswirkungen verschiedene Elementarisierungen der Kinematik und Dynamik auf den Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler in der Sekundarstufe I haben, wenn die anderen Variablen (Strukturierung und Medien) kontrolliert werden. Zur Beantwortung dieser Forschungsfrage wurde eine eindimensionale-dynamische Adaption zum 2D-Mechaniklehrgang nach Wiesner entwickelt, welche sich so gut wie möglich nur in der Elementarisierung unterscheidet und die anderen Variablen konstant hält (Seiter, 2018). Neben der Dimension unterscheiden sich die beiden Lehrgänge auch darin, dass in der 1D-Adaption der Zusammenhang zwischen Kraft und Beschleunigung ($F = m \cdot a$) nur anhand konstanter Kräfte besprochen wird, wogegen im 2D-Mechniklehrgang nur die Zusatzgeschwindigkeit durch Kraftstöße ($F \cdot \Delta t = m \cdot \Delta v$) betrachtet wird. Eine Gegenüberstellung dieser beiden Elementarisierungen ist unter Seiter, Krabbe & Wilhelm (2020a+b) veröffentlicht. Diese Studie möchte damit über eine reine Replikation hinaus in kontrollierter Weise grundsätzlich die Effektstärke der fachdidaktischen Elementarisierung in Hinblick auf den Lernerfolg abschätzen und differentielle Effekte auf verschiedene Schülergruppen untersuchen. Dazu wird zugleich auch die Leistungsmessung verbessert.

Studiendesign

Die empirische Erhebung fand in einem Prä-/Posttest-Design mit zwei Interventionsgruppen statt. Hierbei wurde ein Fachwissentest zu Kraft und Bewegung, aufbauend auf Aufgaben aus dem FCI (Hestenes et al., 1992), von Alonzo & Steedle (2009) u.a. eingesetzt. Als Kontrollvariablen wurden die kognitiven Fähigkeiten anhand der nonverbalen Skalen N-Test 2 und N-Test 3 von Heller & Perleth (2000) gemessen. Des Weiteren wurde das Interesse im Fach Physik und das fachspezifische Selbstkonzept erfasst (Frey et al., 2009). Die Erhebung fand im Schuljahr 2019/2020 in der 8. oder 9. Jahrgangstufe an Gymnasien und Gesamt-

schulen in Nordrhein-Westfalen und Hessen statt. Eine ausführliche Darstellung des Studiendesgins und der Stichprobe ist ebenfalls unter Seiter, Krabbe & Wilhelm (2020b) veröffentlicht. Durch die Corona-Pandemie wurden in vielen Klassen Unterrichtsgänge unterbrochen und nicht zu Ende geführt, so dass diese in der Auswertung nicht berücksichtigt werden konnten. Außerdem wurde für die folgenden Auswertungen die Stichprobe auf die Gymnasialklassen reduziert, um eine bessere Vergleichbarkeit zwischen den Interventionsgruppen zum Präzeitpunkt zu gewährleisten. Die Aufteilung der Stichprobe bezogen auf die Anzahl von SchülerInnen, Lehrkräften, Klassen und die Aufteilung auf die verschiedenen Jahrgangsstufen kann Tabelle 1 entnommen werden.

	1D-Adaption	2D-Mechanikkurs nach Wiesner
SchülerInnen	177	295
Klassen	9	13
Lehrkräfte	8	7
Jahrgangsstufen	89 % Stufe 8, 11 % Stufe 9	31 % Stufe 8, 69 % Stufe 9

Tab. 1: Konstellation der ausgewerteten Stichprobe

Ergebnisse

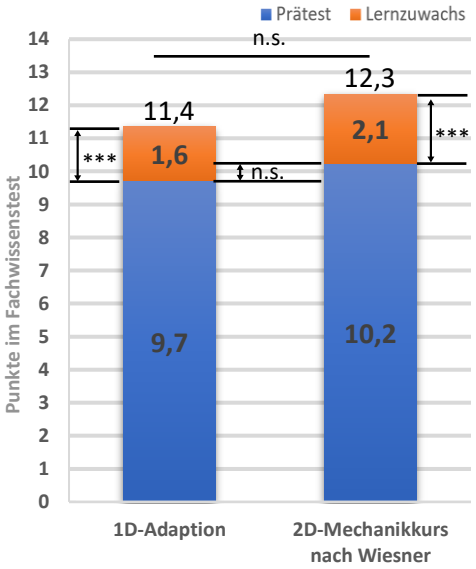


Abb. 1: Vergleich der Fachwissenstestergebnisse beider Interventionsgruppen

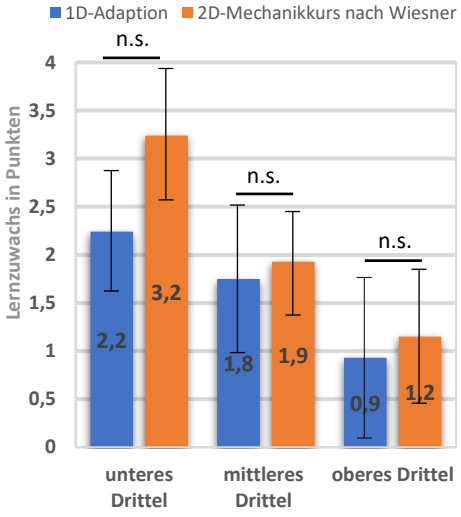


Abb. 2: Vergleich der Lernzuwächse mit 95 % - CI beider Interventionsgruppen nach Terzilen im Prätest

(Signifikanzniveaus: $*** p < .001$, $** p < .01$, $* p < .05$*)*

Für die 1D-Adaption zeigt sich links in Abb. 1 ein Lernzuwachs von $\mu = 9.7$ $(\sigma = 2.7)$ Punkten im Prätest auf $\mu = 11.4$ $(\sigma = 3.6)$ im Posttest. Dieser Lernzuwachs von durchschnittlich 1.64 Punkte $(95\,\%\text{-}CI[1.21, 2.07])$ ist nach einem zweiseitigen t-Test für verbundene Stichproben statistisch höchst signifikant, $t(176) = 7.50, p < .001$. Nach Cohen entspricht dies einem mittleren Effekt $d = 0.52$. Analog zeigt sich rechts in Abb. 1 ein ebenfalls höchst signifikanter Lernzuwachs für die SchülerInnen im 2D-Mechanikkurs nach Wiesner. Hier steigt die Punktzahl von $\mu = 10.2$ $(\sigma = 3.0)$ im Prätest auf $\mu = 12.3$ $(\sigma = 3.6)$ Punkte im Posttest. Die SchülerInnen erreichen also durchschnittlich im Posttest

2.1 Punkte (95 %-$CI[1.72, 2.50]$) mehr als im Prätest, $t(294) = 10.72, p < .001$. Auch dies ist ein mittlerer Effekt mit $d = 0.64$. Beide Lehrgänge führen also zu einem höchst signifikanten Lernzuwachs bei mittleren Effektstärken.
Die beiden Interventionsgruppen unterscheiden sich in hinsichtlich der Prätest-Ergebnisse im Fachwissenstest (blaue Säulen in Abb. 1) im Durchschnitt um 0.5 Punkte (95 %-$CI[-0.02, 1.06]$). Dieser Unterschied ist nach einem zweiseitigen t-Test für unabhängige Stichproben $t(470) = 1.89, p = .059$, nicht signifikant. Die Effektstärke nach Cohen's d liegt mit einem Wert von $d = 0.18$ auch unterhalb eines kleinen Effektes. Beide Gruppen sind also hinsichtlich ihrer Prätest-Ergebnisse miteinander vergleichbar.
Die Lernzuwächse in den beiden Interventionsgruppen sind in Abb. 1 durch die orangen Säulen dargestellt. Der mittlere Lernzuwachs der SchülerInnen, welche nach der 1D-Adaption unterrichtet wurden, beträgt $\mu = 1.6$ ($\sigma = 2.9$) Punkte, der mittlere Lernzuwachs der SchülerInnen im 2D-Mechanikkurs $\mu = 2.1$ ($\sigma = 3.4$). Der Unterschied im Lernerfolg beträgt im Durschnitt 0.5 Punkte (95 %-$CI[-1{,}30{,}107]$) und ist nicht signifikant $t(470) = 1.54, p = .124,\ d = 0.15$.
Die Interventionsgruppen werden im Weiteren anhand der Prätest-Ergebnisse gleichmäßig in Untergruppen (Terzile) aufgeteilt, um differentielle Effekte zu betrachten (Abb. 2). Die Aufteilung ist für die 1D-Adaption 59 für das unterste, 59 für das mittlere und 59 für das obere Terzil sowie beim 2D-Kurs 98, 99 und 98. Zunächst wird getestet, ob Unterschiede im Lernzuwachs zwischen den Terzilen innerhalb der einzelnen Interventionsgruppen festgestellt werden können. Eine Kontrastanalyse mit 3 Kontrasten (Bonferroni-Korrektur $\alpha/4 = .0125$) ergibt für die 1D-Adaption keinen signifikanten Unterschied im Lernzuwachs der SchülerInnen zwischen den Terzilen. Für den 2D-Mechanikkurs ergibt eine weitere Kontrastanalyse mit 3 Kontrasten einen statistisch hoch signifikanten Unterschied im Lernzuwachs zwischen dem unteren $\mu = 3.2$ ($\sigma = 3.6$) und dem mittleren Terzil $\mu = 1.9$ ($\sigma = 2.7$), $t(292) = 2.818,\ p < .0125, d = 0.41$, sowie einen statistisch höchst signifikanten Unterschied im Lernzuwachs zwischen dem unteren und dem oberen Terzil $\mu = 1.2$ ($\sigma = 3.5$), $t(292) = 4.47,\ p < .00025, d = 0.59$. Alle anderen Kontraste werden nicht signifikant. Besonders die schwächeren SchülerInnen profitieren also von dem 2D-Mechanikkurs.
Im Vergleich der einander entsprechenden Terzile werden die Unterschiede im Lernzuwachs zwischen den beiden Interventionsgruppen in zweiseitigen t-Tests für unabhängige Stichproben mit einer Bonferroni-Korrektur ($\alpha/4 = .0125$) nicht signifikant.

Fazit

Beide Lehrgänge führen zu einem statistisch höchst signifikanten Lernzuwachs bei mittleren Effektstärken. Der dynamische Zugang zum Kraftbegriff, welcher sowohl im 2D-Mechanikkurs nach Wiesner als auch in der 1D-Adaption verfolgt wird, funktioniert also. SchülerInnen mit wenig Vorwissen profitieren dabei im 2D-Mechanikkurs am meisten. Es gibt Hinweise darauf, dass der Lernzuwachs der SchülerInnen im 2D-Kurs auch innerhalb der Terzilen insgesamt besser ausfällt als in der 1D-Adaption, wobei diese Unterschiede bei dieser Stichprobe nicht signifikant wurden. Wegen der zahlreichen Abbrüche durch Corona ist eine zweite Erhebung im Schuljahr 2020/2021 geplant.

Literatur

Alonzo, A. C. & Steedle, J. T. (2009). Developing and assessing a force and motion learning progression. Science Education, 93, 389-421.

Frey, A. et al. (Hrsg.). (2009). PISA 2006 Skalenhandbuch: Dokumentation der Erhebungsinstrumente. Münster: Waxmann.

Heller, K. A. & Perleth, C. (2000). Kognitiver Fähigkeitstest für 4.-12. Klassen, Revision KFT 4-12 + R. Göttingen: Hogrefe.

Hestenes, D., Wells, M. & Swackhamer, G. (1992). Force Concept Inventory. The Physics Teacher 30, 141-158.

Hopf, M., Wilhelm, T., Waltner, C., Tobias, V., Wiesner, H. (2012). Einführung in die Mechanik, 4. Auflage, München, Würzburg, veröffentlicht unter www.thomas-wilhelm.net/Mechanikbuch_Druckversion.pdf

Jung, W., Reul, H. & Schwedes, H. (1975): Untersuchungen zur Einführung in die Mechanik in den Klassen 3-6. Diesterweg, Frankfurt am Main.

Jung, W. (1977a): Wege in die Mechanik In: physica didactica 4, S. 219-229.

Jung, W. (1977b): Zur Einführung des Kraftbegriffs. In: physica didactica, S. 171-187.

Nachtigall, D. (1986): Die Rolle von Präkonzepten beim Lernen von Physik. In: Bleichroth W. (Hrsg.), Aufsätze zur Didaktik der Physik. Festschrift zum 60. Geburtstag von Walter Jung. Physica didactika - Zeitschrift für Didaktik der Physik., 13. Jahrgang. Sonderheft 1986. Bad Salzdetfurth: Franzbecker, S. 97-102.

Schecker, H. (1985). Das Schülervorverständnis zur Mechanik, Eine Untersuchung in der Sekundarstufe II unter Einbeziehung historischer und wissenschaftlicher Aspekte, Dissertation, Universität Bremen.

Schecker, H.; Wilhelm, T.; Hopf, M.; Duit, R., & Fischler, H. (2018). Schülervorstellungen und Physikunterricht. Springer Berlin Heidelberg.

Seiter, M. (2018). Vergleichende Rekonstruktionen von Zugängen zur Kinematik und Dynamik in der Sekundarstufe I. Masterarbeit an der Ruhr Universität Bochum.

Seiter, M., Krabbe, H. & Wilhelm, T. (2020a). Vergleich von Zugängen zur Mechanik in der Sekundarstufe I. In: S. Habig (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen (S. 1051-1054). Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Wien 2019.

Seiter, M., Krabbe, H. & Wilhelm, T. (2020b). Vergleich von Zugängen zur Mechanik in der Sekundarstufe I. In: PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung, 2020. (S. 271-280).

Tobias, V. (2010). Newton'sche Mechanik im Anfangsunterricht. Die Wirksamkeit einer Einführung über zweidimensionale Dynamik auf das Lehren und Lernen. In: Studien zum Physik-und Chemielernen. Band 105, Berlin: Logos-Verlag.

Waltner, C., Tobias, V., Wiesner, H., Hopf, M. & Wilhelm, T. (2010). Ein Unterrichtskonzept zur Einführung in die Dynamik in der Mittelstufe. In: Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule. Heft 7, 59. Jahrgang, S. 9-22.

Wiesner, H., Wilhelm, T., Rachel, A., Waltner, C., Tobias, V. & Hopf, M. (2011). Mechanik I: Kraft und Geschwindigkeitsänderung. In: Reihe Unterricht Physik, Band 5, Aulis-Verlag (später erschienen unter: Wiesner, H.; Wilhelm, T.; Waltner, C.; Tobias, V.; Rachel, A.; Hopf, M. (2016). Kraft und Geschwindigkeitsänderung. Aulis-Verlag.)

Wilhelm, T. (2005). Konzeption und Evaluation eines Kinematik/Dynamik-Lehrgangs zur Veränderung von Schülervorstellungen mit Hilfe dynamisch ikonischer Repräsentationen und graphischer Modellbildung. In: Studien zum Physik-und Chemielernen. Band 46, Berlin: Logos-Verlag.

Wilhelm, T., Tobias, V., Waltner, C., Hopf, M. & Wiesner, H. (2011). Zweidimensional-dynamische Mechanik – Ergebnisse einer Studie. In: Höttecke, D. (Hrsg.). Konzepte fachdidaktischer Strukturierung. Jahrestagung der GDCP in Potsdam 2010, Reihe: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Band 31, Münster: Lit-Verlag, S. 438-440.

Wilhelm, T.; Wiesner, H.; Hopf, M.; Rachel, A. (2013). Mechanik II: Dynamik, Erhaltungssätze, Kinematik. In: Reihe Unterricht Physik, Band 6, Aulis-Verlag

Wilhelm, T. (2018). Stolpersteine überwinden im Physikunterricht: Anregungen für fachgerechte Elementarisierungen. Seelze: Aulis.

Wodzinski, R., Wiesner, H. (1994a). Einführung in die Mechanik über die Dynamik: Beschreibung von Bewegungen und Geschwindigkeitsänderungen. In: Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule. Heft 5, 32. Jahrgang, S. 164-169.

Wodzinski, R., Wiesner, H. (1994b). Einführung in die Mechanik über die Dynamik: Zusatzbewegung und Newton'sche Bewegungsgleichung. In: Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule. Heft 6, 32. Jahrgang, S. 202-207.

Wolfgang Lutz[1]
Sebastian Haase[2]
Jan-Philipp Burde[3]
Thomas Wilhelm[4]
Thomas Trefzger[1]

[1]Julius-Maximilians-Universität Würzburg
[2]Freie Universität Berlin
[3]Eberhard-Karls-Universität Tübingen
[4]Goethe-Universität Frankfurt

Nutzung digitaler Materialien zum Elektronengasmodell im Homeschooling

Einbindung digitaler Lernmaterialien in ein Flipped-Classroom-Konzept

Bei der Entwicklung digitaler Unterrichtsmaterialien sind neben inhaltlichen und fachdidaktischen Gesichtspunkten auch mediendidaktische Aspekte zu beachten, die sich unter anderem auf den Einsatz digitaler Medien im Unterrichtsprozess und ihre Rolle für den Lernprozess der Schüler*innen beziehen (Tulodziecki & Herzig, 2004; Herzig & Aßmann, 2009). Zur Formulierung konkreter Ziele, die durch die Implementierung digitaler Materialien realisiert werden sollen, erscheint deshalb eine Analyse einzelner Unterrichtsstunden zunächst sinnvoll. Allerdings erweist sich eine Generalisierung wesentlicher Merkmale des Unterrichts im Allgemeinen als äußerst schwierig, da die Gestaltung medial, konzeptionell und methodisch sehr unterschiedlich sein kann und stark von der unterrichtenden Lehrkraft geprägt ist. In den Untersuchungen von Prenzel et al. (2002) und Duit & Wodzinski (2010) zeigt sich dennoch der Trend, dass Unterricht häufig stark lehrpersonenzentriert orientiert ist. Selbst bei den Lehrkräften, die großen Wert auf Schülerarbeitsphasen legen, dominiert in diesen Studien der darbietende Physikunterricht mit durchschnittlich zwei Drittel der Unterrichtszeit. Für schüleraktive Phasen verbleiben dann lediglich 15 Minuten in einer Unterrichtsstunde. Zur individuellen Intensivierung der Lerninhalte in Form von Übungsaufgaben oder der Auswertung und Interpretation von Schülerexperimenten nutzt ein großer Teil der Lehrkräfte regelmäßig eine an den Unterricht anschließende Hausaufgabe (z. B. Crossley & Starauschek, 2014). Ein zeitlicher Umfang der Hausaufgaben von ungefähr 15 Minuten erscheint für ein Hauptfach durchaus legitim. Auf diesen Überlegungen aufbauend ist ein Ablaufschema für den "klassischen Unterricht" entstanden (Abb. 1).



Abb. 1 Klassischer Unterricht

Das Lernen muss als ein aktiver und immer komplexer werdender Entwicklungsprozess angesehen werden (Abb. 2). Sollen durch eine Hausaufgabe am Ende einer Unterrichtseinheit die Lerninhalte intensiviert werden, kann dies schnell zur Überforderung der Lernenden führen, da gerade in den schwierigen Phasen die systematische Unterstützung durch die Lehrkraft fehlt. An dieser Stelle kommt die Idee des Flipped Classrooms als „advance organizer" ins Spiel (Elfeky, Masadeh, & Elbyaly, 2020). Die Schüler*innen erhalten mit der Bereitstellung von Online-Lernvideos und anschließenden interaktiven Online-Aufgaben bereits vor dem Unterricht („in advance") eine kognitive

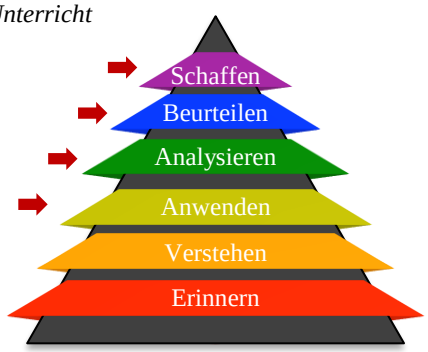


Abb. 2 Lernzieltaxonomien (nach Anderson & Krathwohl, 2001; basierend auf Bloom, 1956)

Lernhilfe und können so zuhause eigenständig Konzepte vorstrukturieren („organize“). Dabei ist eine asynchrone und individuelle Nutzung der digitalen Lehrangebote zuhause möglich, da in praktisch allen Familien ein digitales Endgerät sowie eine Internetverbindung zur Verfügung stehen (mpfs, 2020). Im Unterricht werden die Inhalte dann intensiviert, wobei sich die Lernenden bei Problemen und Schwierigkeiten an die Lehrkraft wenden oder sich auch gegenseitig innerhalb ihrer Peer-Group unterstützen können. Die Idee des Flipped Classrooms besteht also darin, die sonst an den Unterricht angrenzende viertelstündige Hausaufgabe zeitlich vor den Unterricht zu setzen (Abb. 3).



Abb. 3 Flipped Classroom

Zu Beginn des Unterrichts werden den Lernenden gezielte Fragen zum Video gestellt, die in einer Think-Pair-Share-Phase (Lyman, 1981) und einem Klassengespräch beantwortet werden. Darüber hinaus bietet sich den Lernenden die Möglichkeit, ihre Fragen und Probleme bei der Vorbereitung anzusprechen und darüber zu diskutieren. Die Rolle der Lehrkraft wechselt in diesem Zusammenhang von der erklärenden hin zur moderierenden Funktion. Nach dieser Einstiegsphase beginnt direkt die schüleraktive Phase mit der Bearbeitung von Übungsaufgaben oder der Durchführung und Auswertung von Schülerexperimenten. Im Unterricht verschiebt sich so der Schwerpunkt von der Wissensvermittlung auf die Anwendung und Vertiefung der Lerninhalte und es bleibt mehr Zeit für Nachfragen, für Diskussionen und die Intensivierung.

Insgesamt wurden im Bereich der Elektrizitätslehre zwölf Unterrichtseinheiten, basierend auf dem Unterrichtskonzept zum Elektronengasmodell nach Burde (2018), im Sinne eines Flipped Classrooms konzipiert und auf der interaktiven Lehr- und Lernplattform tet.folio der Freien Universität Berlin (Haase, Kirstein & Nordmeier, 2016) zur Verfügung gestellt. Detailliertere Einblicke in die Unterrichtskonzeption finden sich bei Lutz et al. (2020).

Nutzung digitaler Materialien im Homeschooling

Die Plattform tet.folio wurde gewählt, da es hier möglich ist, den Lehrkräften und den Schüler*innen durch einen pseudonymisierten Code Zugriff auf die digitalen Lernmaterialien zu gewähren. Möchten Schüler*innen nicht an der pseudonymisierten Erfassung der Daten teilnehmen, werden die erhobenen Daten nicht gespeichert und somit entsteht ihnen selbstverständlich kein Nachteil. Die Datenerfassung ist mit den Datenschutzbeauftragten der Universität Würzburg und dem Kultusministerium abgesprochen.

Im Schuljahr 2019/20 wurde auf diese Weise das Nutzungsverhalten der zwölf entwickelten Unterrichtseinheiten in insgesamt 13 Klassen mit n = 296 Schüler*innen eruiert. Der Schwerpunkt der Untersuchung lag auf der Nutzung und Beurteilung der Lernvideos und der interaktiven Quizaufgaben bei der häuslichen Vorbereitung. Während der Erhebung reduzierte sich die Quote der Schüler*innen, die ihre häusliche Vorbereitung erledigten, von anfangs ca. 75 % (n = 220) auf ca. 50 % (n = 150) am Ende des Schuljahres.

Für Lernvideos im Internet wird eine Länge von 2 bis 5 Minuten empfohlen, wobei dies stark vom Inhalt abhängt (Schön & Ebner, 2013). Je kürzer ein Video ist, desto größer ist die Gefahr, die Inhalte zu oberflächlich zu thematisieren. Zu lange Videos können dazu führen, dass die Schüler*innen sie nicht vollständig ansehen. Aus diesem Grund wurde die Akzeptanz der Länge der Lernvideos mit einer dreistufigen Likert-Skala erfasst. Es zeigte sich eine hohe Akzeptanz bei den Lernenden (durchschnittliche Bewertung: zu kurz 3 %, genau richtig 76 %, zu lang 21 %). Aus der Korrelation zwischen Videolänge und der Bewertung der

Länge durch die Schüler*innen (Abb. 4) lässt sich ableiten, dass die Schüler*innen tendenziell lieber kürzere Videos sehen (nach Pearson: $|r| = 0.23$, $p < 0.01$). Alle Diagramme zeigen die Mittelwerte mit ihren Standardfehlern. Die beste Akzeptanz erhalten Videos mit einer Länge von fünf bis sechs Minuten. Da die Effektstärke allerdings nur klein ist, können auch die längeren Videos mit bis zu acht Minuten als geeignet angesehen werden.
Die wahrgenommene Verständlichkeit der Lernvideos wurde über eine vierstufige Likert-Skala erfasst (durchschnittliche Bewertung der Schüler*innen: gar nicht 1 %, nur teilweise 17 %, die meisten 53 %, alle 29 %). Bis auf Einheit 9 (Parallelschaltung) wurden die Lernvideos als sehr verständlich wahrgenommen (Abb. 5). Deshalb wird die Komplexität dieser Einheit reduziert, indem künftig die mathematische Herleitung des Ersatzwiderstandes in ein separates Video für interessierte Schüler*innen ausgelagert wird. Zwischen der Einschätzung der Länge und dem Verständnis der Lernvideos treten keine Korrelationseffekte auf (nach Pearson: $|r| = 0.06$, $p < 0.01$), was für die Eignung aller Lernvideos spricht.

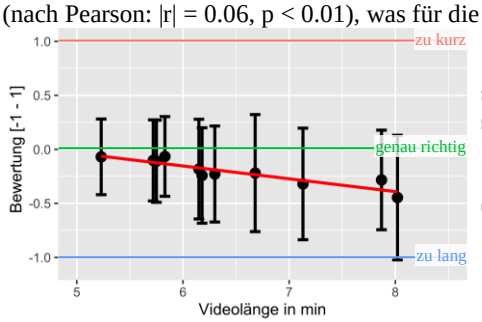


Abb. 4 Länge der Lernvideos

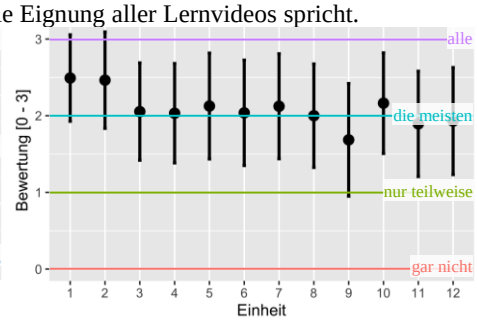


Abb. 5 Verständnis der Lernvideos

Mit einer adaptierten Kurzskala nach Habig (2017) bestehend aus sechs Items wurde unmittelbar nach jedem der zwölf Lernvideos das aktuelle Interesse der Schüler*innen erfasst (mittlere Reliabilität: $\alpha = 0.83$, $SD = 0.03$). Über die zwölf Einheiten hinweg zeigte sich eine leichte Abnahme des Interesses (nach Pearson: $|r| = 0.17$, $p < 0.01$). Der Verlauf des aktuellen Interesses lässt sich durch eine exponentielle Trendlinie fitten und zeigt so die Stabilisierung des Interesses gegen Ende der zwölf Einheiten (Abb. 6). Eine mögliche Erklärung für diesen Verlauf könnte in der Abnahme des Neuigkeitseffekts liegen (Theyßen, 2014).
Die Bewertung der Quizaufgaben erfolgte über eine vierstufige Likert-Skala und zeigt, dass die Schüler*innen durchschnittlich mit den Aufgaben zurechtgekommen sind, bei der ein oder anderen Aufgabe aber auch gefordert wurden (durchschnittliche Bewertung: gar nicht 3 %, nur teilweise 23 %, mit den meisten 57 %, mit allen 17 %). Demnach kann der Schwierigkeitsgrad der Aufgaben als angemessen beurteilt werden.

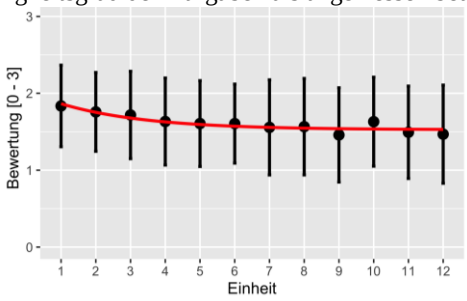


Abb. 6 Verlauf des aktuellen Interesses

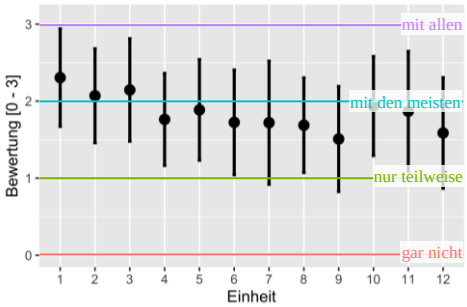


Abb. 7 Bewertung der Quizaufgaben

In einer weiteren Erhebung werden die entwickelten Materialien im Rahmen einer Vergleichsstudie zwischen dem klassischen Unterricht und dem Flipped Classroom mit dem Ziel der Entwicklung von experimenteller Kompetenz und von konzeptionellem Verständnis eingesetzt. Details zum Studiendesign finden sich bei Lutz et al. (2020).

Literatur

Anderson, L.W. & Krathwohl, D. (2001), A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing. A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives. Addison Wesley.

Burde, J.-P. (2018): Eine Einführung in die Elektrizitätslehre mit Potenzial. Frankfurt am Main: Institut für Didaktik der Physik der Goethe-Universität. URL: https://www.einfache-elehre.de

Bloom, B.S., Englehart, M.D., Furst, E.J., Hill, W.H., & Krathwohl, D.R. (1956). Taxonomy of educational objectives. The classification of educational goals, Handbook 1: Cognitive Domain. New York: Longmans, Green, Co.

Crossley, A. & Starauschek, E. (2014). Unterstützen internetgestützte Hausaufgaben das Physiklernen? In S. Bernholt (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in München 2013. Kiel: IPN.

Duit, R. & Wodzinski, C.T. (2010). PiKo-Brief 4: Merkmale „guten" Physikunterrichts. In: Duit R, Mikelskis-Seifert S (Hrsg) Physik im Kontext. Konzepte, Ideen, Materialien für effizienten Physikunterricht. Sonderband Unterricht Physik, Friedrich Seelze

Elfeky, A. I. M., Masadeh, T. S. Y., & Elbyaly, M. Y. H. (2020). Advance organizers in flipped classroom via e-learning management system and the promotion of integrated science process skills. Thinking Skills and Creativity, 35, 100622.

Haase, S.; Kirstein, J. & Nordmeier, V. (2016): tet.folio: Neue Ansätze zur digitalen Unterstützung individualisierten Lernens. Didaktik der Physik. Frühjahrstagung Hannover 2016. http://www.phydid.de/index.php/phydid-b/article/view/737/871

Habig, S. (2017). Systematisch variierte Kontextaufgaben und ihr Einfluss auf kognitive und affektive Schülerfaktoren.Berlin: Logos.

Herzig, B. & Aßmann, S. (2009). „Mediendidaktik". Handbuch der Erziehungswissenschaft. Band III: Familie, Kindheit, Jugend, Gender, Umwelten. Hrsg. Gerhard Mertens, Ursula Frost, Winfried Böhm und Volker Ladenthin. Paderborn 2009. 893–912.

Lutz, W., Burde, J.P., Wilhelm, T. & Trefzger, T. (2020). Digitale Unterrichtsmaterialien zum Elektronengasmodell. In: PhyDid B.

Lyman, F. (1981). The Responsive Classroom Discussion. In A. S. Anderson (Ed.), Mainstreaming Digest (pp. 109-113). College Park, MD: University of Maryland College of Education.

Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest (mpfs) (2020): JIM-Studie 2019. Jugend, Information, (Multi-) Media. Stuttgart. URL: https://www.mpfs.de/fileadmin/files/Studien/JIM/2019/JIM_2019.pdf (letzter Aufruf: 21.9.2020)

Mikelskis-Seifert S, Duit R (2010) PiKo-Brief 6: Das Experiment im Physikunterricht. In: Duit R, Mikelskis-Seifert S (Hrsg) Physik im Kontext. Konzepte, Ideen, Materialien für effizienten Physikunterricht. Sonderband Unterricht Physik, Friedrich Seelze

Prenzel et al. (2002). Lehr-Lernprozesse im Physikunterricht - eine Videostudie. In: Prenzel, Manfred [Hrsg.]; Doll, Jörg [Hrsg.]: Bildungsqualität von Schule: Schulische und außerschulische Bedingungen mathematischer, naturwissenschaftlicher und überfachlicher Kompetenzen. Weinheim : Beltz 2002, S. 139-156. - (Zeitschrift für Pädagogik, Beiheft; 45)

Schön, S. & Ebner, M. (2013). Gute Lernvideos … so gelingen Web-Videos zum Lernen! Online zugänglich unter: http://bimsev.de/

Theyßen, H. (2014). Methodik von Vergleichsstudien zur Wirkung von Unterrichtsmedien. In Krüger, D., Parchmann, I., Schecker, H. (Hrsg.), Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung. Heidelberg: Springer Verlag, S. 67-79.

Tulodziecki, G., und Herzig, B. (2004). Mediendidaktik. Medienverwendung in Lehr- und Lernprozessen. Stuttgart 2004.

Jana Tampe[1]
Verena Spatz[1]

[1]Technische Universität Darmstadt

Evaluation eines interdisziplinären Seminars zur Erkenntnisgewinnung

An der Technischen Universität Darmstadt wurde im Rahmen der Neustrukturierung des Studiengangs für Lehramt am Gymnasium ein neues Studienelement geschaffen: der Vernetzungsbereich. Dieser soll die Studierenden auf interdisziplinäre Unterrichtskonzepte vorbereiten (Gallenbacher & Bruder, 2017). Das für diesen Studienbereich neukonzipierte Modul mit dem Titel „Erkenntnisgewinnung in den Naturwissenschaften“ wurde speziell als Vertiefungsmodul für Studierende mit naturwissenschaftlichen Fächern konzipiert, um diese auf die Herausforderung des integrierten naturwissenschaftlichen Unterrichts vorzubereiten (Labudde, 2017). Außerdem sollen die Inhalte des Moduls den Studierenden verdeutlichen, das viele fachdidaktische Konzepte und unterrichtspraktische Ideen über die Fächergrenzen hinweg Anwendung finden können. Ein besonderer Schwerpunkt wird dabei auf den Kompetenzbereich „Erkenntnisgewinnung“ gelegt, der sich auch im Modultitel wiederfindet. Das Modul besteht aus einem Grundlagenseminar, das sich mit fachdidaktischen Grundlagen und unterrichtspraktischen Konzepten beschäftigt, und einem Experimentalprojekt, in dem die Studierenden in fächerübergreifenden Gruppen eine Unterrichtseinheit mit Experimenten für die Schule entwickeln. In diesem Beitrag wird die Evaluation des Grundlagenseminars anhand von Concept Maps vorgestellt.

Evaluationsmethode

Das Seminar wurde in einem Prä-Post-Design mit Hilfe von Concept Maps evaluiert. Dazu wurde von den Studierenden in der ersten Seminareinheit eine Prae-Concept-Map zum Seminartitel „Erkenntnisgewinnung in den Naturwissenschaften“ erstellt. Diese Aufgabe erhielten sie erneut zum Abschluss des Seminars, sodass eine Post-Concept-Map entstand.
Auf Grundlage der Auswertung dieser Concept Maps soll die Evaluationsfrage „Wie ändert sich das Wissen zum Seminarthema „Erkenntnisgewinnung in den Naturwissenschaften“?“ untersucht werden.
Concept Maps sind für diese Evaluationsfrage vor allem deswegen geeignet, da sie die netzartige Struktur von Wissen im menschlichen Gehirn deutlich besser abbilden können als ein linearer Text (Graf, 2014, S. 327). Bei einer Concept Map werden ähnlich wie bei einer Mindmap Begriffe gesammelt und zusammengehörige Begriffe miteinander verbunden. Im Gegensatz zur Mindmap legt die Concept Map jedoch einen stärkeren Fokus auf die Verbindungen. Diese werden zum einen beschriftet und zum anderen wird ihnen durch einen Pfeil eine Richtung zugewiesen (ebd., S. 328). Zwar macht dies die Erstellung der Concept Map im Vergleich zur Mindmap aufwendiger, jedoch hat dieses Vorgehen für die Evaluation den Vorteil, dass Verbindungen und Begriffe besser auf ihren „richtigen“ Einsatz geprüft werden und ggf. aus dem Datensatz entfernt werden können.

Ergebnisse

Für die Evaluation des Seminars wurden die Concept Maps von sieben Studierenden verwendet, die das Seminar im Sommersemester 2020 in einem digitalen Lehrformat, einer Mischung aus Selbstlernphasen und Online-Meetings, besucht haben.
Die Datengrundlage besteht damit insgesamt aus vierzehn Concept Maps, sieben Prä-Concept-Maps und sieben Post-Concept-Maps, in denen insgesamt 277 Begriffe mit 327 Pfeilen miteinander vernetzt wurden.

Um den quantitativen Zuwachs an Begriffen zu untersuchen, wurde die durchschnittliche Begriffszahl pro Concept Map vor und nach dem Seminar miteinander verglichen.

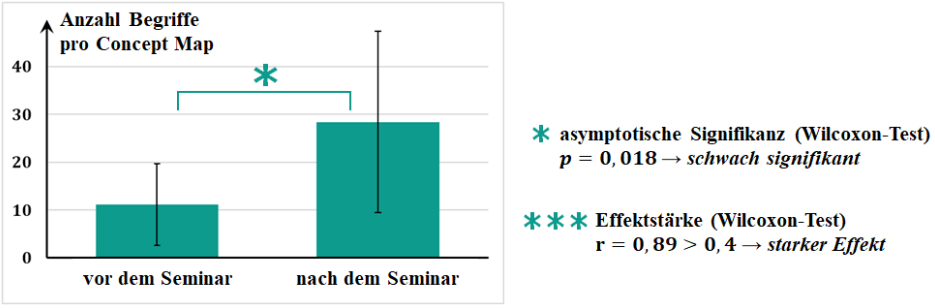


Abb. 1: Zuwachs der Anzahl der Begriffe pro Concept Map durch das Seminar

Trotz der großen Streuung der Zahl der Begriffe pro Concept Map wird deutlich, dass die Zahl der Begriffe durch das Seminar signifikant zunimmt (siehe Abb. 1).

Um den Weiterentwicklungsbedarf für das Seminar zu analysieren, ist aber eine qualitativere Auswertung notwendig. Dazu wurden die Begriffe geclustert. Die Cluster bilden dabei die zehn verschiedenen Seminareinheiten (siehe Abb. 2, farbige Kästen, gruppiert in fünf übergeordnete Themenbereiche). Einige sehr allgemeine Begriffe wie „Lehrkraft“ ließen sich keiner Seminareinheit bzw. keinem Cluster zuordnen; diese 22 Begriffe wurden nicht weiter berücksichtigt.
In einem ersten Schritt wurden für jedes Cluster alle Begriffe aus allen Prae-Concept-Maps zusammenaddiert, unabhängig aus welcher Concept Maps sie stammen. Gleichermaßen wurde mit den Post-Concept-Maps verfahren.
Die Ergebnisse zeigt Abb. 2. Die Anzahl der Begriffe in jedem Cluster ist jeweils zum Zeitpunkt (a) vor und (b) nach dem Seminar durch die fünfstufige Farbskala dargestellt.

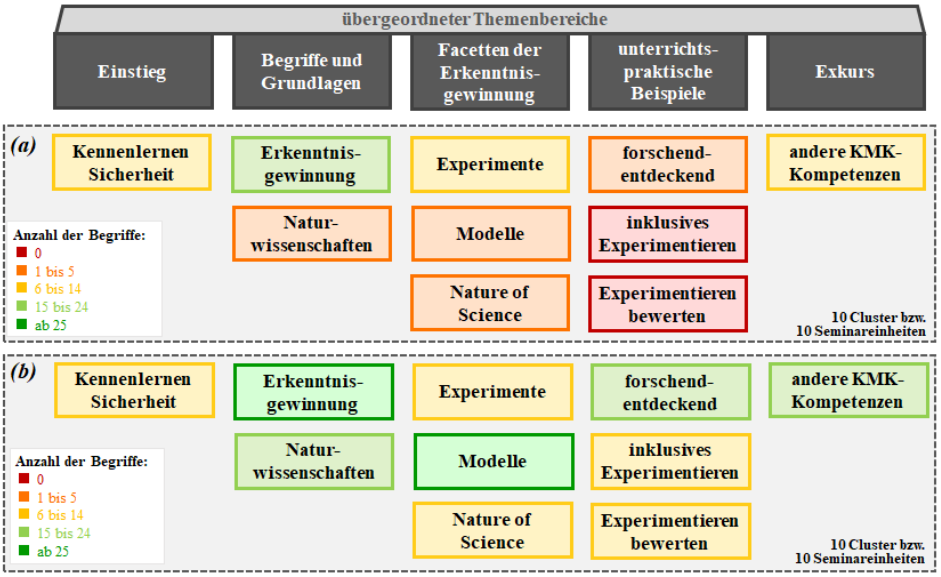


Abb. 2: Gesamtzahl aller Begriffe pro Cluster (a) vor und (b) nach dem Seminar

Diskussion

Die Ergebnisse in Abb. 2a zeigen, dass vor allem zu der Seminareinheit mit dem Thema „Erkenntnisgewinnung“ bereits Vorwissen besteht. Daraus lässt sich schließen, dass die Studierenden im Laufe ihres Studiums bereits mindestens ein fachdidaktisches Modell zur Erkenntnisgewinnung kennengelernt haben. Dagegen ist das begriffliche Wissen zu „forschend-entdeckendem Unterricht“, „Modellen“ und „Nature of Science“ im Vorfeld eher klein; Begriffe zu den beiden unterrichtspraktischen Themen „inklusives Experimentieren“ und „Experimentieren bewerten“ werden in den Prae-Concept-Maps sogar noch gar nicht verwendet. Auch das Wissen zu „Naturwissenschaften“ (Seminareinheit zum integrierten naturwissenschaftlichen Unterricht) ist noch gering. In all diesen Bereichen bestehen also noch Defizite im fachdidaktischen Begriffswissen.

Vergleicht man die Zahl der Begriffe aus Abb. 2a nun mit den Ergebnissen in Abb. 2b, so erkennt man, dass das Begriffswissen in allen Clustern außer den beiden Seminareinheiten „Sicherheit“ und „Experimentieren“ sichtbar zugenommen hat. Insbesondere beim Thema Modelle lässt sich ein sehr deutlicher Wissenszuwachs beobachten und auch im Cluster „Erkenntnisgewinnung“ ist trotz des hohen Vorwissens eine Verbesserung festzustellen,

Ein Problem dieser Art der Auswertung ist, dass sie davon ausgeht, dass zu jedem Seminarthema ungefähr eine gleiche Anzahl von Begriffen für die Concept-Map zur Verfügung steht, was aber nicht der Fall ist. Deswegen wurde in einem weiteren Schritt auch nochmals untersucht, welche Themen durch das Seminar neu erschlossen wurden, d. h. es wurde jeweils die Prae-Concept-Map eines Studierenden mit der Post-Concept-Map verglichen und dabei gezählt, welche Cluster ausschließlich in der Post-Concept-Map vorkommen. Dieser weitere Auswertungsschritt unterstützt die Ergebnisse, dass die Studierenden insbesondere beim Thema „Modelle“ und den drei unterrichtspraktischen Themen Neues gelernt haben. Er zeigt jedoch auch, dass das Thema „Nature of Science“ nur von wenigen Studierenden in die Abschluss-Concept neu integriert wurde, obwohl bereits das Vorwissen hierzu sehr niedrig war. Für die Weiterentwicklung des Seminars im kommenden Semester lässt sich also schlussfolgern, dass die Vermittlung des Themenfeldes „Nature of Science“ überdacht und umgestaltet werden muss, um Bedeutung dieses Themas für den späteren Lehrberuf den Studierenden klarer sichtbar zu machen.

Fazit

Die Ergebnisse der Auswertung zeigen, dass Concept Maps ein geeigneter Baustein der Seminarevaluation sind, um daraus Implikationen für die Weiterentwicklung abzuleiten.

Bezüglich des Vorwissens kann festgestellt werden, dass vor allem die Themen „Modelle“ und „Nature of Science“ bei den Studierenden noch wenig präsent sind. Auch verbinden sie kaum unterrichtspraktische Ideen mit dem Begriff „Erkenntnisgewinnung“. Die Analyse des Wissenszugewinns anhand von Concept Maps zeigt jedoch, dass man diese Defizite verbessern kann. Beispielweise ist es gelungen, dass Modelle nach dem Seminar als wichtiger Aspekt der Erkenntnisgewinnung wahrgenommen werden. Auch kann solch ein Seminar dazu beitragen, dass eine größere Zahl an unterrichtspraktischen Themen in das Wissensnetz von Lehramtsstudierenden zum Thema Erkenntnisgewinnung integriert wird.

Ausblick

Im nächsten Evaluationsschritt soll nach der hier dargestellten Analyse des Begriffswissens das Vernetzungswissen genauer betrachtet werden, indem die Verbindungen zwischen den Begriffen in den Concept Maps genauer analysiert werden. Zudem kamen während des Seminars weitere Evaluationsmethoden wie Fragebögen und ein Abschlussinterview zum Einsatz, die die Ergebnisse aus der Concept Map ergänzen und unterstützen sollen, um die Aussagekraft der hier dargestellten Ergebnisse für das Gesamtprojekt, die Design-Based-Research-Entwicklung und -Evaluation des Moduls, zu erhöhen.

Literatur

Gallenbacher, J.; Bruder, R. (2017): Ein Vernetzungsbereich als neues Studienelement im MINT-orientierten Studiengang Lehramt am Gymnasium. In: MINTplus – systematischer und vernetzter Kompetenzaufbau in der Lehrerbildung, S. 18-19.

Graf, D. (2014): Concept Mapping als Diagnosewerkzeug. In Krüger, D., Parchmann, I. & Schecker, H. (Hrsg.), Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung (S. 325–337). Berlin: Springer Spektrum.

Labudde, P. (2017): Facettenreiche Naturwissenschaft. Perspektiven und Herausforderungen integrierten naturwissenschaftlichen Unterrichts. In: Naturwissenschaften im Unterricht Physik, 28 (161), S. 2–7.

Jan-Philipp Burde[1]
Thomas Schubatzky[2]
Claudia Haagen-Schützenhöfer[2]
Thomas Wilhelm[3]
Liza Dopatka[4]
Verena Spatz[4]
Lana Ivanjek[5]
Martin Hopf[5]

[1]Eberhard Karls Universität Tübingen
[2]Karl-Franzens-Universität Graz
[3]Goethe-Universität Frankfurt
[4]Technische Universität Darmstadt
[5]Universität Wien

Das Konzept „Elektrizitätslehre mit Potenzial“ aus Sicht der Lehrkräfte

Hintergrund

Anders als die Bezeichnung „einfache Stromkreise“ vermuten lässt, ist seit langem bekannt, dass die Auseinandersetzung mit Gleichstromkreisen Lernende wie Lehrende in der Sekundarstufe I vor große Herausforderungen stellt (Duit et al. 1985; McDermott und Shaffer 1992). In diversen empirischen Studien hat sich in den vergangenen Jahrzehnten gezeigt, dass Schülerinnen und Schüler auch nach dem Unterricht oftmals nicht über ein angemessenes konzeptionelles Verständnis der Grundgrößen Spannung, Stromstärke und Widerstand sowie ihrer wechselseitigen Beziehung verfügen (Shipstone et al. 1988; Burde 2018). Vor diesem Hintergrund wurde im Rahmen einer Vorgängerstudie von 2013 bis 2018 ein Unterrichtskonzept auf Basis des Elektronengasmodells für die Sekundarstufe I entwickelt und mit $N = 790$ Schülerinnen und Schülern aus dem Frankfurter Raum empirisch evaluiert (Burde 2018). Dabei zeigte sich, dass der im Unterrichtskonzept verfolgte Ansatz, die elektrische Spannung noch vor dem elektrischen Strom in Analogie zu Luftdruckunterschieden als „elektrischen Druckunterschied“ einzuführen, zu einem deutlich besseren konzeptionellen Verständnis beiträgt als der traditionelle Physikunterricht. An diese Vorarbeiten anknüpfend konstituierte sich das Kooperationsprojekt der Physikdidaktiken der Universitäten Wien, Graz, Frankfurt, Darmstadt und Tübingen mit dem Namen „Elektrizitätslehre mit Potenzial – Elektrizitätslehre mit Kontexten“, kurz „EPo-EKo“ (Wilhelm et al. 2018). Im Rahmen des binationalen Design-Based Research (DBR) Projekts wurde das ursprüngliche Unterrichtskonzept auf Basis des Elektronengasmodells forschungs- und erfahrungsbasiert weiterentwickelt und in einem noch größeren Rahmen mit $N = 1.777$ Schülerinnen und Schülern aus Hessen, Bayern, Wien, Niederösterreich und der Steiermark empirisch evaluiert. In der quantitativen Evaluation zeigte sich, dass das weiterentwickelte Unterrichtskonzept, das unter dem Titel „Eine Einführung in die Elektrizitätslehre mit Potenzial“ veröffentlicht wurde, den Lernenden ein signifikant besseres konzeptionelles Verständnis ermöglicht als der traditionelle Physikunterricht (Burde et al. 2019a). Für eine ausführliche Darstellung der Ideen hinter dem überarbeiteten Unterrichtskonzept sei an dieser Stelle auf Burde et al. (2019b) verwiesen.

Qualitative Lehrkräftebefragung im Rahmen von DBR

Entsprechend des Forschungsansatzes von Design-Based Research wird im EPo-EKo-Projekt zur Evaluation des Unterrichtskonzepts ein multiperspektivischer Ansatz („Triangulation“) verfolgt (Design-Based Research Collective 2003). Dementsprechend liegt das Forschungsinteresse nicht nur darauf, den Lernerfolg der nach dem neuen Unterrichtskonzept

unterrichteten Schülerinnen und Schüler zu erheben, sondern auch zu untersuchen, wie dieses von den an der Studie teilnehmenden Lehrkräften auf Basis ihrer schulpraktischen Erfahrungen beurteilt wird. Dies geschieht u.a. vor dem Hintergrund, dass DBR den Anspruch hat, Forschung zum „Zwecke der Innovation“ (Reinmann 2005, S. 53) der Unterrichtspraxis zu betreiben. Die Akzeptanz des neuen Unterrichtskonzepts durch die Lehrkräfte ist eine wichtige Voraussetzung dafür, das Ziel der nachhaltigen Innovation der Unterrichtspraxis zu erreichen und dem oft beklagten „Practice-Research-Gap“ entgegenzuwirken. Daher ist es von zentralem Interesse, ob die Lehrkräfte das Konzept als signifikante Verbesserung ihres Unterrichts wahrnehmen und sich vorstellen können, auch in Zukunft auf dessen Basis zu unterrichten. Voraussetzung für eine weitere Überarbeitung des Unterrichtskonzepts entsprechend der mit Design-Based Research verbundenen Zyklen aus Design, Evaluation und Re-Design ist zudem, dessen Stärken und Schwächen aus unterrichtspraktischer Sicht zu kennen.

An der mittels eines Online-Fragebogens durchgeführten Erhebung haben insgesamt $N = 17$ Lehrkräfte von den verschiedenen Projektstandorten teilgenommen, die zuvor nach dem bereitgestellten Unterrichtskonzept unterrichteten. Der Online-Fragebogen umfasste sowohl geschlossene als auch offene Fragen, um einerseits z.B. in Hinblick auf die wahrgenommene Lernförderlichkeit eine höhere Vergleichbarkeit der Antworten zu erreichen, es den Lehrkräften andererseits aber auch zu ermöglichen, z.B. über die wahrgenommenen Stärken und Schwächen des Konzepts frei berichten zu können.

Förderung des Konzeptverständnisses

Das Unterrichtskonzept zielt vor allem darauf ab, den Lernenden ein angemessenes qualitatives Verständnis der Grundgrößen einfacher elektrischer Stromkreise zu ermöglichen. Daher ist es zunächst einmal von Interesse, inwieweit dieses Ziel aus Sicht der Lehrkräfte erreicht wurde. Hierzu wurden diese gebeten, die wahrgenommene Lernförderlichkeit des Unterrichtskonzepts in Bezug auf verschiedene Grundkonzepte der Elektrizitätslehre auf einer 5-stufigen Likert-Skala zu bewerten.

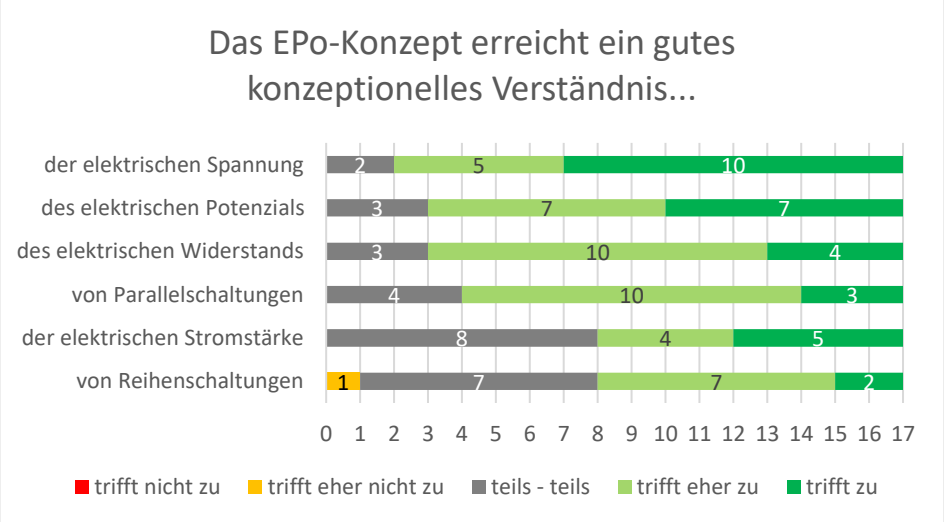


Abb. 1: Die Lernförderlichkeit der Unterrichtsreihe in Hinblick auf unterschiedliche grundlegende Konzepte der Elektrizitätslehre aus Sicht der Lehrkräfte

Wie Abb. 1 zu entnehmen, trägt das Unterrichtskonzept nach Einschätzung der an der Studie teilnehmenden Lehrerinnen und Lehrer allem voran zu einem guten konzeptionellen Verständnis der elektrischen Spannung bei. Dies ist insofern erfreulich, als dass die Entwicklung des Unterrichtskonzepts primär dadurch motiviert war, dass dies im traditionellen Unterricht mit seinen vielfältigen Formen häufig nicht gelingt. Darüber hinaus unterstützt das Unterrichtskonzept nach Einschätzung der Lehrkräfte bei den Lernenden ein gutes konzeptionelles Verständnis des elektrischen Potenzials, des elektrischen Widerstands sowie von Parallelschaltungen. Etwas kritischer hingegen wird die Lernförderlichkeit bzgl. der elektrischen Stromstärke und in Hinblick auf Reihenschaltungen bewertet.

Gesamtbetrachtung

Mit Hilfe von offenen Fragen wurde ferner erhoben, wo die Lehrkräfte die Stärken und Schwächen des Unterrichtskonzepts sehen. Eine klare Stärke des Unterrichtskonzepts sahen die Lehrkräfte darin, dass systematisch an die Alltagserfahrungen der Schülerinnen und Schüler z.B. mit Luftdruckphänomenen angeknüpft wird. Hervorgehoben wurde insbesondere, dass die Vorstellung des elektrischen Druckunterschieds in Kombination mit der Farbdarstellung ein tragfähiges, qualitatives Spannungskonzept fördert. Positiv angemerkt wurde darüber hinaus, dass das Unterrichtskonzept in ein gelungenes Schulbuch im „Workbook-Format“ mit schrittweise ansteigendem Schwierigkeitsgrad und einer Vielzahl an Aufgaben eingebettet sei. Kritisiert wurde das Schulbuch hingegen für seinen Umfang und die Textlastigkeit, was insbesondere für leistungsschwächere Schülerinnen und Schüler eine Herausforderung dargestellt hätte. Darüber hinaus wurde teils die Kritik geäußert, dass die Analyse von Reihenschaltungen mit Hilfe von Übergangszuständen für durchschnittliche Siebtklässler zu anspruchsvoll sei. Zudem wurde der Wunsch geäußert, mehr Alltagsbezüge wie z.B. Elektrizität im Haushalt in das Unterrichtskonzept zu integrieren. Wie in Abb. 2 dargestellt, stimmt die Hälfte der Lehrkräfte der Aussage, auch in Zukunft auf Basis des Unterrichtskonzepts unterrichten zu wollen, aber „voll“ oder „eher“ zu, während die andere Hälfte angibt, zumindest teilweise wieder auf Basis des Unterrichtskonzepts unterrichten zu wollen. Ein ähnliches Bild ergibt sich in Hinblick auf die Frage, ob die an der Studie teilnehmenden Lehrkräfte das Konzept an ihre Kolleginnen und Kollegen weiterempfehlen würden (vgl. Abb. 2).

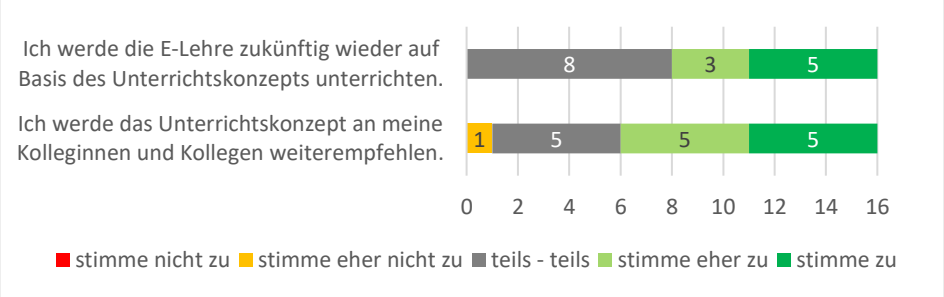


Abb. 2: Bilanzierende Gesamtbeurteilung des Unterrichtskonzepts durch die Lehrkräfte

Ausblick

In einem nächsten Schritt soll im Rahmen der EPo-EKo-Studie der Einfluss einer Kontextorientierung u.a. auf das Interesse und das konzeptionelle Verständnis von Lernenden untersucht werden, indem das hier von Lehrkräften bewertete Unterrichtskonzept in interessante Kontexte eingebettet wird.

Literatur

Burde, J.-P. (2018). Konzeption und Evaluation eines Unterrichtskonzepts zu einfachen Stromkreisen auf Basis des Elektronengasmodells. Berlin: Logos-Verlag (259).

Burde, J.-P.; Wilhelm, T.; Schubatzky, T.; Haagen-Schützenhöfer, C.; Dopatka, L.; Spatz, V. et al. (2019a). Lernförderlichkeit des überarbeiteten Frankfurter Unterrichtskonzepts. In: S. Habig (Hg.): Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen, Bd. 40. Wien. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (40), 507–510.

Burde, J.-P.; Wilhelm, T.; Schubatzky, T.; Haagen-Schützenhöfer, C.; Ivanjek, L.; Hopf, M. et al. (2019b). Re-Design des Frankfurter Unterrichtskonzepts im Rahmen von EPo-EKo. Didaktik der Physik – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung 2019. In: *PhyDid-B*, 253–260.

Design-Based Research Collective (2003). Design-Based Research: An Emerging Paradigm for Educational Inquiry. In: *Educational Researcher* 32 (1), 5–8.

Duit, R.; Jung, W.; Rhöneck, C. v. (Hg.) (1985). Aspects of Understanding Electricity – Proceedings of an International Workshop. IPN-Arbeitsberichte. Kiel: Schmidt & Klaunig.

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. In: *American Journal of Physics* 60 (11), 994–1013.

Reinmann, G. (2005). Innovation ohne Forschung? Ein Plädoyer für den Design-Based Research Ansatz. In: *Unterrichtswissenschaft* 33 (1), 52–69.

Shipstone, D. M.; Rhöneck, C. v.; Jung, W.; Kärrqvist, C.; Dupin, J.-J.; Johsua, S.; Licht, P. (1988). A study of secondary students' understanding of electricity in five European countries. In: *International Journal of Science Education* 10 (3), 303–316.

Wilhelm, T.; Burde, J.-P.; Spatz, V.; Haagen-Schützenhöfer, C.; Hopf, M. (2018). Elektronengasmodell und Kontextorientierung - ein binationales Projekt. In: C. Maurer (Hg.): Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht - normative und empirische Dimensionen, Bd. 38. Jahrestagung in Regensburg 2017. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Münster: Lit-Verlag.

Helena van Vorst[1]
Hatice Aydogmus[1]

[1]Universität Duisburg-Essen

Untersuchung der Kontextwahl von Lernenden im Chemieunterricht

Theoretische Einführung

Die Nutzung lebensweltlicher Kontexte zur Erarbeitung fachlicher Inhalte ist ein integraler Bestandteil nationaler und internationaler Curricula im Fach Chemie. Verbunden ist damit die Zielsetzung, die Relevanz und Anwendbarkeit des fachlichen Wissens zu verdeutlichen (Parchmann et al., 2006), um das Interesse sowie die Leistung der Lernenden zu steigern (Bennett, 2003; Gilbert, Bulte & Pilot, 2011). Seit Beginn der 1980er Jahre entstanden in zahlreichen Ländern, wie den USA, Großbritannien, den Niederlanden oder Deutschland Programme zur Entwicklung und Implementation kontextbasierter Lernmaterialien. Damit verbundene wissenschaftliche Begleituntersuchungen legten dabei zunächst einen Fokus auf die Betrachtung des Entwicklungs- und Implementationsprozesses sowie die Überprüfung der Effekte des Kontexteinsatzes auf kognitive und affektive Schülerfaktoren. Sie konnten vor allem einen positiven Einfluss der Kontextorientierung auf das Interesse und die Motivation der Lernenden oder auch ihr Engagement im Unterricht finden, wohingegen sich keine Effekte auf die Leistung der Schülerinnen und Schüler zeigten (Bennett, Lubben & Hogarth, 2007; Ültay & Çalik, 2012).

Unberücksichtigt blieb im Rahmen dieser Untersuchungen jedoch meist die Frage, welche konkreten Kontexte für die Erarbeitung des Fachinhalts genutzt wurden. Dabei zeigen die Ergebnisse großangelegter Interessenstudien, dass sich das Interesse der Lernenden an unterschiedlichen Kontexten deutlich unterscheidet (Elster, 2007; Gräber, 2011). Um diesem Aspekt stärker Rechnung zu tragen, schlagen van Vorst und Kollegen (2015) eine Differenzierung von Kontexten gemäß ihrer Merkmale vor. Basierend auf einem Literaturreview konnten die Autoren die *Authentizität* und sowie *Bekanntheit* eines Kontextes als zwei zentrale Merkmale herausarbeiten. Um die Authentizität eines Kontextes zu unterstreichen, sollte ein Kontext in einer angemessenen und realistischen Art und Weise im Unterricht präsentiert werden und gleichzeitig eine angemessene Komplexität ausweisen, die eine mehrperspektivische Bearbeitung der kontextualisierten Aufgabenstellung ermöglicht. Um die Bekanntheit eines Kontextes zu adressieren, können zum einen Objekte, Ereignisse oder Aktivitäten aus der unmittelbaren Lebenswelt der Lernenden gewählt werden, welche sich durch einen hohen *Alltagsbezug* auszeichnen. Zum anderen lassen sich ungewöhnliche Phänomene als Kontexte nutzen, mit welchen die Lernenden über keine oder nur wenige primäre Erfahrungen verfügen und die damit dem Merkmal der *Besonderheit* entsprechen. Sowohl alltägliche als auch besondere Kontexte können zudem einen Bezug zum aktuellen Zeitgeschehen aufweisen und damit das Merkmal der *Aktualität* erfüllen. In einer ersten Untersuchung konnten van Vorst, Fechner und Sumfleth (2018) zeigen, dass sich Lernende vor allem für Kontexte mit dem Merkmal Besonderheit interessieren, unabhängig davon, ob es sich um einen aktuellen Kontext handelt. Im Rahmen einer experimentbasierten Lernsituation verdeutlichen die Ergebnisse von Habig, van Vorst und Sumfleth (2018) eine bessere Lernwirksamkeit sowie einen positiven Interesseneffekt alltäglicher Kontexte im Vergleich zu besonderen Kontexten. Gleichzeitig zeigt eine vertiefte Datenanalyse dieser Untersuchung, dass Lernende in Abhängigkeit von ihrem individuellen chemiebezogenen

Interesse und ihren kognitiven Fähigkeiten von unterschiedlichen Kontexten profitieren: Während Schülerinnen und Schüler mit hohem Interesse bzw. hohen kognitiven Fähigkeiten mit besonderen Kontexten bessere Leistungen sowie ein höheres Interesse aufweisen, verhält es sich bei Lernenden mit ungünstigen Eingangsvoraussetzungen andersherum. Diese Schülergruppe profitiert in ihrem Lernprozess stärker von alltäglichen Kontexten.

Forschungsfragen

Die berichteten Ergebnisse zum kontextbasierten Lernen deuten das Potenzial der Nutzung unterschiedlicher Kontexte als Werkzeug einer interessenbasierten Binnendifferenzierung im Chemieunterricht an. Dieser Aspekt wurde bisher jedoch nicht systematisch untersucht. Aus diesem Grund behandelt die vorgestellte Studie die folgenden vier Forschungsfragen:

FF1: Welche Kontexte wählen Schülerinnen und Schüler für ihr Lernen im Fach Chemie?
FF2: Welche Gründe geben Schülerinnen und Schüler für ihre Kontextwahl an?
FF3: Welche unterschiedlichen Schülertypen lassen sich hinsichtlich der Kontextwahlmotive unterscheiden?
FF4: Wie bewerten Schülerinnen und Schüler ihre Kontextwahl im Anschluss an die Aufgabenbearbeitung?

Design und Methoden

Zur Beantwortung der Forschungsfragen wurde eine Fragebogenuntersuchung mit 228 Lernenden der Jahrgangsstufe 9 an nordrhein-westfälischen Gymnasien durchgeführt. Hierzu wurden insgesamt sechs kontextbasierte Lernaufgaben (drei Aufgaben zum Merkmal Alltagsbezug, drei Aufgaben zum Merkmal Besonderheit, siehe Tabelle 1) zum Thema Säuren und Basen entwickelt, die sich lediglich in dem zugrundeliegenden Kontext unterschieden, in den übrigen Merkmalen, wie dem Inhalt, Layout oder der Textlänge jedoch vollständig identisch waren.

Tabelle 1: Kontexte der Untersuchung und ihre Merkmalszuordnung

Merkmal	**Kontext**
Alltagsbezug	Frisörbesuch Verdauung Altfahrzeuge
Besonderheit	Quallen am Strand Übersäuerung des Blutes Kohlekraftwerk

Vor Beginn der Aufgabenbearbeitung wurden das Alter, Geschlecht, die letzte Zeugnisnote im Fach Chemie sowie das individuelle chemiebezogene Interesse mithilfe eines Fragebogens, basierend auf der Arbeit von Fechner (2009), erfasst. Anschließend konnten die Lernenden eine der sechs kontextualisierten Aufgaben auswählen. Vor Beginn der Aufgabenbearbeitung erhielten die Schülerinnen und Schüler einen Fragebogen zu ihren Wahlmotiven. Dieser Fragebogen wurde im Rahmen dieser Studie theoriebasiert entwickelt und mithilfe von Schülerinterviews pilotiert. Unmittelbar nach Bearbeitung der Aufgabenstellungen wurden die Lernenden aufgefordert, ihre Wahl zu reflektieren. Hierzu sollten die Schülerinnen und Schüler angeben, ob sie sich erneut für dieses Arbeitsblatt entschieden hätten und ob sie lieber

ein anderes Arbeitsblatt gewählt hätten. Mithilfe eines offenen Items sollten die Lernenden abschließend ihre Rückmeldung begründen.

Ergebnisse

Eine explorative Faktorenanalyse mit Varimax-Rotation ergab eine vierfaktorielle Struktur des entwickelten Fragebogens zur Erfassung der Wahlmotive. Dabei konnten folgende vier Skalen für die Begründung der Kontextwahl identifiziert werden: Interesse und Neugier am Thema (Cronbach's α = .80), Überraschungsmoment (Cronbach's α = .83), persönlicher Bezug (Cronbach's α = .76), Anregung durch Bild und Überschrift (Cronbach's α = .67).

Die Ergebnisse zu FF1 zeigen, dass sich die Schülerinnen und Schüler vor allem für die Kontexte *Quallen am Strand* und *Kohlekraftwerke* entschieden (43 % aller Teilnehmenden) und damit überwiegend einen besonderen Kontext wählten. Betrachtet man den Einfluss der erhobenen Kontrollvariablen auf die Kontextwahl, zeigen sich signifikante Effekte der Chemienote ($\chi^2(4) = 11.86$; $p = .02$; Cramer's V = .229) sowie des individuellen chemiebezogenen Interesses ($\chi^2(2) = 8.02$; $p = .02$; Cramer's V = .188): Mit zunehmend besseren Chemienoten bzw. mit zunehmendem individuellen Interesse wurden vermehrt besondere Kontexte gewählt, während Lernende mit geringeren Eingangsvoraussetzungen sich häufiger für einen alltäglichen Kontext entschieden.

Relevante Gründe für die Wahl einer kontextualisierten Aufgaben waren insbesondere die Neugier und das Interesse am Thema sowie der persönliche Bezug des Kontextes. Auch hier zeigt sich ein Zusammenhang zwischen Wahlmotiven und dem individuellen chemiebezogenen Interesse der Lernenden: Schülerinnen und Schüler mit hohem Interesse begründen ihre Kontextwahl vor allem mit Interesse und der Neugier am Thema, während für Lernende mit niedrigem Interesse der persönliche Bezug des Kontextes ein ausschlaggebendes Kriterium für ihre Kontextwahl ist.

Um Schülertypen hinsichtlich der Kontextwahlmotive zu identifizieren, wurde eine Clusteranalyse durchgeführt. Diese ergab drei Cluster: Lernende in Cluster 1 wählten überwiegend einen besonderen Kontext und begründeten ihre Wahl meist mit einer Neugier und einem Interesse am Thema, während für Schülerinnen und Schüler in Cluster 2 der persönliche Bezug eines Kontextes ausschlaggebend für ihre Aufgabenwahl war. Diese Schülergruppe wählte entsprechend häufiger alltägliche Kontexte. Lernende in Cluster 3 zeigten in allen Wahlmotiven signifikant niedrigere Werte im Vergleich zu den übrigen Clustern. Hier lässt sich kein klares Profil in der Kontextwahl sowie in den Wahlmotiven erkennen.

Die Reflexion der Kontextwahl im Anschluss an die Aufgabenbearbeitung zeigt, dass 61 % der Lernenden mit ihrer gewählten Aufgabe zufrieden waren, während 39 % lieber eine andere Aufgabe oder keine der Aufgaben gewählt hätten. Zufriedene Lernende begründeten dies meist anhand affektiver Faktoren, wie Spaß und Freude bei der Aufgabenbearbeitung. Unzufriedene Schülerinnen und Schüler gaben fast ausschließlich kognitive Gründe, wie etwa einen zu großen Schwierigkeitsgrad der Aufgaben, an.

Fazit

Die Ergebnisse dieser Studie unterstützen die bereits bekannten Effekte unterschiedlicher Kontexte in Abhängigkeit von individuellen Schülervariablen (Habig, van Vorst & Sumfleth, 2018) und verdeutlichen das Potenzial der Nutzung systematisch variierter Kontexte für eine gezielte Differenzierung im Chemieunterricht. Diesen Aspekt gilt es in der künftigen Forschung zum kontextbasierten Lernen weiter zu untersuchen.

Literatur

Bennett, J. (2003). *Teaching and learning science: A guide to recent research and its applications*. London, New York: continuum.

Bennett, J., Lubben, F., & Hogarth, S. (2007). 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. https://doi.org/10.1002/sce.20186

Elster, D. (2007). In welchen Kontexten sind naturwissenschaftliche Inhalte für Jugendliche interessant? Ergebnisse der ROSE-Erhebung in Österreich und Deutschland. *PLUS LUCIS*, *1*, 2–8. Online: http://pluslucis.univie.ac.at/PlusLucis/073/s2_8.pdf

Fechner, S. (2009). *Effects of context oriented learning on student interest and achievement in chemistry education*. Berlin: Logos.

Gilbert, J. K., Bulte, A. M.W., & Pilot, A. (2011). Concept development and transfer in context-based science education. *International Journal of Science Education*, *33*(6), 817–837. https://doi.org/10.1080/09500693.2010.493185

Gräber, W. (2011). German high school students' interest in chemistry - A comparison between 1990 and 2008. *Educacion Química*, *22*, 134–140.

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. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *24*, 99–114. https://doi.org/10.1007/s40573-018-0077-8

Parchmann, I., Gräsel, C., Baer, A., Nentwig, P., Demuth, R., & Ralle, B. (2006). “Chemie im Kontext”: A symbiotic implementation of a context-based teaching and learning approach. *International Journal of Science Education*, *28*(9), 1041–1062. https://doi.org/10.1080/09500690600702512

Ültay, N. & Çalık, M. (2012). A thematic review of studies into the effectiveness of context-based chemistry curricula. *Journal of Science Education and Technology*, *21*(6), 686–701. https://doi.org/10.1007/s10956-011-9357-5

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*, 29–39. https://doi.org/10.1007/s40573-014-0021-5

Sarah Zöchling[1,2]
Martin Hopf[1]
Julia Woithe[2]
Sascha Schmeling[2]

[1]Universität Wien
[2]CERN, Genf

Die Rolle interessanter Inhalte und Kontexte im Physikunterricht

In einer Kooperation der Universität Wien und des CERN wird ein Forschungprojekt zur Rolle interessanter Inhalte und Kontexte im Physikunterricht durchgeführt. Im Besonderen wird das Interesse an Inhalten der modernen Physik, wie etwa Teilchenphysik, untersucht.

Forschungsrahmen

Trotz zahlreicher Bemühungen, Physik für Schüler*innen interessanter zu machen, nimmt deren Fachinteresse mit dem Beginn des Physikunterrichts immer weiter ab (Häußler, Lehrke, & Hoffmann, 1998). Um die Struktur des psychologischen Konstrukts „*Interesse"* zu beschreiben, hat Krapp (2002) die „Person-Gegenstands-Theorie" entwickelt. Demnach bezieht sich das Interesse einer Person immer auf etwas (d.h. es ist gegenstandsspezifisch) (Krapp, 2002). Frühere Studien, in denen das Interesse von Schüler*innen an Physik untersucht wurde, konzentrierten sich auf vier Aspekte: interessante *Inhalte* (z.B. Mechanik), *Kontexte* (z.B. Medizin), *Aufgaben* (z.B. Berechnen) und *Lernumgebungen* (z.B. Schule). Es zeigte sich, dass das Interesse je nach Inhalt, Kontext, Aufgabe oder Lernumgebung variiert (Häußler et al., 1998; Sjøberg & Schreiner, 2012). Insgesamt wurde jedoch dem Kontext in früheren Studien eine herausragende Bedeutung zugeschrieben, da er den größten Einfluss auf das Interesse hat (Häußler et al., 1998; Sjøberg & Schreiner, 2012). Außerdem wurden Schüler*innen im Rahmen der sogenannten *IPN Interessensstudie Physik* gemäß ihrer unterschiedlichen Interessen in verschiedene Typen kategorisiert (Häußler et al., 1998). Im Wesentlichen wurden Schüler*innen, die generelles und hohes Interesse am breiten Feld der Physik haben, und solche, die lediglich an Physik mit Bezug zu Mensch und Natur, Anwendungen und gesellschaftlicher Relevanz interessiert sind, unterschieden (Sievers, 1999). Zu ersteren zählen vorrangig Jugendliche, die männlich sind und/oder hohes physikbezogenes Selbstkonzept haben, und zu letzteren vorrangig Jugendliche, die weiblich sind und/oder geringes physikbezogenes Selbstkonzept haben (Sievers, 1999).

Forschungsinteresse

In früheren Studien wurden Inhalte der modernen Physik, wie etwa Teilchenphysik, nicht umfassend miteinbezogen. Außerdem lag der Fokus bisher nicht auf dem physikbezogenen Selbstkonzept, sondern auf Genderaspekten des Physikunterrichts.
Deshalb wird im Rahmen dieses Forschungsprojekts untersucht, in welche Typen von Interesse an Physik deutschsprachige Jugendliche im Alter von 15 - 16 Jahren (d.h. in der 9. Klasse) kategorisiert werden können, wenn …

- das Selbstkonzept anstelle von Gender als Clustervariable verwendet wird und
- Inhalte der modernen und klassischen Physik (insb. Teilchenphysik und Mechanik) verglichen werden.

Es wird davon ausgegangen, dass die von Sievers (1999) beschriebenen Interessenstypen auch heute noch gültig sind sowohl für Inhalte der klassischen als auch der modernen Physik. Außerdem wird angenommen, dass die Interessenstypen besser beschrieben werden, wenn das Selbstkonzept anstelle von Gender als Clustervariable verwendet wird. Darüber hinaus wird davon ausgegangen, dass Inhalte der modernen Physik für Schüler*innen interessanter sind als klassische.

Forschungsdesign

Das Interesse der Jugendlichen wird mithilfe eines Online-Fragebogens erhoben, wobei die IPN Interessensstudie als Vorbild dient: Der IPN-Fragebogen erfasst das Interesse an acht verschiedenen Inhaltsbereichen der Physik (Häußler et al., 1998). Für jeden Inhaltsbereich beinhaltet er einen Informationstext und 11 zugehörige Interessensitems. Dabei repräsentiert jedes Item eine Kategorie (d.h. eine bestimmte Kombination von Kontext und Tätigkeit). Vier beispielhafte Itemkategorien sind in Tabelle 1 (mittlere Spalte) gelistet. Die Schüler*innen drücken auf einer fünfstufigen Likert-Skala ihr Interesse an dem jeweiligen Item aus. Die Skala reicht von „Mein Interesse daran ist ...“ *sehr groß* (=1) bis *sehr gering* (=5).

#	**Itemkategorie**	**Beispielitem**
2	Naturphänomene bestaunen	Mehr darüber erfahren, wie Teilchenphysik zum Verständnis von Polarlichtern beiträgt
4	Physik qualitativ erfassen	Mehr darüber erfahren, welche Wechselwirkung die Elementarteilchen im Atomkern-Bereich zusammenhält
7	Arbeitswelt, in der technische Geräte in den Dienst am Menschen gestellt werden	Mehr Einblick erhalten, wie in einem medizinischen Diagnose-Zentrum gearbeitet wird
8	Konstruieren von Geräten	Einen Teilchendetektor aus Alltagsgegenständen selbst bauen und ausprobieren

Tabelle 1: Vier beispielhafte Itemkategorien der IPN Interessensstudie (Häußler, Hoffmann, Langeheine, Rost, & Sievers, 1996; Rost, Sievers, Häußler, Hoffmann, & Langeheine, 1999) und jeweils ein Beispiel für die im Rahmen dieses Forschungsprojekts erstellten Items zum Interesse an Teilchenphysik

Im Rahmen dieses Forschungsprojekts wurde zunächst ein Fragebogen zum Interesse an Teilchenphysik erstellt. Dazu wurden gemäß der Struktur der IPN Interessensstudie ein Informationstext über Teilchenphysik und mindestens drei Items pro Itemkategorie vom Autorenteam erstellt. Beispiele für diese neu erstellten Items zum Interesse an Teilchenphysik sind ebenfalls in Tabelle 1 (rechte Spalte) gelistet.

Um den Text und die Items auf Verständlichkeit zu testen, wurden in einem ersten Schritt 16 leitfadengestützte *think-aloud*-Interviews (9 weiblich, 7 männlich) nach Sandmann (2014) geführt. Je nach Schüler*in dauerten die Interviews zwischen einer halben Stunde und einer Stunde. Sie wurden transkribiert und inhaltsanalytisch ausgewertet. Als Resultat wurde der Informationstext teilweise umformuliert und gekürzt. Außerdem wurden je drei Items pro Itemkategorie ausgewählt.

Danach wurde eine Online-Version dieses Fragebogens erstellt. Diese beinhaltet den erstellten Teilchenphysik-Text und die 33 zugehörigen Interessensitems. Darüber hinaus sind Items zum persönlichen Hintergrund und zum physikbezogenen Selbstkonzept der Schüler*innen angefügt. Letzteres wird durch zwei Kategorien von Items erhoben, die zusammen mit je einem Beispiel in Tabelle 2 gelistet sind.

#	**Itemkategorie**	**Beispielitem**
1	Fähigkeitsselbstkonzept	Normalerweise kann ich Prüfungsfragen im Physikunterricht gut beantworten.
2	Selbstwahrnehmung der Anerkennung	Meine Eltern halten mich in Physik für gut.

Tabelle 2: Die zwei Itemkategorien zum Selbstkonzept und jeweils ein Beispielitem

Zum einen werden sechs Items zum Fähigkeitsselbstkonzept nach PISA 2006 eingesetzt (Frey, Taskinen, & Schütte, 2009). Zum anderen sind vier Items zur Selbstwahrnehmung der Anerkennung nach Kalender, Marshman, Schunn, Nokes-Malach, and Singh (2019) enthalten.

Stichprobe
Eine Einladung zur Teilnahme an der Studie wurde an mehrere zufällig ausgewählte Lehrer*innen in Österreich und Deutschland per Mail ausgesandt. Der Fragebogen wurde von je einer ganzen Schulklasse aus Wien, Graz und einer Gemeinde nahe München sowie von einzelnen Schüler*innen aus drei Schulen in Tirol, die einen dementsprechenden Link per Mail von Ihrer Lehrer*in erhalten haben, ausgefüllt. Insgesamt nahmen 99 Schüler*innen (57 weiblich, 41 männlich, 1 keine Angabe) an der Studie teil.

Analyse
Die Daten wurden mithilfe des Mixed-Rasch Modells analysiert (von Davier & Rost, 1995). Die Mixed-Rasch-Analyse wurde für drei verschiedene Modelle durchgeführt, von nur einem Interessenstyp (d.h. die Stichprobe kann nicht in verschiedene Interessenstypen unterteilt werden) bis zur Unterteilung in drei Interessenstypen. Um zu entscheiden, welches Modell die Daten am besten beschreibt, wurde der BIC-Wert als Kriterium der Modellgüte herangezogen, da frühere Studien nahelegen, dass dieser bei der Mixed-Rasch Analyse am aussagekräftigsten ist (Preinerstorfer & Formann, 2012; Sen, 2018; Sievers, 1999). Dabei passt ein Modell umso besser, je kleiner der BIC-Wert ist (Preinerstorfer & Formann, 2012; Sen, 2018; Sievers, 1999).

Ergebnisse und Diskussion
Das Modell von lediglich einer Klasse hat den mit Abstand kleinsten BIC-Wert (s. Tabelle 3) und beschreibt die Daten folglich am besten. Entgegen der anfänglich aufgestellten Hypothesen können die Schüler*innen der Stichprobe also nicht in Interessenstypen kategorisiert werden. Dies könnte zunächst auf eine Übersättigung der Skala zurückgeführt werden. Außerdem könnte dieses Ergebnis auf Eigenschaften der Stichprobe zurückführbar sein. Sie könnte zum einen zu klein sein, um aussagekräftige Mixed-Rasch Modelle berechnen zu können. Zum anderen handelt es sich um eine nicht-randomisierte Stichprobe, sodass möglicherweise nur Schüler*innen mit hohem Grundinteresse an Teilchenphysik und/oder mit besonders interessierten Lehrenden an der Studie teilgenommen haben könnten. Darüber hinaus könnte dieses Ergebnis aber auch darauf zurückgeführt werden, dass der Inhaltsbereich Teilchenphysik gleichermaßen interessant für alle Schüler*innen ist.

Anzahl der Klassen	**1**	**2**	**3**
BIC	9168	9998	10996

Tabelle 3: BIC-Werte der drei berechneten Modelle

Nächste Schritte
Um Klarheit über die diskutierten Limitationen dieser Studie zu erhalten, sollen im Rahmen einer Kohortenquerschnittsstudie 500 deutschsprachige Schüler*innen im Alter von 15 - 16 Jahren befragt werden. In der geplanten Studie wird das Interesse an den beiden Inhaltsbereichen, Teilchenphysik und Mechanik, miteinander verglichen. Für den Inhaltsbereich Teilchenphysik wird der bereits erstellte Informationstext sowie 11 zugehörige Interessensitems (d.h. je ein Item pro Itemkategorie) eingesetzt. Für den Inhaltsbereich Mechanik wird der diesbezügliche Teil des Fragebogens der IPN Interessensstudie übernommen, um das Interesse heutiger Schüler*innen mit den in den 80er Jahren erhobenen Daten vergleichen zu können. Zusätzlich wird ein neuer Informationstext zur Mechanik erstellt, um dessen Einfluss auf das ausgedrückte Interesse abschätzen zu können.

Literatur

Frey, A., Taskinen, P., & Schütte, K. (2009). *PISA 2006 Skalenhandbuch: Dokumentation der Erhebungsinstrumente*: Waxmann Verlag.

Häußler, P., Hoffmann, L., Langeheine, R., Rost, J., & Sievers, K. (1996). Qualitative Unterschiede im Interesse an Physik und Konsequenzen für den Physikunterricht. *Zeitschrift für die Didaktik der Naturwissenschaften, 2*(3), 57-69.

Häußler, P., Lehrke, M., & Hoffmann, L. (1998). *Die IPN-Interessenstudie Physik*. Kiel: IPN.

Kalender, Y., Marshman, E., Schunn, C., Nokes-Malach, T., & Singh, C. (2019). Why female science, technology, engineering, and mathematics majors do not identify with physics: They do not think others see them that way. *Physical Review Physics Education Research, 15*(2), 020148.

Krapp, A. (2002). Structural and dynamic aspects of interest development: theoretical considerations from an ontogenetic perspective. *Learning and Instruction, 12*, 409. doi:10.1016/S0959-4752(01)00011-1

Preinerstorfer, D., & Formann, A. K. (2012). Parameter recovery and model selection in mixed Rasch models. *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology, 65*(2), 251-262. doi:10.1111/j.2044-8317.2011.02020.x

Rost, J., Sievers, K., Häußler, P., Hoffmann, L., & Langeheine, R. (1999). Struktur und Veränderung des Interesses an Physik bei Schülern der 6. bis 10. Klassenstufe. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und pädagogische Psychologie, 31*(1), 18-31. doi:10.1026//0049-8637.31.1.18

Sandmann, A. (2014). Lautes Denken–die Analyse von Denk-, Lern-und Problemlöseprozessen. In *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (pp. 179-188). Berlin, Heidelberg: Springer.

Sen, S. (2018). Spurious Latent Class Problem in the Mixed Rasch Model: A Comparison of Three Maximum Likelihood Estimation Methods under Different Ability Distributions. *International Journal of Testing, 18*(1), 71-100. doi:10.1080/15305058.2017.1312408

Sievers, K. (1999). *Struktur und Veränderung von Physikinteressen bei Jugendlichen.* (Doctoral), Universität Kiel, 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 *Science Education Research and Practice in Europe* (pp. 203-236): Brill Sense.

von Davier, M., & Rost, J. (1995). Polytomous mixed Rasch models. In *Rasch models* (pp. 371-379): Springer.

Andreas Bednarek[1] [1]Universität Kassel
Rita Wodzinski[1]

Universitätsbesuche: Ansatzpunkte für Reflexionen zu Nature of Science

Universitätsbesuche sind eine häufig genutzte Gelegenheit, um Schüler*innen Einblicke in aktuelle Forschung zu gewähren (z.B. Tsybulsky, Dodick & Camhi, 2018). Im Projekt „Contemporary Science @ School“ wurde deshalb eine Lernumgebung entwickelt, in deren Zentrum Universitätsbesuche stehen, die eine Anregung von Reflexionen zu Nature of Science (NoS) zum Ziel haben[1].

Theoretischer Hintergrund

Ein angemessenes Verständnis zu NoS kann helfen, Begegnungen mit naturwissenschaftlicher Forschung bzgl. ihrer Authentizität zu beurteilen (Kolstø, 2001) oder sich über gesellschaftlich relevante und naturwissenschaftlich bedeutsame Probleme eine Meinung bilden zu können (Burgin & Sadler, 2016; Driver et al., 1996). Allerdings besitzen Schüler*innen trotz naturwissenschaftlichem Unterricht oft keine angemessenen Vorstellungen zu NoS (Lederman, 2007; Kircher & Dittmer, 2004). Eine Möglichkeit diesen Schwierigkeiten zu begegnen, besteht in einer Vernetzung von Schul- und Forschungspraxis. Für die Umsetzung einer Vernetzung gibt es verschiedene Möglichkeiten: Einerseits kann ein unmittelbarer Kontakt hergestellt werden, indem Schüler*innen naturwissenschaftliche Forschungseinrichtungen vor Ort besuchen (z.B. Tsybulsky, Dodick & Camhi, 2018), andererseits kann die Arbeit von Naturwissenschaftler*innen über Medien, z.B. in Videos, veranschaulicht werden (Stamer, 2019).
Obwohl sich die Umsetzungsmöglichkeiten z.T. sehr unterscheiden, können gemeinsame Ziele abgeleitet werden: Die Auseinandersetzung mit aktueller naturwissenschaftlicher Forschung ermöglicht authentische Einblicke in die Praxis der Wissenschaftsgemeinschaften (France & Compton, 2012) und ist u.a. potenzieller Ausgangspunkt für eine Entwicklung von Vorstellungen zu NoS (z.B. Wentorf, Höffler & Parchmann, 2015). Die Wahrnehmung der Arbeitsatmosphäre innerhalb von Laboren und ein direkter Kontakt mit Naturwissenschaftler*innen kann dafür förderlich sein (Tsybulsky, Dodick & Camhi, 2018). Zudem sind Laborbesuche in besonderer Weise geeignet, sozial-institutionelle Aspekte von NoS, wie z.B. die soziale bzw. kulturelle Einbettung naturwissenschaftlichen Wissens (Lederman, 2007) oder die kooperative Natur naturwissenschaftlicher Erkenntnisprozesse (Tsybulsky, Dodick & Camhi, 2018), zu verdeutlichen.

Das Projekt „Contemporary Science @ School“

Um das Spektrum der Anregungen breit zu nutzen, beinhalten die im Rahmen des Projekts durchgeführten Universitätsbesuche mit Schüler*innen sowohl Laborbesichtigungen von Forschungsgruppen der Experimentalphysik als auch anschließende Diskussionen mit den Forschungsgruppenmitgliedern. Zudem werden die Universitätsbesuche im Unterricht mit einem Video vorbereitet, in welchem „typische“ Tätigkeiten von Physiker*innen veranschaulicht werden. Das Ziel besteht darin, Schüler*innen anzuregen, über Aspekte von NoS, insbesondere sozial-institutionelle Aspekte, zu reflektieren.
Dafür werden im Video z.B. eine gemeinsame Wochenplanung und ein Forschungskolloquium veranschaulicht, in welchem ein gegenseitiger Austausch von Ideen

[1] „Contemporary Science @ School“ ist ein Teilprojekt von PRONET². Das Vorhaben wurde im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01JA1805 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.

stattfindet. Ein Forschungskolloquium ist geeignet, um die Rolle von Zusammenarbeit und Kooperation zu veranschaulichen und Reflexionen zur sozialen Einbettung naturwissenschaftlichen Wissens anzuregen (Schwartz, Lederman & Crawford, 2004).
Während der Laborbesichtigung stehen zudem Merkmale von Experimenten im Fokus. Es wird thematisiert, dass Experimente eigenständig entwickelt werden und einen Optimierungsprozess durchlaufen. Diese Aspekte sollen als Ansatzpunkte genutzt werden, um über naturwissenschaftliche Erkenntnisprozesse zu reflektieren, insbesondere darüber, dass sie keiner einheitlichen Methode folgen (Lederman et al., 2014).

Im Forschungsprojekt werden die Wirkungen der Universitätsbesuche sowie der vorbereitenden Videos untersucht, insbesondere im Hinblick darauf, ob Reflexionen zu den thematisierten NoS-Aspekten angeregt werden. Darüber hinaus wird der Frage nachgegangen, inwiefern die einzelnen Bausteine (Laborbesuche, Diskussionen, Video) die Wirkung der Universitätsbesuche beeinflussen. Im Sinne eines Design-Based-Research Ansatzes (Reinmann, 2005) soll die Lernumgebung daraufhin optimiert werden, indem die Universitätsbesuche derart umgestaltet werden, dass möglichst viele Schüler*innen zu Reflexionen bzgl. der thematisierten NoS-Aspekte angeregt werden.

Forschungsfragen
Anhand der dargestellten Ziele können folgende Forschungsfragen abgeleitet werden:

FF1: a) Inwiefern werden durch die Universitätsbesuche Reflexionen zu NoS angeregt?
b) Durch welche Erfahrungen während der Universitätsbesuche werden Reflexionen zu NoS angeregt?

FF2: Welchen Beitrag leisten die einzelnen Bausteine zur Wirkung der Universitätsbesuche?

Untersuchungsdesign & Erhebungen
Zur Untersuchung der Wirkungen der Universitätsbesuche und des Beitrags einzelner Bausteine werden u.a. Interviews im Pre-Post-Design durchgeführt. Über das Datenmaterial sollen konkrete Anlässe identifiziert werden, die ein Nachdenken über Aspekte von NoS angeregt haben (vgl. FF1 b). Dafür werden in den Post-Interviews Erfahrungen der Schüler*innen, die sie während des Universitätsbesuchs gemacht haben, erfasst. Diese werden zunächst im Allgemeinen und im Anschluss bzgl. der unterschiedlichen Bausteine (Laborbesichtigungen, Diskussionen, etc.) erhoben[2].
Seit dem Sommersemester 2019 haben fünf Schulklassen bzw. -kurse an den Universitätsbesuchen teilgenommen, darunter zwei 10. Klassen aus dem Gymnasialzweig einer Gesamtschule und drei Kurse aus der Oberstufe verschiedener Gymnasien. Es konnten Daten aus insgesamt 15 Interviews gesammelt werden.

Ergebnisse
Die Datenauswertung der o.g. Interviewabschnitte erfolgte mithilfe der inhaltlich strukturierenden qualitativen Inhaltsanalyse nach Kuckartz (2018). Die Inhalte wurden dabei induktiv erfasst. Es konnten acht Hauptkategorien gebildet werden, die Bednarek & Wodzinski (2020) entnommen werden können. Um Erfahrungen, die ein Nachdenken über Aspekte von NoS angeregt haben (FF1 b), sowie explizite Reflexionen zu NoS (FF1 a) zu identifizieren, wird in diesem Beitrag die Kategorie K5 „Merkmale der Arbeit von Physiker*innen“ in den Blick genommen.

[2] Die nachfolgenden Ergebnisse beziehen sich auf diesen Interviewabschnitt. Die Zusammensetzung der weiteren Erhebungsinstrumente kann Bednarek & Wodzinski (2020) entnommen werden.

Denkanstöße zu Nature of Science
Anhand der berichteten Erfahrungen zu K5 wurden induktiv 14 Unterkategorien gebildet. Das Vorgehen wird mithilfe einer Unterkategorie exemplarisch dargestellt:
Ein Schüler eines E2-Leistungskurses hat auf die Frage „Hast du bei der Diskussionsrunde etwas über aktuelle Physik gelernt?“ von folgender Erfahrung berichtet: „Ja, zum Beispiel, dass die [Physiker*innen] sich auch mit anderen Gruppen, auch internationalen Gruppen, austauschen, über ihre Experimente und Laborversuche sprechen (…)“ (S07, 72). Diese Aussage stellt eine Erfahrung dar, die der Unterkategorie „Zusammenarbeit und Kooperation“ zugeordnet werden kann. Im zweiten Teil der Aussage hat der Schüler hinzugefügt: „(…) und [die Physiker*innen] sich damit ja auch weiterentwickeln.“ (S07, 72) Bei diesem Teil der Aussage wird deutlich, dass auf Grundlage der Erfahrung eine Reflexion angeregt wurde: Durch Kooperationen können sich Physiker*innen weiterentwickeln.
Auf diese Weise konnten für 5 der 14 Unterkategorien Aussagen identifiziert werden, die sowohl Erfahrungen als auch anknüpfende Reflexionen enthalten: „Individuelle bzw. kreative Herangehensweise“, „Reflexive Herangehensweise“, „Technische bzw. digitale Herangehensweise“ sowie die „Finanzierung von Forschungsgruppen“.

In den Aussagen der Schüler*innen werden die Erfahrungen nicht explizit mit Aspekten von NoS verknüpft (vgl. FF1 a). Allerdings können die Erfahrungen als Ausgangspunkt genutzt werden, um diverse Aspekte von NoS, wie den subjektiven Charakter bzw. die soziale Einbettung naturwissenschaftlichen Wissens („Zusammenarbeit und Kooperation“), den Einfluss von Gesellschaft, Kultur und Politik („Finanzierung von Forschungsgruppen“) (Lederman, 2007; Schwartz, Lederman & Crawford, 2004) oder den unterschiedlichen Verlauf naturwissenschaftlicher Erkenntnisprozesse („Individuelle bzw. kreative“ oder „Reflexive Herangehensweise“) (Lederman et al., 2014), im Anschluss an den Universitätsbesuch zu thematisieren (vgl. FF1 b).

Wirkung der einzelnen Bausteine
Zudem können bereits erste Schlussfolgerungen bzgl. eines Beitrags einzelner Bausteine zur Wirkung der Universitätsbesuche gemacht werden (vgl. FF2). Die unterrichtliche Vorbereitung durch das Video wurde in einem ersten Schritt des Design-Based-Research Zyklus integriert. Von den 15 Schüler*innen, die interviewt wurden, wurden 10 durch das Video vorbereitet. Es hat sich herausgestellt, dass die Schüler*innen mit Vorbereitung während der Laborbesuche bzw. Diskussionsrunde deutlich häufiger von Erfahrungen berichtet haben, die den Unterkategorien „Zusammenarbeit und Kooperation“ (6 von 10), „Finanzierung von Forschungsgruppen“ (4 von 10) oder „individuelle bzw. kreative Herangehensweise“ (5 von 10) zugeordnet werden können[3] und die im Video thematisiert wurden[4]. Dies zeigt, dass das Video bei manchen Schüler*innen einen Einfluss auf die wahrgenommenen Aspekte während des Universitätsbesuchs zu haben scheint.

Ausblick
Im nächsten Schritt des Design-Based-Research Ansatzes sollen die Videos stärker in den Fokus genommen werden. Weitere Videoclips sind in Planung, welche die Erfahrungen der Schüler*innen aufgreifen, die als Ausgangspunkt für Reflexionen zu NoS genutzt werden können. Aufgrund der aktuellen Lage werden die Videoclips gemeinsam mit der Diskussionsrunde in eine Online-Variante überführt, die im Unterricht eingesetzt werden kann.

[3] Schüler*innen, die nicht durch das Video vorbereitet wurden, haben Erfahrungen bzgl. dieser Unterkategorien nur vereinzelt erwähnt: „Zusammenarbeit und Kooperation“ (1 von 5), „Finanzierung von Forschungsgruppen“ (0 von 5) und „individuelle bzw. kreative Herangehensweise“ (1 von 5).
[4] Die Aspekte wurden im Video z.T. sogar nur ansatzweise thematisiert.

Literatur

Bednarek, A. & Wodzinski, R. (2020). Universitätsbesuche: Aktuelle Forschung als Lerngegenstand für Schüler*innen. In: PhyDid B, Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung Bonn 2020, 141-148. Url: http://www.phydid.de/index.php/phydid-b/article/view/1098

Burgin, S.R. & Sadler, T.D. (2016): Learning Nature of Science Concepts through a Research Apprenticeship Program: A Comparative Study of three Approaches. In: Journal of Research in Science Teaching, 53 (1), 31-59.

Driver, R., Learch, J., Millar, R. & Scott, P. (1996): Young people's image of science. Buckingham, Philadelphia: Open University Press.

France, B. & Compton, V. (2012): Bringing Communities Together. In: B. France & V. Compton (Eds.), Bringing Communities Together: Connecting Learners with Scientists or Technologists. Rotterdam: Sense Publishers, 1-14.

Kircher, E. & Dittmer, A. (2004): Lehren und Lernen über die Natur der Naturwissenschaften – ein Überblick. In: C. Hößle, D. Höttecke & E. Kircher (Hrsg.), Lehren und Lernen über die Natur der Naturwissenschaften. Kronach: Schneider, 1-22.

Kolstø, S.D. (2001): Scientific Literacy for citizenship: Tools for dealing with the science dimension of controversial socioscientific issues. In: Science Education, 85 (3), 291-310.

Kuckartz, U. (2018): Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung. Weinheim: Beltz Juventa, 4. Aufl.

Lederman, N.G. (2007): Nature of science: Past, present & future. In: S. Abell & N.G. Lederman (Eds.), Handbook of Research on Science Education. Mahwah: Erlbaum, 831-879.

Lederman, J.S., Lederman, N.G., Bartos, S.A., Bartels, S.L., Meyer, A.A. & Schwartz, R.S. (2014): Meaningful Assessment of Learners' Understandings about Scientific Inquiry – The Views about Scientific Inquiry (VASI) Questionnaire. In: Journal of Research in Science Teaching, 51 (1), 65-83.

Reinmann, G. (2005): Innovation ohne Forschung? Ein Plädoyer für den Design-Based Research-Ansatz in der Lehr-Lernforschung. In: Unterrichtswissenschaft, 33 (1), 52-69.

Schwartz, R.S., Lederman, N.G. & Crawford, B.A. (2004): Developing Views of Nature of Science in an Authentic Context: An Explicit Approach to Bridging the Gap between Nature of Science and Scientific Inquiry. In: Science Education, 88 (4), 610-645.

Stamer, I. (2019): Authentische Vermittlung von Naturwissenschaften im Schülerlabor. Kiel: Dissertation.

Tsybulsky, D., Dodick, J. & Camhi, J. (2018): The Effect of Field Trips to University Outreach Labs on Israeli High School Students' NOS Understanding. In: Research in Science Education, 48 (6), 1247-1272.

Wentorf, W., Höffler, T.N. & Parchmann, I. (2015): Schülerkonzepte über das Tätigkeitsspektrum von Naturwissenschaftlerinnen und Naturwissenschaftlern: Vorstellungen, korrespondierende Interessen und Selbstwirksamkeitserwartungen. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 21, 207-222.

Anastasia Striligka[1]
Michael Komorek[1]
Dimitris Stavrou[2]

[1]Universität Oldenburg
[2]Universität Kreta

Lernprozesse von Schüler: innen bei der Interaktion mit Exponaten im Science Center

Science Center als außerschulische Lernorte werden von Schulklassen häufig aufgesucht. Studien zum informellen Lernen im Science Center zeigen, wie dort Interessen an naturwissenschaftlichen Themen geweckt werden können (Holmes, 2011; Faria & Chagas, 2012; Scharfenberg & Bogner, 2014). Sie zeigen aber nur ansatzweise, wie Schüler: innen durch selbstgesteuerte Interaktionen mit Exponaten fachliches Wissen aufbauen und fachbezogene und überfachliche Kompetenzen entwickeln (Tuckey, 1992). In der Zusammenarbeit mit der Phänomenta Bremerhaven wurden erstens die Ziele der Gestalter der Exponate und Bildungsformate untersucht; es wurden zweitens zentrale Exponate einer fachlich-fachdidaktischen Potentialanalyse unterzogen; und drittens wurde mit begleitenden Interviews und Fragebögen die Prozesse der Schüler: innen beim Entschlüsseln und Interpretieren der Exponate untersucht; schließlich wurden viertens mit Fragebögen und videounterstützten Interviews Lehrkräften zu ihren Erwartungen hinsichtlich der Lernprozesse ihrer Schüler: innen befragt. Präsentiert werden Ergebnisse aus den vier Bereichen.

Forschungsbedarf
Außerschulische Lernumgebungen können den traditionellen Unterricht der Schule ergänzen (Euler, 2005; Rennie, 2014). Eine Vielfalt außerschulischer Lernorte halten Angebote vor, die aber meistens nicht in den formalen Unterricht eingebettet sind (Lewenstein, 2001). Meist ist keine Vor- und Nachbereitung des Schülerbesuchs vorgesehen, sodass Schüler: innen keinen Zusammenhang zwischen dem Besuch und dem in der Schule bereits Erlernten herstellen können (Eshach, 2007). Dies führt dazu, dass zwar „das Entertainment“ und die Begeisterung von Schüler: innen, nicht aber ihr Lernen im Vordergrund der Schülerbesuche stehen (Rennie & McClafferty, 1996). Dennoch kann unterstellt werden, dass fachliche Lernprozesse ablaufen, sodass ein Forschungsbedarf entsteht, diese genauer zu untersuchen. dabei sind die Faktoren herauszuarbeiten, die Lernprozesse begünstigen oder hemmen, und auch die Sicht der Lehrkräfte und der Verantwortlichen der Lernorte auf die Prozesse auf Schülerseite.

Forschungsfragen
Die hier vorgestellte Studie konzentriert sich weniger auf äußere Handlungen als auf kognitive Prozesse von Schüler: innen während ihrer Interaktion mit Exponaten bei einem Besuch in der Phänomenta in Bremerhaven. Dabei stehen folgende Fragestellungen im Mittelpunkt, die auf empirischen Weg untersucht werden:

- Welche (äußeren) Handlungen und welche damit verbundenen kognitiven Verarbeitungsprozesse laufen auf Seiten der Schüler: innen während ihrer Interaktion mit Exponaten im Science Centern ab? Wie lassen sich diese Prozesse rekonstruieren und modellieren?
- Inwieweit stimmen die Absichten der pädagogisch Verantwortlichen der außerschulischen Lernorte und der Lehrkräfte mit den rekonstruierten kognitiven Prozessen der Schüler: innen überein?

Design der Studie

Forschungsrahmen: Im Rahmen der Studie wurde mit der Phänomenta in Bremerhaven kooperiert. Dort bietet sich eine Auswahl von ca. 80 Hands-on Exponaten zu Phänomenen aus Physik, Mathematik, Biologie und Geologie, die verschiedene Grade und Arten von selbstgesteuerten Interaktionen ermöglichen. Die empirisch untersuchten Schulbesuche hatten eine Dauer von ca. 3 Stunden und beinhalteten eine kurze Einführung des Leitenden der Phänomenta, eine „Reise zum Mittelpunkt der Wärme“ und ein freies Interagieren mit den Exponaten.

Stichprobe: Insgesamt nahmen in der Studie 91 Schülerinnen und Schüler der Klassenstufe 4 aus sieben Schulen teil. Von ihnen wurden 24 Schülerinnen und Schüler empirisch durch teilnehmende Bobachtung engmaschig begleitet und bei ihrer Interaktion mit bestimmten Exponaten interviewt. Außerdem haben zehn Lehrkräfte vor und nach dem Besuch Fragebögen bearbeitet, weitere fünf Lehrkräfte wurden videounterstützt interviewt und der Leitende der Phänomenta Bremerhaven wurde zu bestimmten Exponaten befragt.

Erhebungsinstrumente und Auswerteschwerpunkte: In der Studie wurden Daten aus drei Quellen erhoben (Sichtweise und Verstehen der Schüler: innen, Einschätzungen der Lehrkräfte, Einschätzungen der Anbietenden und Analyseergebnisse bzgl. der Exponate) und aufeinander bezogen. Es wurden Prä- und Post-Fragebögen für die Schüler: innen entwickelt. Außerdem wurden ein Beobachtungsbogen und ein Interviewleitfaden entwickelt, um das laute Denken der Schüler: innen zu unterstützen und Audioaufnahmen zur Analyse ihrer Denkweise bei der Nutzung der Exponate aufzunehmen. Der erste Schülerfragebogen wurde kurz vor Beginn des Besuchs am Ort der Phänomenta ausgefüllt und betrifft die Erwartungen, die Interessen und das Vorwissen der Schüler: innen. Der zweite Fragebogen wurde ebenfalls vor Ort nach Ende des Besuchs ausgefüllt. Mit diesem wurde untersucht, was den Schülern am meisten gefallen hat, worin sie Schwierigkeiten hatten, die Exponate zu verstehen, was sie am Lernort und an konkreten Exponaten ändern würden und ob sie die von den Anbietern erhofften kognitiven Ziele erreichen konnten. Die Fragebögen vor und direkt nach dem Besuch für die begleitenden Lehrkräfte basierten auf Ideen von Cox-Peterson, Marsh, Kisiel & Melber (2003) und Griffin & Symington (1997). Es wurde mit halb-offenen und offenen Fragen untersucht, welche ihre Erwartungen an den Besuch sind, wie sie den Besuch unter verschiedenen Kriterien bewerten, wie sie den Besuch im Schulunterricht eingebettet haben oder es noch wollten und ob sie Änderungsvorschläge für das Angebot haben. Es wurde außerdem ein videounterstütztes Interview mit Lehrkräften durchgeführt. Dabei wurden Videos der beforschten Exponate erstellt und den Lehrkräften gezeigt, um Ihre Sichtweisen bezüglich der Lernprozesse von Schüler: innen bei der Interaktion mit diesen Exponaten zu erfahren. Zusätzlich wurde ein Interview mit dem Verantwortlichen der Phänomenta bezüglich der Lernprozesse der Schüler: innen geführt.

Auswerteverfahren

Sämtliche Daten wurden mittels Qualitative Inhaltsanalyse ausgewertet und systemtisch aufeinander bezogen. Um die Auseinandersetzung der Schüler: innen mit den Exponaten zu modellieren, wird die Praxeology von Achiam (2013) herangezogen, bei der es vier Stufen der Interaktion mit Exponaten gibt, und diese wurde durch die kognitiven Taxynomie nach Anderson & Krathwohl (2001) erweitert. Bei der ersten Stufe "Task" kann der Nutzer des Exponats die Objekte am Exponat und dessen Aufgabe wahrnehmen. Auf einer zweiten Ebene "Technique" kann er Handlungen durchführen, um die Aufgabe zu erfüllen. Auf der dritten Stufe "Technology" kann der Nutzer seine Handlungen begründen und erklären, was gerade am Exponat passiert und warum. Und auf der vierten Stufe "Theory" ist der Nutzer in der Lage, sich mit abstrakten Konzepten zu rechtfertigen und das beobachtete Phänomen auf den

Alltag oder ein anderes Exponat zu übertragen. Auf Basis dieser Modellierung wurde eine idealtypische Handlungsreihenfolge und damit verbundene Kognitionen für jedes Exponat erstellt und dann mit den Handlungen und rekonstruierten kognitiven Prozessen der Schüler: innen abgeglichen. Handlungen und kognitive Prozesse werden in der folgenden Falldarstellungen am Beispiel des Exponats "Sichtbares Licht" deutlich. An diesem Exponat gibt es die Möglichkeit, drei Farbfilter (rot, grün, blau) und ein Prisma einzeln oder gleichzeitig vor eine Lichtquelle zu klappen. Die Aufgabenstellung am Exponat lautete: "*Betrachten Sie das Spektrum des sichtbaren Lichts mit dem Prisma. Die Filter lassen jeweils nur einen bestimmten Bereich durch*.".

Falldarstellung

Alle Schülergruppen konnten die einzelnen Objekte am Exponat wahrnehmen (z.B. Filter, Prisma, Schirm, Knopf) und nutzen (z.B. Filter und Prisma einzeln und in Kombination runterklappen), ohne dass die Gruppen die Texte am Exponat wahrgenommen hatten. Obwohl sich die Handlungsreihenfolgen der Schülergruppen deutlich voneinander unterscheiden, kommen alle Gruppen zu denselben Beobachtungen, wenn sie gleiche Handlungen durchführen. Trotz der gleichen Beobachtungen unterscheiden sich aber die Erklärungen zu den jeweiligen sichtbaren Phänomenen auf Basis des Vorwissens der Schüler: innen. Ein Beispiel dafür sind die unterschiedlichen Erklärungen, die genannt werden, wenn Schüler: innen zwei Filter runterklappen und beobachten, dass kein Licht durchscheint: 8 von 24 Schüler: innen sagten, dass die Filter zu dunkel sind; 6 von 24 hatten die Vorstellung der additiven Farbmischung; 5 von 24 glaubten, dass das Licht nicht stark genug war; 3 von 24 dass der Abstand der Filter von der Quelle und von einander eine Rolle spielt und 2 von 24 äußerten schließlich, dass die Filter zu dick sind damit Licht durchkommen kann. Dies führte dazu, dass obwohl die Schüler: innen am Exponat alle Objekte erkennen konnten, Ihr Vorwissen zum Exponat abriefen, Ihre Handlungen erklärten und die erwartete Beobachtungen machten, sie auch nach der Interaktion des Exponats bei Ihrer ursprünglichen Vorstellungen blieben. Dies stimmt nicht mit den Erwartungen der Lehrkräfte und des Verantwortlichen des Lernortes überein. Die Erwartung des pädagogisch Verantwortlichen des außerschulischen Lernortes an die Schüler: innen war: *„Man sieht, dass die Filter jeweils nur einen bestimmten Bereich durchlassen.“*. Die Lehrkräfte erwarteten von den Schüler:innen, dass Sie nach der Interaktion mit dem Exponat zum Schluss kommen würden *“…Man kann dem Licht verschiedene Farben entnehmen.”*.

Fazit

Schon diese vorläufigen Ergebnisse der Studie zeigen, dass Schüler: innen beim Besuch der Phänomenta in der Lage sind, die gestellten Aufgaben (Tasks) zu erkennen und Arbeitsverfahren (Technique) durchzuführen. Auch können sie Erklärungen (Technologie) zu ihren Handlungen an den Exponaten geben. Diese stimmen aber nicht immer mit den fachlich korrekten Erklärungen der Ausstellungsmacher überein. Zudem haben die Schüler: innen Schwierigkeiten, die Phänomene zu abstrahieren (Theory) und entwickeln objektbezogene Erklärungen, die auf ihren Vorstellungen bzw. auf ihrem Vorwissen basieren. Bezüglich der zweiten Forschungsfrage inwieweit die Absichten der pädagogisch Verantwortlichen der außerschulischen Lernorte und der Lehrkräfte mit den rekonstruierten kognitiven Prozessen der Schüler: innen übereinstimmen, kann gesagt werden, dass die Handlungen und die kognitiven Verarbeitungsprozesse der Schüler: innen nicht mit den Erwartungen der Anbieter und der Lehrkräfte übereinstimmen. Es besteht also der Bedarf, datenbasierte Leitlinien für die Optimierung der Angebote zu formulieren mit dem Ziel, nicht nur das Interesse der Schüler: innen zu wecken, sondern auch Wissen aufzubauen.

Literatur

Achiam , M.F. (2013) A Content-oriented Model for Science Exhibit Engineering, International Journal of Science Education, Part B: Communication and Public Engagement, 3:3, 214-232, DOI: 10.1080/21548455.2012.698445

Anderson , L.W. & Krathwohl, D.R. (2001) A Taxinomy for Learning, Teaching and Assesing, New York

Cox-Peterson, A. M., Marsh, D.D. , Kisiel, J. & Melber L.M. (2003) . Investigation of Guided School Tours, Student Learning, and Science Reform Recommendations at a Museum of Natural History. JOURNAL OF RESEARCH IN SCIENCE TEACHING VOL. 40, NO. 2, PP. 200–218

Euler, M. (2005). Schülerinnen und Schüler als Forscher: Informelles Lernen im Schülerlabor. Naturwissenschaften im Unterricht – Physik 16 (90), 4-12.

Eshach, H. (2007). Bridging in-school and out-of-school learning: Formal, non-formal, and informal education. Journal of Science Education and Technology, 16(2), 171-190.

Faria, C., Chagas, I. (2012) Investigating School- Guided Visits to an Aquarium: What Roles for Science Teachers?, International Journal of Science Education, Part B, 3:2, 159-174 DOI: 10.1080/09500693.2012.674652

Griffin, J., Symington, D. (1997). Moving from Task- Oriented to Learning- Oriented Strategies on School Excursions to Museums. John Wiley & Sons, Inc, Sci Ed 81:763-779

mayHolmes J.A. (2011). Informal learning: Student achievement and motivation in science through museum-based learning. Learning Environ Res (2011) 14:263–277 DOI 10.1007/s10984-011-9094-y

Lewenstein, B. V. (2001). Who produces science information for the public. Free-choice science education: How we learn science outside of school, 21-43.

Rennie, L. (2014). Learning Science Outside of School, in Lederman, N. and Abell, S. (ed.) Handbook of Research on Science Education Volume II, pp. 120-144. USA: Routledge

Rennie, L. J., & McClafferty, T. P. (1996). Science centers and science learning, 53-98

Scharfenberg,F, Bogner,F (2014), Outreach Science Education: Evidence-Based Studies in a Gene Technology Lab. Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education, 10(4), 329-341 DOI: 10.12973/eurasia.2014.1086a

Tuckey, C.(1992) Children's informal learning at an interactive science centre. International Journal of Science Education. VOL. 14, NO. 3, 273-278 doi: http://dx.doi.org/10.1080/0950069920140304

Kai Bliesmer[1] [1]Universität Oldenburg
Annika Roskam[1]
Michael Komorek[1]

Physikalische Dynamik der Küste an außerschulischen Lernorten

Das Projekt wird durch die Deutsche Bundestiftung Umwelt DBU finanziert und ist im Promotionsprogramm GINT (https://uol.de/gint/) angesiedelt. Es verfolgt das Ziel, für die Ausstellungshäuser im niedersächsischen Wattenmeer neue Exponate zur physikalischen Dynamik an der Küste zu entwickeln, die sich phänomenologisch insbesondere durch Strömungen und Strukturbildungen auszeichnet. Hierzu ist physikdidaktische Entwicklungsforschung nötig, die im vorliegenden Projekt durch eine Kombination zweier Ansätze geleistet wird: Zum einen wird die physikalische Dynamik an der Küste didaktisch rekonstruiert, um fach- und adressatengerechte didaktische Strukturierungen zu entwickeln. Zum anderen werden prototypische Exponate zur physikalischen Dynamik an der Küste hergestellt und mit einem Design-Based Research-Ansatz beforscht. Auf Grundlage beider Ansätze werden fachdidaktische Leitlinien formuliert. Diese werden aktuell in Zusammenarbeit mit einer Ausstellungsagentur eingesetzt, um für ein Ausstellungshaus in Wilhelmshaven neue Exponate zu entwickeln.

Phänomenologie

Die zahlreichen außerschulischen Lernorte im niedersächsischen Wattenmeer sind Ausdruck einer Differenzierung der Bildungslandschaft, in der formales um non-formales Lernen im regionalen Kontext ergänzt wird. Dortige Lernorte verfügen über das einzigartige Potenzial, Besuchenden Primärerfahrungen zur physikalischen Dynamik an der Küste zu bieten. Denn die Küste ist gesäumt von Rippelmustern, Dünen, Prielen und weiteren Phänomenen, die durch den Einfluss von Wasser und Luft ständig neu gebildet werden und schließlich wieder vergehen. Wenngleich sich die Phänomene im Detail voneinander unterscheiden, lässt sich in der physikalische Dynamik an der Küste durchgängig das Wechselspiel von Strömungen und granularer Materie erkennen, das diese Phänomene als selbstorganisierte Strukturbildungen hervorbringt. Folglich sind es Strömungen und Strukturbildungen, die es im Rahmen des vorliegenden Projekts fachdidaktisch aufzubereiten gilt. Solche Phänomene sind für die Lernorte im Wattenmeer auch insofern von Bedeutung, als die hohe Dynamik im Wattenmeer für die UNESCO ein Kriterium darstellt, aufgrund dessen sie das Wattenmeer zum Weltnaturerbe ernannte (vgl. UNESCO Welterbekommission, 2009, S. 184).

Experteninterviews

Vor der Exponatentwicklung wurde das Forschungs- und Entwicklungsfeld eruiert. Experteninterviews (Bogner, Littich & Menz, 2005) mit den Lernortbetreibenden zu den Exponaten ihrer Ausstellungen und deren Genese wurden durchgeführt (Bliesmer, 2016; Roskam, 2016). Die Befragung zeigte, dass die Ausstellungen allesamt auf biologische Inhalte fokussieren. Physikalische Erklärungen und Modelle zu Strömungen sowie Strukturbildungen kommen entweder überhaupt nicht oder nur am Rande vor. Ferner ist deutlich geworden, dass fachdidaktische Beteiligung an der Entwicklung von neuen Exponaten die Ausnahme bildet. In der Regel entwerfen die Lernortbetreibenden, bei denen es sich oftmals um Biolog:innen oder Umweltwissenschaftler:innen handelt, ihre Exponate zusammen mit Ausstellungsagenturen. Letztere zeichnen sich durch handwerkliche und szenografische Kompetenzen aus, sie verfügen jedoch kaum über fachliche noch fachdidaktische Expertisen.

Ansatz I: Didaktische Rekonstruktion von Strömungen und Strukturbildungen
Als theoretisches Rahmenmodell für die fachdidaktische Aufbereitung fungiert die Didaktische Rekonstruktion (Duit, Gropengießer, Kattmann, Komorek & Parchmann, 2012). In Abb. 1 sind die drei dort zu bearbeitenden Aufgabenbereiche dargestellt.



Abb. 1. Aufgabenbereiche im Modell der Didaktischen Rekonstruktion (Duit et al., 2012)

Fachliche Klärung
Im Rahmen einer Elementarisierung (Bleichroth, 1991) wurden die zentralen fachlichen Grundideen (Elementaria) herausgearbeitet, mit denen sich Strömungs- und Strukturbildungsphänomene entschlüsseln lassen. Hierzu wurde Fachliteratur aus der Thermodynamik, Kontinuumsmechanik und der Theorie komplexer Systeme analysiert (u. a. Blundell & Blundell, 2010; Spurk & Aksel, 2010; Wilde, 1978; Bar-Yam, 2003; Mainzer, 1999). Es wurde u. a. herausgearbeitet, dass Strömungen phänomenologischer Ausdruck eines Ausgleichsbestreben in der Natur sind. Strukturbildungen wiederum lassen sich durch eine Selbstorganisation entschlüsseln, die sich durch das Wechselspiel von positiven Rückkopplungen (Selbstverstärkung) und negativen Rückkopplungen (Selbstbeschränkung) erklärt.

Sicht der Lernenden erfassen
Mit problemzentrierten Interviews (Witzel, 1985) wurden Lernende nach ihren Vorstellungen von Strömungen und Strukturbildungen befragt: Zum einen wurde erhoben, welche Merkmale sie im Sinne einer Begriffsbildung (Edelmann & Wittmann, 2012) mit beiden Termini verbinden. Zum anderen wurde untersucht, welche Konzepte (Posner, Strike, Hewson & Gertzog, 1982) sie heranziehen, um die Entstehung von beiden Phänomenen zu erklären. Als Stimuli wurden in den Interviews Fotos von Strömungen und Strukturbildungen sowie Realexperimente, die während der Interviews durchgeführt wurden, eingesetzt. Durch eine kategoriengeleitete qualitative Inhaltsanalyse (Kuckartz, 2018) konnte gezeigt werden, dass Lernende Strömungen mit Kollektivität verbinden. Strukturbildungen sehen sie hingegen, je nach individuellem Interpretationsrahmen, entweder als regelmäßig oder als unregelmäßig an. Um Strömungen und Strukturbildungen zu erklären, nutzen die Befragten häufig ein Prinzip der Übertragung: Sie gehen von vorhandenen Strömungen bzw. Strukturbildungen aus und argumentieren, jene übertragen sich auf bewegungsloses Wasser bzw. unstrukturierte Materie. Es gelingt ihnen nicht, Strömungen und Strukturbildungen aus dem Zustand einer Bewegungslosigkeit bzw. Strukturlosigkeit heraus zu erklären.

Didaktische Strukturierung
Die Elementaria wurden systematisch mit den Ergebnissen der Interviewstudie verglichen. Auf Basis dieses Abgleichs wurden Leitlinien für didaktische Strukturierungen von Ausstellungsexponaten oder Lernstationen entwickelt. Dabei handelt es sich um Vorschläge, wie an die Sichtweise der Lernenden angeknüpft werden kann, in welchen Fällen sich eine Umdeutung anbietet bzw. konfrontiert werden sollte (Duit, 2007). Die Leitlinien sind Grundlage für

konkrete didaktische Umsetzungen in Ausstellungen, die gleichermaßen fach- und adressatengerecht sind. Die Leitlinien richten sich z. B. an Ausstellungsagenturen.

Ansatz II: Design Based-Research mit Ausstellungsexponaten
Um zu untersuchen, wie Besuchende auf Exponate zu Strömungen und Strukturbildungen reagieren, wurden protypische Exponate zu den Themen Golfstrom, Rippel, Dünen, Tsunamis und Gezeiten entwickelt. Jedes Exponat basiert auf einer dreischrittigen Lernaufgabe, um nach Vorwissen, Interesse und kognitivem Entwicklungsstand zu differenzieren:

1. Phänomene erleben: Exponate werden von Besuchenden bedient und manipuliert. Resultierende Phänomene hängen von der Interaktion der Besuchenden ab und variieren.
2. Analogien herstellen: Mit Erklärtafeln werden Analogiebildungsprozesse forciert, indem Verbindungen zwischen dem Exponat und dem Original an der Küste expliziert werden.
3. Naturprinzipien erkennen: Durch die Entschlüsselung von Phänomenen an mehreren Exponaten können die Besuchenden generelle Naturprinzipien nachvollziehen; z. B., dass alle natürlichen Prozesse nach Ausgleich streben, dabei aber Strukturen entwickeln.

Die Prototypen wurden sowohl im Labor als auch im Feld der außerschulischen Lernorte eingesetzt, um die Interaktion der Besuchenden mit den Exponaten zu untersuchen. Zum Einsatz kamen ethnografische Untersuchungsmethoden (Breidenstein, 2012) wie die begleitende Beobachtung: Die Nutzenden wurden bei der Bedienung der Objekte entweder nur beobachtet oder direkt befragt. Außerdem fanden teilstandardisierte Interviews statt, um ihre Sicht auf die Exponate auch retrospektiv erfassen zu können. Alle empirischen Daten wurden mit einer kategoriengeleiteten qualitativen Inhaltsanalyse (Kuckartz, 2018) ausgewertet, um so einen Einblick in ihre Denk- und Lernprozesse zu erhalten. Die Daten wurden einerseits verwendet, um die Exponate zu optimieren und andererseits wurden Leitlinien zur Entwicklung von interaktiven Exponaten formuliert. In Abb. 2 (modifiziert nach Roskam, 2020) ist das Verfahren im Sinne eines Design-Based Research-Ansatzes (Design-Based Research Collective, 2013; Hußmann, Thiele, Hinz, Prediger & Ralle, 2013) dargestellt.

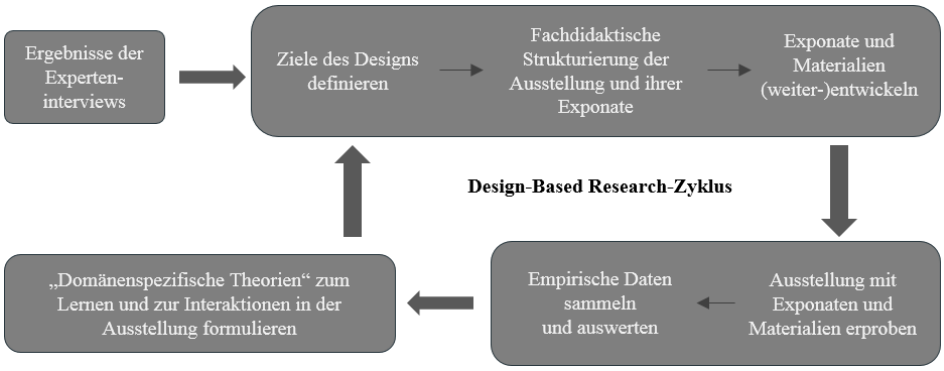


Abb. 2. Forschungs- und Entwicklungsaufgaben bilden einen Design-Based Research-Zyklus

Entwicklung von Exponaten und Veröffentlichung einer Handreichung
Aktuell werden die aus der Didaktischen Rekonstruktion gewonnenen Leitlinien für didaktische Strukturierungen (Bliesmer, 2020) und jene aus dem Design-Based Research-Ansatz hervorgegangenen Leitlinien zur Exponatentwicklung (Roskam, 2020) genutzt, um gemeinsam mit einer renommierten Ausstellungsagentur einen Ausstellungsbereich zu den Gezeiten im Wattenmeer-Besucherzentrum in Wilhelmshaven neu zu gestalten. Zudem wird momentan eine Handreichung für außerschulische Lernorte an der Küste entwickelt, die die Leitlinien mit Umsetzungsbeispielen kompakt und ansprechend darstellt. Die Handreichung

richtet sich an durchaus erfahrene pädagogische Verantwortliche in den Ausstellungshäusern, die aber doch fachphysikalische und physikdidaktische Laien sind. Die Handreichung soll auch weitere Lernorte von den hier dargestellten Ergebnissen profitieren lassen.

Literatur

Bar-Yam, Y. (2003). *Dynamics of Complex Systems.* Boulder: Westwing Press.

Bleichroth, W. (1991). Elementarisierung, das Kernstück der Unterrichtsvorbereitung. *Naturwissenschaft im Unterricht. Physik, 39*, 4-11.

Bliesmer, K. (2016). *Fachdidaktische Analyse von Bildungsangeboten norddeutscher Meeresforschungsinstitute*. Masterarbeit: Universität Oldenburg.

Bliesmer, K. (2020). *Physik der Küste für außerschulische Lernorte. Eine Didaktische Rekonstruktion* (= Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 306). Berlin: Logos Verlag.

Blundell, S. J. & Blundell, K. M. (2010). *Concepts in Thermal Physics*. Oxford: University Press.

Bogner, A., Littich, B. & Menz, W. (2005). *Das Experteninterview. Theorie, Methode, Anwendung*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Breidenstein, G. (2012). Ethnographisches Beobachten. In H. de Boer & S. Reh (Hrsg.), *Beobachtung in der Schule – Beobachten lernen* (S. 27-44). Wiesbaden: Springer VS.

Design-Based Research Collective. (2003). Design-based Research: An Emerging Paradigm for Educational Inquiry. *Educational Researcher, 32 (1)*, 5-8.

Duit, R. (2007). Alltagsvorstellungen und Physik lernen. In E. Kircher, R. Girwidz & P. Häußler (Hrsg.), *Physikdidaktik. Theorie und Praxis* (S. 581-606). Berlin, Heidelberg: Springer.

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). Rotterdam, Boston, Taipei: Sense Publishers.

Durst, F. (2006). *Grundlagen der Strömungsmechanik: eine Einführung in die Theorie der Strömung von Fluiden*. Heidelberg: Springer

Edelmann, W. & Wittmann, S. (2012). *Lernpsychologie*. Weinheim: Beltz.

Hußmann, S., Thiele, J., Hinz, R., Prediger, S. & Ralle, B. (2013). Gegenstandsorientierte Unterrichtsdesigns entwickeln und erforschen. Fachdidaktische Entwicklungsforschung im Dortmunder Modell. In M. Komorek & S. Prediger (Hrsg.), *Der lange Weg zum Unterrichtsdesign. Zur Begründung und Umsetzung fachdidaktischer Forschungs- und Entwicklungsprogramme* (S. 25-42). Münster: Waxmann.

Kuckartz, U. (2018). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung*. Weinheim, Basel: Beltz Juventa.

Mainzer, K. (1999). *Komplexe Systeme und Nichtlineare Dynamik in Natur und Gesellschaft*. Berlin, Heidelberg: Springer.

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.

Roskam, A. (2016). *Fachdidaktische Analyse außerschulischer Repräsentationen der (geo-)physikalischen Dynamik im Wattenmeer und an der Küste*. Masterarbeit: Universität Oldenburg.

Roskam, A. (2020). *Kognitive Verarbeitungsprozesse in der Interaktion mit Strömungsexperimenten in einer Ausstellung. Eine empirische Untersuchung mit Besuchenden an außerschulischen Lernorten im Küstenraum*. Wiesbaden: Springer Spektrum.

Spurk, J. & Aksel, N. (2010). *Strömungslehre. Einführung in die Theorie der Strömungen*. Heidelberg: Springer.

UNESCO-Welterbekommission (2009). *Report of decisions of the 33rd session of the World Heritage Committee*. Online verfügbar unter: http://whc.unesco.org/archive/2009/whc09-33com-20e.pdf (Zugriff: 11.10.2020).

Wilde, K. (1978). *Wärme- und Stoffübergang in Strömungen*. Darmstadt: Steinkopff.

Witzel, A. (1985). Das problemzentrierte Interview. In G. Jüttemann (Hrsg.), *Qualitative Forschung in der Psychologie* (S. 227-255). Weinheim: Beltz.

Lisa Stinken-Rösner[1]
Simone Abels[1]
Sarah Hundertmark[2]
Jürgen Menthe[3]
Andreas Nehring[2]
Lisa Rott[4]

[1]Leuphana Universität Lüneburg
[2]Leibniz Universität Hannover
[3]Universität Hildesheim
[4]Westfälische Wilhelms-Universität Münster

Inklusion und Naturwissenschaften systematisch verknüpfen

Bis vor einigen Jahren haben sich die Fachdidaktiken eher beiläufig mit dem Gedanken der Inklusion auseinandergesetzt. Obwohl in Forschung und Praxis inklusives Lehren und Lernen immer stärker in den Vordergrund rückte (Menthe, Hoffmann, Nehring & Rott, 2015; Abels & Stinken-Rösner, im Druck) fehlte noch immer eine theoretische Grundlage, die inklusives Lehren und Lernen mit entsprechenden fachspezifischen Merkmalen verbindet. Mitglieder des von der DFG geförderten Netzwerks inklusiver naturwissenschaftlicher Unterricht (NinU, NE 2105/2-1) haben sich zusammengetan, um die Perspektiven des naturwissenschaftlichen Unterrichts und der inklusiven Pädagogik systematisch zusammenzuführen (Stinken-Rösner et al., 2020). Diese als Schema dargestellte Zusammenführung kann sowohl zur Planung und Reflexion von inklusivem naturwissenschaftlichen Unterricht als auch zur Identifikation von Forschungsdesiderata eingesetzt werden. Für eine ausführliche Diskussion des Schemas sei an dieser Stelle auf Stinken-Rösner et al. (2020) verwiesen. Im Folgenden werden die beiden Perspektiven knapp skizziert sowie deren Zusammenspiel erläutert. Anschließend werden erste Erfahrungen zur Nutzung des Schemas zur Planung von inklusivem naturwissenschaftlichen Unterricht im Rahmen mehrerer universitärer Lehrveranstaltungen beschrieben.

Perspektive des naturwissenschaftlichen Fachunterrichts

In den Bildungsstandards der naturwissenschaftlichen Fächer wird die naturwissenschaftliche Bildung (scientific literacy) als wesentlicher Bestandteil der Allgemeinbildung bezeichnet, die „[…] dem Individuum eine aktive Teilhabe an gesellschaftlicher Kommunikation und Meinungsbildung […]“ ermöglicht (KMK, 2005a-c, S. 6). Diesem Anspruch versucht auch Hodson (2014) gerecht zu werden und definiert folgende vier Ziele für den naturwissenschaftlichen Unterricht:

A. die Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlichen Kontexten,
B. das Lernen naturwissenschaftlicher Inhalte,
C. das Betreiben naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung,
D. das Lernen über die Naturwissenschaften.

Für die Planung von Fachunterricht bedeutet dies, dass zunächst ein für alle Lernenden anregender und relevanter Kontext identifiziert werden sollte (A), welcher als Rahmen für die Auseinandersetzung mit dem jeweiligen Stundenziel (B: inhaltlich, C: methodisch, D: epistemisch) genutzt werden kann.

Perspektive der inklusiven Pädagogik

Die inklusive Pädagogik strebt die Partizipation aller Lernenden an Bildung an, unabhängig von individuellen Merkmalen wie Alter, ethnischer Zugehörigkeit, Geschlecht, Kultur, Religion, sozioökonomischer Hintergrund usw. (Ainscow, 2007). Um dies zu erreichen und

um den individuellen Bedürfnissen der Lernenden gerecht zu werden, gilt es daher (UNESCO, 2009; Booth & Ainscow, 2016; Stinken-Rösner et al., 2020):

I. Diversität anzuerkennen,
II. Barrieren zu erkennen,
III. Partizipation zu ermöglichen.

Partizipation kann beispielsweise durch die Minimierung oder Vermeidung potenzieller Barrieren ermöglicht werden. Individuelle Potenziale der Lernenden können als Ressource für individuelles und gemeinsames Lernen genutzt werden, wodurch neue Handlungsperspektiven eröffnet werden (Florian & Spratt, 2013; Sliwka, 2010).

Verknüpfung beider Perspektiven

Abbildung 1 zeigt die Verknüpfung der Perspektive des naturwissenschaftlichen Unterrichts (blau) mit der Perspektive der inklusiven Pädagogik (gelb). Inklusiver naturwissenschaftlicher Unterricht (NAWI für alle) ist mehr als die Summe der einzelnen Perspektiven, vielmehr muss eine systematische Verknüpfung zwischen den jeweiligen Zielen der Naturwissenschaftsdidaktik und der inklusiven Pädagogik stattfinden, was durch die grünen Knotenpunkte repräsentiert wird.

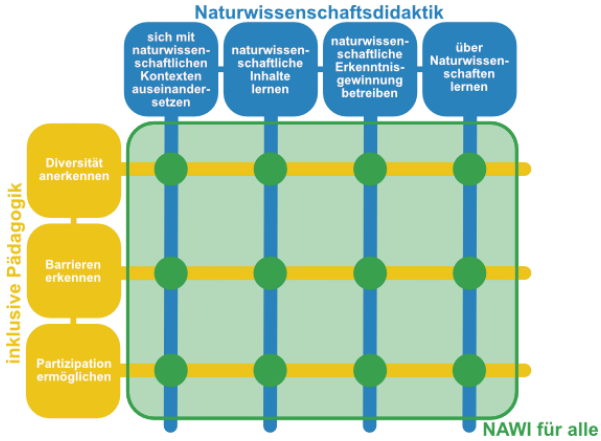


Abb. 1: Schema zur Beschreibung von inklusivem naturwissenschaftlichen Unterricht (übersetzt nach Stinken-Rösner et al., 2020, S. 37)

Einsatz des Schemas zur Planung von inklusivem naturwissenschaftlichen Unterricht

Das in Abbildung 1 präsentierte Schema kann neben der Identifikation von Forschungsprojekten und -lücken unterstützend zur Planung und Reflexion von inklusivem naturwissenschaftlichen Unterricht genutzt werden. Hierfür wurden zu jedem Knotenpunkt Fragen formuliert, die die jeweiligen Ziele der unterschiedlichen Perspektiven miteinander verknüpfen (Ferreira González et al., in review; Stinken-Rösner et al., 2020).

Erste Erfahrungen bei der Planung von inklusivem naturwissenschaftlichen Unterricht entlang des Schemas in mehreren universitären Lehrveranstaltungen (Primar- und Sekundarstufe im Master) zeigten, dass die Studierenden zunächst eine gewisse Überforderung empfanden. Das Schema ist insofern komplex, weil jede einzelne Dimension der Naturwissenschaftsdidaktik und inklusiven Pädagogik für sich allein und dann in Kombination verstanden werden muss. Die Studierenden hatten die größten Schwierigkeiten damit, Kontext von Inhalt zu trennen

und das Betreiben naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung von dem Lernen über Naturwissenschaften. Hier mussten Aspekte aus den Bachelormodulen aufgefrischt und erneut bearbeitet werden. Der Vorteil lag darin, dass so unangemessene Vorstellungen der Studierenden zu diesen Bereichen sichtbar wurden und adressiert werden konnten.
Je länger die Studierenden sich mit dem Schema und vor allem mit dem Unterstützungsraster und seinen Fragen beschäftigten, desto klarer wurde ihnen der Mehrwert. Sie stellten fest, dass „es sich um ein hilfreiches Konzept handelt, mit dem ich gut Unterricht planen kann." Sie betonten insbesondere, dass sie über das Raster auf Aspekte aufmerksam gemacht werden, die sie vorher so nicht bedacht hatten. Hierbei wurde ihnen bewusst, dass es nicht nur um Schüler*innen mit sonderpädagogischem Förderbedarf geht, „sondern um die Diversität aller". Durch die Dimension ‚Diversität anerkennen' wird zudem Inklusion als etwas Positives wahrgenommen.
Aber auch Herausforderungen bei der Nutzung konnten beobachtet werden. Verunsichert waren die Studierenden aufgrund des Rasters, inwiefern sie alle Aspekte in ihren späteren Unterrichtsalltag integrieren sollen. „Man fühlt sich eher noch mehr überfordert, wie man alle Barrieren mit berücksichtigen kann." Hier muss deutlich gemacht werden, dass es vor allem zu Beginn der Arbeit um ein intensives Durcharbeiten geht und dass die (angehenden) Lehrpersonen hier mit der Zeit eine Routine entwickeln werden, welchen Aspekten Vorrang gegeben wird. Insbesondere die Spalten B-D (s.o.) sind nicht alle auszufüllen. Je besser die Lehrpersonen ihre Lerngruppe kennen und auf fortlaufende Diagnostik zurückgreifen können, desto leichter sind die Zellen des Rasters auszufüllen.
Die Rückmeldungen weisen daraufhin zu überlegen, ob Fragen reduziert oder für spezifische Stunden fokussiert werden sollten. Die Spalten und Zeilen erscheinen gut gewählt, die Zellen scheinen jedoch zu ausführlich mit Unterfragen bestückt zu sein und können dadurch Verwirrung stiften.
Insgesamt kann das Schema auch für Hochschullehrende der Didaktik der Naturwissenschaften eine Orientierung bieten, welche Aspekte dieser und der inklusiven Pädagogik im Detail zu erarbeiten sind, um dann die Verknüpfung fundiert adressieren zu können.

Einsatz des Schemas in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung

Im Rahmen des fünften NinU Kolloquiums zum Thema „Inklusion und Naturwissenschaftsdidaktik" auf der virtuellen GDCP Jahrestagung 2020 wurden von Mitgliedern des Netzwerkes verschiedene Forschungsprojekte vorgestellt, die sich in dem Schema verorten. Hier sei auf die entsprechenden Beiträge in diesem Sammelband verwiesen (Oettele & Mikelskis-Seifert; Sühring, Hartig, Teichrew, Winkelmann, Ulrich, Horz, & Erb; Brauns & Abels, in diesem Band).

Literatur

Abels, S., & Stinken-Rösner, L. (im Druck). Inklusion als Phänomen in Chemie- und Physikdidaktik – Gemeinsamkeiten und Unterschiede. In M. von Braksierk, K. Golus, P. Schildhauser, & L. Streblow (Hrsg.). *Schulische Inklusion als Phänomen – Phänomene schulischer Inklusion. Fachdidaktische Spezifika und Eigenlogiken schulischer Inklusion*. Wiesbaden: Springer VS.

Ainscow, M. (2007). Taking an inclusive turn. *Journal of Research in Special Educational Needs, 7*(1), 3–7. https://doi.org/10.1111/j.1471-3802.2007.00075.x

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 (IfIN).

Ferreira González, L., Fühner, L., Rott, L., Sührig, L., Weck, H., Weirauch, K., & Abels, S. (in review). Ein Unterstützungsraster zur Planung und Reflexion inklusiven naturwissenschaftlichen Unterrichts. *Sonderpädagogische Förderung heute*.

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

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. https://doi.org/10.1080/09500693.2014.899722

KMK (2005a). Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10). Wolters Kluwer: München.

KMK (2005b). Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10). Wolters Kluwer: München.

KMK (2005c). Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10). Wolters Kluwer: München.

Menthe, J., Hoffmann, T., Nehring, A. & Rott, L. (2015). Unterrichtspraktische Impulse für einen inklusiven Chemieunterricht. In O. Musenberg, & J. Riegert (Hrsg.), *Inklusiver Fachunterricht in der Sekundarstufe* (S. 158-164). Stuttgart: Kohlhammer.

Netzwerk inklusiver naturwissenschaftlicher Unterricht (NinU). https://www.cinc.uni-hannover.de/de/ninu/ (29.09.2020).

Sliwka, A. (2010). From homogeneity to diversity in German education. In OECD (Hrg.), *Educating Teachers for Diversity: Meeting the Challenge* (S. 205–217). OECD Publishing. http://www.oecd.org/berlin/44911406.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. *RISTAL, 3*, 30-45.

UNESCO (2009). Inklusion: Leitlinien für die Bildungspolitik. http://www.unesco.de/fileadmin/medien/Dokumente/Bibliothek/inklusion_leitlinien.pdf (23.05.2017)

Michaela Oettle[1]
Silke Mikelskis-Seifert[1]
Katja Scharenberg[1]
Wolfram Rollett[1]

[1]PH Freiburg

Erfassung der Barrierefreiheit von schulischen Experimentierumgebungen[1]

Theorie und Forschungsstand

Das Thema Barrierefreiheit im schulischen Kontext lässt sich aus drei Perspektiven betrachten. Aus einer *rechtlichen Perspektive* heraus stellt Barrierefreiheit einen Grundsatz dar, den Bereiche des täglichen Lebens erfüllen müssen: Verkehrsmittel, Anlagen, Informationsquellen und Kommunikationseinrichtungen sind dann barrierefrei, wenn sie für Menschen mit Behinderung ohne fremde Hilfe zugänglich und nutzbar sind (Landesgleichstellungsgesetz Baden-Württemberg, § 3 (2)). Über den rechtlichen Fokus auf Menschen mit Behinderung hinaus wird aus der *Perspektive der Produktentwicklung* und insbesondere nach dem Ansatz des *Universal Design* versucht, eine universelle Zugänglichkeit durch Produkte und Umgebungen zu schaffen, die zum größtmöglichen Grad von allen Menschen verwendet werden können ohne nachträgliche Anpassung (Center for Universal Design, 1997, S. 1). Folgt man diesem Ansatz, müssen speziell für die Gestaltung von Lernumgebungen aus der *Perspektive der Lernforschung* schließlich Barrieren berücksichtigt werden, die in der Interaktion des Lernenden und der Lernumgebung entstehen könnten (Stinken-Rösner et al., 2020). Solche Barrieren können u.a. von sozialer, sprachlicher, kognitiver, affektiver oder auch physischer Natur sein. Wird der Fokus auf die Barrierefreiheit von Experimentierumgebungen im Unterricht gelegt, so muss zunächst analysiert werden, welche der zahlreichen mit dem Experimentieren verbundenen Tätigkeiten (Duit, Gropengießer & Stäudel, 2004) die Schüler*innen ausführen und welche Anforderungen die Tätigkeiten ihrerseits an die Lernenden stellen. Wir argumentieren, dass Barrierefreiheit nur dann gegeben ist, wenn die Anforderungen zu den verschiedenen Lernvoraussetzungen der Schüler*innen passen.

Experimentierbegleitende Materialien wie schriftliche Instruktionen und Versuchsanleitungen bilden einen wichtigen Bestandteil schulischer Experimentierumgebungen. Da gänzlich freies Forschen viele Schüler*innen zunächst überfordert, können solche instruktionalen Materialien Unterstützung und Struktur geben (Bell, 2012) und bieten ebenfalls einen Rahmen für das Festhalten eigener Beobachtungen und Interpretationen. Dementsprechend sollten die bereitgestellten Instruktionen im Hinblick auf ihre Barrierefreiheit insbesondere dem Anwendungsbereich „barrierefreie Informationsquellen und Kommunikationseinrichtungen“ aus der zuvor genannten Rechtsgrundlage genügen. Barrierefrei sind Informationsquellen dann, wenn sie für den Anwendenden von Nutzen sind und den Zweck der Informationsbeschaffung erfüllen, hier also die benötigten Informationen für das Experimentieren zugänglich machen (*funktionale Zugänglichkeit*). Bei vorrangig textbasierten Materialien muss die Instruktion auch auf sprachlicher Ebene Zugang zu den Informationen gewährleisten (*sprachliche Zugänglichkeit*). Auf physischer Ebene werden Informationen über Sinnesreize aufgenommen und weiterverarbeitet (Mayer, 2009), weshalb barrierefreie Informationsquellen auch *akustische und visuelle Zugänglichkeit* ermöglichen müssen. Neben einem Informationszugang muss die barrierefreie Instruktion ebenfalls Teilhabe an der mit der Information verbundenen Kommunikation ermöglichen, was als Handlungsaspekt aufgefasst

[1]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 01JA1818B gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autor*innen.

werden kann. Die Instruktion muss demnach so beschaffen sein, dass sie Zugänglichkeit zu den verschiedenen Experimentiertätigkeiten bietet (*Zugänglichkeit zum Experimentieren*).
Die Barrierefreiheit der Experimentierumgebung ist aus unserer Sicht eine notwendige Voraussetzung dafür, dass menschliche Grundbedürfnisse nach Autonomie- und Kompetenzerleben sowie nach sozialer Eingebundenheit beim Experimentieren erfüllt werden können und damit Voraussetzungen für eine selbstbestimmte Lernmotivation gegeben sind (Deci & Ryan, 1985). Die Befriedigung der Grundbedürfnisse kann sich positiv auf das akademische Fähigkeitsselbstkonzept der Schüler*innen auswirken (Huber et al., 2015), welches wiederum positiv mit ihrem Lernerfolg zusammenhängt (Chiu & Klassen, 2010).
Als ein Novum in der Erforschung von naturwissenschaftlichem Unterricht ist das Konzept der Barrierefreiheit im Schema von Stinken-Rösner et al. (2020) integriert und wird unter dem Aspekt „Erkennen von Barrieren beim Betreiben naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung" als Forschungsdesiderat aufgemacht, welchem durch das hier vorgestellte Forschungsprojekt begegnet wird.

Forschungsfrage
Die Studie geht der Frage nach, wie sich die von Schüler*innen wahrgenommene Barrierefreiheit von Experimentierumgebungen mit einem Fokus auf den Instruktionen erheben lässt. Nachfolgend wir die Entwicklung eines entsprechenden Testinstruments vorgestellt.

Operationalisierung des Konstrukts und Itementwicklung
Gemäß der zuvor skizzierten theoretischen Herleitung umfasst das Konstrukt „Barrierefreiheit von Experimentierumgebungen (Fokus Instruktionen)" die vier Dimensionen funktionale, sprachliche und visuelle Zugänglichkeit sowie Zugänglichkeit zum Experimentieren, welche wir als vier Teilskalen des Konstrukts operationalisieren. Aktuell eingesetzte Experimentiermaterialien verzichten weitestgehend auf gesprochene Elemente, weshalb die akustische Zugänglichkeit im Rahmen unserer Studie nicht berücksichtigt wurde.
Für die vier Teilskalen wurde ein Fragebogen mit 16 Items konzipiert, welcher die Wahrnehmung typischer Experimentierumgebungen im Physikunterricht durch die Schüler*innen auf vierstufigen Likertskalen erfasst (*Tabelle 1*).

Skala	**Beispielitems**	***N (α)***	***M (SD)***
Funktionale Zugänglichkeit	Ich konnte mit der Anleitung ohne andere Hilfe das Experiment machen.	4 (.76)	2.97 (0.62)
Sprachliche Zugänglichkeit	Die Sprache in der Anleitung war mir zu schwer. (neg)	2 (.84^{SB})	3.34 (0.78)
Visuelle Zugänglichkeit	Ich konnte die Bilder in der Anleitung deutlich sehen.	3 (.80)	2.79 (0.80)
Zugänglichkeit zum Experimentieren	Die Anleitung hat mir geholfen, alle Bauteile für das Experiment zu erkennen.	7 (.83)	3.14 (0.55)

Anmerkung: Itemanzahl (*N*), Cronbachs α; SB mit Spearman-Brown-Formel korrigiertes α für neue Testlänge von 4 statt 2 Items; Mittelwerte (*M*) und Standardabweichungen (*SD*); *N* = 195 Schüler*innen, Likertskalen: 1 = „stimmt gar nicht", 2 = „stimmt eher nicht", 3 = „stimmt manchmal", 4 = „stimmt".

Tabelle 1: Wahrnehmung der Barrierefreiheit von Experimentierumgebungen

Erprobung der Items
Die von uns entwickelten Items wurde im Rahmen einer Paper-Pencil-Befragung an Gymnasien, Realschulen und Gemeinschaftsschulen in Baden-Württemberg in den Klassenstufen 7 bis 9 in inklusiven Klassen pilotiert (*N* = 195 Schüler*innen, davon 86 Mädchen und 109 Jungen). Für eine diskriminante Konstruktvalidierung der Barrierefreiheitsskalen wurden in der Erprobung zusätzlich die intrinsische Motivation durch Skalen zum Autonomie- und Kompetenzerheben (nach Weßnigk & Euler, 2012; Johnston & Finney, 2010) sowie das situationsspezifische (experimentierbezogene) Fähigkeitsselbstkonzept (nach Weßnigk &

Euler, 2012; Dickhäuser et al., 2002) erhoben. Für die zusätzlichen Skalen wurde eine moderate Korrelation mit der Barrierefreiheit erwartet. Ebenfalls zur Validierung wurden als Außenkriterien demographische Merkmale der Schüler*innen wie ihr Geschlecht, ihre Erstsprache (deutsch vs. nicht-deutsch) sowie ihre Physikleistung (über Selbsteinschätzung „besser" vs. „schlechter" als die Mitschüler*innen) erhoben.

Skalenanalyse und Ergebnisse der Pilotierung

Anhand einer Hauptkomponentenanalyse der Befragungsdaten der 16 Items konnten vier Faktoren extrahiert werden. Nach Rotation der Komponentenmatrix spiegelten die den Faktoren zugeordneten Items die theoretisch abgeleiteten Teilskalen der Barrierefreiheit wider, wodurch die angenommene Konstruktdimensionalität bestätigt wurde. In der Skalenanalyse (*Tabelle 1*) ergaben sich für alle Skalen akzeptable bzw. guten Werte für die quantifizierte Reliabilität (Cronbachs α). Die Ergebnisse der Erprobung sind in Form deskriptiver Statistiken zu den vier Skalen ebenfalls in *Tabelle 1* zusammengefasst. Es zeigt sich, dass zumindest für die hier untersuchte Stichprobe die Barrierefreiheit der typischerweise eingesetzten Experimentierumgebungen im Mittel als eher hoch wahrgenommen wird.

Validierung des Testinstruments

Zur Validierung des Konstrukts „Barrierefreiheit von Experimentierumgebungen" wurde dessen Zusammenhang mit der intrinsischen Motivation (zwei Skalen) und dem Fähigkeitsselbstkonzept (eine Skala) bestimmt. Es zeigten sich für alle vier Dimensionen der Barrierefreiheit die erwarteten kleinen bzw. mittleren signifikanten Zusammenhänge zu den drei Skalen. Große Korrelationen weisen jedoch einerseits die Skala „funktionale Zugänglichkeit" mit dem Kompetenzerleben ($r = .59$, $p < .001$) sowie mit dem Selbstkonzept ($r = .57$, $p < .001$) und andererseits die Skala „Zugänglichkeit zum Experimentieren" mit dem Selbstkonzept ($r = .50$, $p < .001$) auf. Wird für Unterschiede im Fähigkeitsselbstkonzept kontrolliert, zeigen sich noch immer Zusammenhänge von mittlerer Effektstärke zwischen den beiden genannten Barrierefreiheitsskalen und dem Kompetenzerleben (für „funktionale Zugänglichkeit" $r = .35$, $p < .001$; für „Zugänglichkeit zum Experimentieren" $r = .36$, $p < .001$). Für die kriteriengeleiteten Validierung wurde jeweils der Effekt von Geschlecht, Erstsprache und Physikleistung auf die vier Barrierefreiheitsskalen im Rahmen von robusten MANOVA-Verfahren (Choi & Marden, 1997) untersucht. Die Analysen ergaben bei allen drei soziodemographischen bzw. leistungsbezogenen Merkmalen signifikante Effekte der Gruppenzugehörigkeit auf die wahrgenommene Barrierefreiheit (Geschlecht: $H(4) = 0.45$, $p = .030$, Erstsprache: $H(4) = 9.90$, $p = .040$, Physikleistung: $H(4) = 16.38$, $p = .003$). Die Ergebnisse der MANOVAs wurden mit diskriminanten Funktionsanalysen weiterverfolgt. Die Diskriminanzfunktionen trennten beim Geschlecht die Variablen 1) funktionale und visuelle von 2) sprachlicher und experimenteller Zugänglichkeit. Gleichzeitig befanden sich in der ersten Variablengruppe vorrangig Jungen und in der zweiten Mädchen. Dementsprechend nahmen Jungen eher die funktionale und visuelle und Mädchen eher die sprachliche und experimentelle Barrierefreiheit höher wahr. In gleicher Weise nahmen Schüler*innen mit der Erstsprache Deutsch die funktionale und die sprachliche Zugänglichkeit eher höher wahr als Schüler*innen mit einer anderen Erstsprache. Zudem ging eine bessere Physikleistung mit einer höheren Wahrnehmung der funktionalen, der visuellen und der experimentellen Zugänglichkeit einher. Die genannten Befunde entsprechen den theoretischen Erwartungen und unterstützen die Kriteriumsvalidität des entwickelten Testinstruments.

Ausblick

In Anbetracht des substanziellen Zusammenhangs zwischen der wahrgenommenen Barrierefreiheit von Experimentierumgebungen und dem in der Experimentiersituation erlebten Kompetenzerleben der Schüler*innen muss sich an die vorgestellte Studie eine weitere

Ausschärfung des modellierten Barrierefreiheitskonstrukts anschließen, um weitere Klarheit über den Wirkzusammenhang zwischen den Variablen zu erzielen.

Literatur

Baden-Württemberg (2014). Landesgesetz zur Gleichstellung von Menschen mit Behinderung. Landes-Behindertengleichstellungsgesetz L-BGG vom 17.12.2014. Fundstelle: GBI. 2014,819

Bell, T. (2012). Entdeckendes und forschendes Lernen. In S. Mikelskis-Seifert & T. Rabe (Eds.), Physikmethodik. Handbuch für die Sekundarstufe I und II. Berlin: Cornelsen, 70-81

Chiu, M.M. & Klassen, R.M. (2010). Relations of mathematics self-concept and its calibration with mathematics achievement: Cultural differences among fifteen-year-olds in 34 countries. Learning and Instruction, 20 (1), 2-17

Choi, K.; & Marden, J. (1997). An approach to multivariate rank tests in multivariate analysis of variance. Journal of the American Statistical Association, 92 (440), 1581-1590

Deci, E.L. & Ryan, R.M. (1985). Intrinsic motivation and self-determination in human behavior. New York: Springer Science and Business Media

Dickhäuser, O., Schöne, C., Spinath, B. & Stiensmeier-Pelster, J. (2002). Die Skalen zum akademischen Selbstkonzept: Konstruktion und Überprüfung eines neuen Instruments. Zeitschrift für Differentielle und Diagnostische Psychologie, 23 (4), 393-405

Duit, R., Gropengießer, H., & Stäudel, L (2004). Naturwissenschaftliches Arbeiten: Unterricht und Material 5-10. Seelze-Velber: Friedrich-Verlag

Huber, S., Häusler, J., Jurik, V. & Seidel, T. (2015). Self-underestimating students in physics instruction: Development over a school year and its connection to internal learning processes. Learning and Individual Differences, 43, 83-91

Johnston, M.M. & Finney, S. J. (2010). Measuring basic needs satisfaction: Evaluating previous research and conducting new psychometric evaluations of the Basic Needs Satisfaction in General Scale. Contemporary Educational Psychology, 35 (4), 280-296

Mayer, R.E. (2009). Multimedia Learning. Cambridge: Cambridge University Press

NC State University, The Center for Universal Design (1997). The principals of universal design. https://projects.ncsu.edu/ncsu/design/cud/about_ud/udprinciplestext.htm (zuletzt geprüft am 23.09.2020)

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

Weßnigk, S. & Euler, M. (2012). Kooperatives Arbeiten an industrienahen außerschulischen Lernorten. https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:gbv:8-diss-107885 (zuletzt geprüft am 23.09.2020)

Laura Sührig[1]
Katja Hartig[1]
Albert Teichrew[1]
Jan Winkelmann[1]
Mark Ullrich[1]
Holger Horz[1]
Roger Erb[1]

[1]Goethe-Universität Frankfurt am Main

Inklusiv experimentieren? Ein Konzept für einen Physikunterricht für alle

Einleitung

In einer Bildungslandschaft, in der die Schüler:innenschaft von allgemeinbildenden Schulen immer heterogener wird, gewinnen inklusive Unterrichtskonzepte insbesondere für den naturwissenschaftlichen Fachunterricht zunehmend an Bedeutung. Das BMBF-geförderte Projekt „Fortbildung zum inklusiven Experimentieren im Physikunterricht" (FINEX), welches Teil von „The Next Level" (Qualitätsoffensive Lehrerbildung) ist, nimmt deswegen den Experimentierunterricht als Chance für inklusive Lernsituationen in den Blick.
In diesem Beitrag wird eine Lehrkräftebefragung zum Einsatz von Schüler:innenexperimenten im inklusiven Unterricht sowie ein Unterrichtskonzept für inklusive Schüler:innenexperimente vorgestellt.

Schüler:innenexperimente in inklusiven Klassen

Schüler:innenexperimente sind eine wesentliche Komponente naturwissenschaftlichen Lehrens und Lernens und für viele Lehrkräfte zentraler Bestandteil des Physikunterrichts (Committee on High School Science Laboratories: Role and Vision, 2004). So wird ein Großteil der Unterrichtszeit mit Experimentieren verbracht (Tesch, 2005). In nicht-inklusiven Klassen gehören folglich Schüler:innenexperimente zum normalen Schulalltag.
Auch in inklusiven Lerngruppen sprechen viele Gründe für den Einsatz von Schüler:innenexperimenten. Experimentieren führt zu einem positiveren Arbeitsklima (Baumann et al., 2018) und zu einem Ausbau von Sozialkompetenzen und fachlichen Vorstellungen (Baumann et al., 2016; Di Fuccia, 2007). Zudem eröffnen Schüler:innenexperimente viele Möglichkeiten, Handlungsprozesse anzuleiten und durch variierende Arbeits- und Sozialformen zu differenzieren und Barrieren abzubauen (Nehring & Walkowiak, 2017). Auch kann praktisches Arbeiten trotz starker Leistungsunterschiede alle Schüler:innen motivieren (von Öhsen & Schecker, 2015).
Infolgedessen sollten auch in inklusiven Klassen Schüler:innen experimentieren. In einer offenen Befragung haben wir die Einstellungen der Lehrkräfte zu Schüler:innenexperimenten in inklusiven Lerngruppen erhoben.

Perspektive von Lehrkräften

Der Erfolg inklusiven Unterrichts hängt maßgeblich vom Engagement der Lehrkräfte ab und somit sind deren Sichtweisen äußerst relevant.
Um die Perspektiven der Lehrkräfte auf den Einsatz von Schüler:innenexperimenten im inklusiven Physikunterricht zu erfahren, wurde innerhalb des Projektes eine qualitative Befragung unter hessischen Lehrkräften durchgeführt (N = 62). In der Befragung konnten die Lehrer:innen in offenen Freitextantworten angeben, welche Bedenken und Gewinne sie für

offene oder angeleitete Schüler:innenexperimente in inklusiven Lerngruppen sehen. Insgesamt wurden 623 Aussagen der Lehrkräfte gesammelt. Aus diesen wurden elf Kategorien induktiv abgeleitet und kommunikativ validiert. In einem anschließenden Rating wurden von drei Rater:innen alle Aussagen den elf Kategorien zugeordnet (Fleiss‘ Kappa = 0.76, „substantial agreement“ nach Landis & Koch, 1977).
Ein zentrales Ergebnis der Befragung war zum einen, dass über ein Drittel der befragten Lehrkräfte, die in einer inklusiven Klassen tätig sind, keine Erfahrung mit Schüler:innenexperimenten im inklusiven Physikunterricht haben. Zum anderen äußerten die Lehrkräfte mehr Gewinne als Bedenken in der Befragung. Sie scheinen demnach Schüler:innenexperimenten im inklusiven Unterricht eher positiv gegenüber zu stehen. Zudem bewerteten Lehrkräfte unterschiedliche Experimentierformen (in der Befragung: offene oder angeleitete Experimente) verschieden.
Um Lehrpersonen die Gestaltung von Experimentierphasen im Physikunterricht zu erleichtern, wurde ein Konzept für inklusive Schüler:innenexperimente entwickelt. Dieses vereint unterschiedliche Experimentierformen zu einem gemeinsamen Kontext.

Ein Konzept für inklusive Schüler:innenexperimentierphasen

Für die Gestaltung inklusiver Schüler:innenexperimentierphasen haben wir innerhalb des Projektes ein Konzept, bestehend aus Instruktions-, Experimentier- und Plenumsphase, entwickelt.
Ausgangspunkt des Konzeptes ist ein Kontext, der besonders (van Vorst et al., 2013) und für alle Lernenden relevant ist (Stinken-Rösner et al., 2020). Dieser wird in einer lehrkraftzentrierten Instruktionsphase zunächst beispielsweise durch ein Demonstrationsexperiment eingeführt und naturwissenschaftliche Fragestellungen daraus abgeleitet.



Abb. 1: Konzept

Zu diesem Kontext gibt es fünf experimentelle Zugänge (Abb. 1). Diese Zugänge repräsentieren verschiedene Experimentierformen, die zum Teil digital sind (Sührig et al., 2020). Im Rahmen des Konzeptes können die Schüler:innen im Anschluss an die Instruktionsphase während der Experimentierphase selbstständig ihre Zugänge wählen. Dabei ist zu beachten, dass mindestens zwei Zugänge bearbeitet werden, um eine nicht zu einseitige Annäherung an den Kontext zu gewährleisten. So können die Schüler:innen trotz der

fachlichen Rahmung individuelle Lernwege vollziehen. Durch die verschiedenen Zugänge soll die Experimentierphase stärker an Lernvoraussetzungen und Bedürfnisse unterschiedlicher Schüler:innen angepasst sein.
In der anschließenden Plenumsphase werden die Ergebnisse aus der Experimentierphase zu einem „großen Ganzen“ zusammengebracht, um die naturwissenschaftlichen Fragestellungen vom Anfang zu beantworten.
Die Lernenden sollen innerhalb des Konzeptes naturwissenschaftlichen Fragestellungen zu einem Kontext handlungsorientiert nachgehen und Antworten auf diese finden. Dabei soll durch den spannenden und für alle Lernenden relevanten Kontext ihr Interesse an physikalischen Sachverhalten gesteigert werden sowie durch die verschiedenen Zugänge und die Schaffung von Möglichkeiten der Kollaboration die Partizipation aller erhöht werden.

Eine Unterrichtseinheit auf Basis des Konzeptes
Das Konzept haben wir für den Kontext „Sichtbarkeit und Unsichtbarkeit“ (geometrische Optik) in Form einer Unterrichtseinheit ausgestaltet, die zwei Doppelstunden umfasst. Dabei geht es um das Phänomen, dass Aquakugeln (für Schnittblumen) unsichtbar werden, wenn man sie mit Wasser übergießt. Da Wasser und Aquakugeln den gleichen Brechungsindex aufweisen, findet keine Lichtbrechung oder Reflexion mehr statt, sodass diese unsichtbar erscheinen.
In fünf experimentellen Zugängen soll der Kontext (s.o.) von den Schüler:innen selbst erkundet werden. Dafür untersuchen sie die Lichtbrechung in einem GeoGebra-Modell einer Aquakugel (vgl. Erb & Teichrew, 2020), lassen ein Reagenzglas scheinbar verschwinden, stellen transparenten Schleim her, bestimmen das Material eines Stabes in einem interaktiven Experimentiervideo (vgl. Glatz et al., 2020) oder erforschen die Aquakugeln unter einer selbstgewählten Fragestellung.
Die Unterrichtseinheit wurde zunächst mit Studierenden im Praktikum pilotiert. Die Studierenden (N = 6) haben alle fünf Experimentierformen durchgeführt und anschließend wurden sie in leitfadengestützten Interviews dazu befragt. Auf Basis der Rückmeldungen wurde die Unterrichtseinheit weiterentwickelt.

Ausblick
Die Unterrichtseinheit befindet sich momentan in der 2. Pilotierungsphase mit zwei 8. Klassen (N = 53) eines Gymnasiums. Um den Erfolg dieser feststellen zu können, wird vor und nach der Unterrichtseinheit das Fachwissen der Schüler:innen zu Lichtbrechung (Weber et al., 2017), ihre soziale Integration (Venetz et al., 2014), ihre intrinsische Motivation (Wilde et al., 2009) und ihre Selbstwirksamkeit beim Experimentieren (Körner & Ihringer, 2016) gemessen. Darüber hinaus werden leitfadengestützte Interviews mit den Schüler:innen geführt, um Hinweise für die Weiterentwicklung der Einheit für die 3. Pilotierungsphase Ende November 2020 zu erhalten.
Konzept und Einheit sollen 2021 in einer Blended-Learning Lehrkräftefortbildung vermittelt werden.

Literatur

Baumann, T., Kieserling, M., Struckholt, S., & Melle, I. (2018). Verbrennungen—Eine Unterrichtseinheit für inklusiven Unterricht. *CHEMKON*, *25*(4), 160–170. https://doi.org/10.1002/ckon.201800016

Baumann, T., Zimmermann, F., & Melle, I. (2016). Redoxreaktionen: Eine Unterrichtseinheit für inklusive Lerngruppen. *PdN Chemie in der Schule*, *65*(7), 41–45.

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.

Di Fuccia, D.-S. (2007). *Schülerexperimente als Instrument der Leistungsbeurteilung*. Zugl.: Dortmund, Univ., Diss.

Erb, R., & Teichrew, A. (2020). Geometrische Optik mit GeoGebra. *NiU Physik*, *31*(175), 24–28.

Glatz, L. C., Erb, R., & Teichrew, A. (2020). Überzeugungskraft digitalisierter Experimente zum Teilchenmodell. In S. Habig (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Wien 2019* (S. 70–73). Universität Duisburg-Essen.

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.

Landis, J. R., & Koch, G. G. (1977). The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. *Biometrics*, *33*(1), 159. https://doi.org/10.2307/2529310

Nehring, A., & Walkowiak, M. (2017). Eine inklusive Lernumgebung ist nicht genug: Fachspezifik, Theoretisierung und inklusive Unterrichtsentwicklung in den Naturwissenschaftsdidaktiken. *Zeitschrift für Inklusion*, *0*(0). https://www.inklusion-online.net/index.php/inklusion-online/article/view/450

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.*

Sührig, L., Hartig, K., Erb, R., Horz, H., Teichrew, A., Ullrich, M., & Winkelmann, J. (2020). Schülerexperimente im inklusiven Physikunterricht. *PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*.

Tesch, M. (2005). *Das Experiment im Physikunterricht. Didaktische Konzepte und Ergebnisse einer Videostudie*. Logos Verlag.

van Vorst, H., Fechner, S., & Sumfleth, E. (2013). Kontextmerkmale und ihr Einfluss auf das Schülerinteresse im Fach Chemie. In S. Bernholt (Hrsg.), *Inquiry-based Learning – Forschendes Lernen* (S. 311–313). IPN.

Venetz, M., Zurbriggen, C., & Eckhart, M. (2014). Entwicklung und erste Validierung einer Kurzversion des „Fragebogens zur Erfassung von Dimensionen der Integration von Schülern (FDI 4-6)" von Haeberlin, Moser, Bless und Klaghofer. *Empirische Sonderpädagogik*, *6*(2), 99–113.

von Öhsen, R., & Schecker, H. (2015). Inklusiver naturwissenschaftlicher Unterricht: Praxiserfahrungen an Bremer Schulen. In S. Bernholt (Hrsg.), *Heterogenität und Diversität—Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Bremen 2014* (Bd. 35, S. 585–587).

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 Brauns[1]
Simone Abels[1]

[1]Leuphana Universität Lüneburg

Kategoriensystem inklusiver naturwissenschaftlicher Unterricht (KinU)

Was ist inklusiver naturwissenschaftlicher Unterricht und wie lässt sich die Verbindung von naturwissenschaftlichem Unterricht und inklusiver Pädagogik darstellen? Diesen Fragen haben sich die Forschenden aus dem Netzwerk inklusiver naturwissenschaftlicher Unterricht (NinU) angenommen und die theoretische Konstruktion dieser Verbindung in einer Grafik dargestellt, die auf dem NinU Symposium der virtuellen GDCP vorgestellt wurde (Stinken-Rösner et al., 2020). Mittlerweile können die Knotenpunkte von naturwissenschaftlichem Unterricht und Inklusion in der theoretischen durch Forschungsergebnisse gefüllt werden, wie auch wir einen Teil mit konkreten Handlungshinweisen beisteuern. Im vom BMBF geförderten Projekt Nawi-In (Naturwissenschaftlichen Unterricht inklusiv gestalten), in dem wir die Kompetenzentwicklung von Studierenden für inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht beforschen, gehen wir unter anderem der Frage nach, was die spezifischen Charakteristika inklusiven naturwissenschaftlichen Unterrichts sind und können auf diese Weise die Leerstellen weitestgehend füllen (Brauns & Abels, 2020). Zur Beantwortung dieser Frage haben wir ein systematisches Literaturreview durchgeführt, um aus der Literatur Kategorien abzuleiten, die Handlungshinweise zur Umsetzung von Inklusion im naturwissenschaftlichen Unterricht geben. Auf diese Weise ist das KinU (Kategoriensystem inklusiver naturwissenschaftlicher Unterricht) entstanden.
Während der Literatursichtung ist uns aufgefallen, dass inklusiver naturwissenschaftlicher Unterricht häufig so formuliert ist, dass eine inklusive Umsetzung sich nicht spezifisch auf die Naturwissenschaften beziehen lässt, sondern allgemein auf verschiedene Fächer anwendbar ist. Daher haben wir beim Ableiten der Kategorien aus der Literatur zunächst nach etwas spezifisch Naturwissenschaftlichem gesucht und dann codiert, wie dieses inklusiv umzusetzen ist. Nach der OECD (2019) teilt sich das spezifisch Naturwissenschaftliche in drei Bereiche auf: Zum Fachwissen gehören z.B. naturwissenschaftliche Konzepte, Ideen und Theorien. Unter das Prozesswissen werden z.B. naturwissenschaftliche Untersuchungsmethoden, das Kontrollieren von Variablen und das Präsentieren von Daten gefasst. Als drittes wird das epistemische Wissen aufgeführt, wozu z.B. das Wissen über die Naturwissenschaften ähnlich wie bei „Nature of Science“ gehört. Im inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht soll den Schüler*innen an diesen naturwissenschaftlichen Charakteristika die Partizipation ermöglicht werden. Bei Partizipation geht es darum, allen Schüler*innen Zugänge zu ermöglichen und Diversität anzuerkennen, damit alle an sowohl individuellen, als auch an gemeinschaftlichen Lehr-Lernprozessen teilnehmen können (Black-Hawkins, 2010; Menthe et al., 2017). Mit der Verbindung von Naturwissenschaften und Inklusion orientieren wir uns am weiten Inklusionsbegriff, der alle Schüler*innen mit ihren individuellen Potenzialen einschließt. Wie genau (angehende) Lehrkräfte handeln können, um allen Schüler*innen Partizipation am naturwissenschaftlichen Unterricht zu ermöglichen, wird in dem KinU literaturbasiert aufgeführt (Brauns & Abels, 2020).

Das systematische Literaturreview

Für die Datenerhebung haben wir ein systematisches Literaturreview durchgeführt, um gezielt eine deutsch- und englischsprachige Stichprobe mit empirisch und theoretisch verfasster Literatur zum inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht zu erhalten (Brauns & Abels, 2020). Das komplexe Vorgehen mit insgesamt drei Suchstränge wird hier in zusammenfassender Form dargestellt. Ausgehend von der Forschungsfrage, was die

Charakteristika inklusiven naturwissenschaftlichen Unterrichts sind, wurde die Datensuche in insgesamt drei Datenbanken durchgeführt: ERIC, Scopus und FIS Bildung. Dabei wurden Suchbegriffe, angepasst an das Suchvorgehen der Datenbanken, verwendet, jeweils mit Kombinationen aus einer inklusiven, einer naturwissenschaftlichen und einer Bildungskomponente (z.B. „inklus* AND naturw* AND Unterricht“). Insgesamt haben wir durch dieses Suchvorgehen eine große Datenmenge an Treffern (n=13.010) bekommen, die anschließend in einem Screeningprozess selektiert wurde. Mit den Screening-Kriterien wurden Titel in der Stichprobe inkludiert, die auf Deutsch oder Englisch verfasst waren, sich auf den inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht bezogen haben und bis 2019 publiziert wurden. Nach Entfernen aller Duplikate und mehrfachen Überprüfens des Screenings wurden insgesamt n=297 Titel in der finalen Stichprobe aufgenommen. Diese Stichprobe besteht zu 46 % aus empirischen und 54 % aus theoretischen Titeln (Brauns & Abels, 2020). Zudem ist bei dem Verlauf der Publikationen über die Jahre ein starker Anstieg der Publikationen besonders in den letzten zehn Jahren zu erkennen. Zwischen den Zeiträumen 2005-2009 und 2010-2014 ist ein signifikanter Anstieg ($p < .05$) zu verzeichnen. Diese Entwicklung lässt auf Auswirkungen der UN- Behindertenrechtskonvention von 2006 schließen, die von Deutschland im Jahr 2009 unterzeichnet wurde. Die Naturwissenschaftsdidaktiken haben sich seitdem verstärkt dem Thema angenommen.

Induktive Kategorienbildung

Um aus der Literaturstichprobe Kategorien für das KinU abzuleiten sind wir induktiv mittels fokussierter Zusammenfassung vorgegangen (Kuckartz, 2016; Brauns & Abels, 2020). Dabei wurden die folgenden Schritte durchgeführt:

1. Markieren der Codings im Text
2. Ableiten von Paraphrasen aus den Codings
3. Clustern der Paraphrasen auf den vier Abstraktionsebenen des KinUs (s.u.)
4. Zusammenfassen der Cluster in Überschriften (→ Kategorien)
5. Umsortieren und Überarbeiten der Kategorien innerhalb des KinUs
6. Fertigstellung des KinUs

Je nachdem, ob ein Coding aus dem Ergebnis- oder Theorieteil einer Publikation entstammt, wurde die davon abgeleitete Paraphrase als empirisch oder theoretisch markiert (Tab. 1). Zudem wurden die Paraphrasen möglichst eng am Wortlaut des originalen Textes gebildet. Je nachdem wie konkret die Verbindung von Naturwissenschaften und Inklusion in der Literatur formuliert wurde, wurde die Paraphrase dementsprechend eine der vier Abstraktionsebenen des KinUs von der sehr konkreten Subcode- bis zur sehr allgemeinen Hauptkategorienebene zugeordnet. Die Paraphrase in Tabelle 1 wurde z.B. der Codeebene zugeordnet, weil hier die Frage offen bleibt, was für Wortspeicher eingesetzt werden können.

Tab. 1: Beispiel zur Erstellung des KinUs

Coding	Subcode	Code	Subkategorie	Haupt-kategorie
„Einbauen von unterstützenden Maßnahmen zur Fachsprache (z.B. […] Wortspeicher, […]“ (Pötter, 2017, S. 30)	**…durch Glossare** *(Affeldt et al., 2018, Schmitt-Sody & Kometz, 2014, Schmitt-Sody, 2014)*	**Entwicklung von Fachsprache mit Wortspeichern unterstützen** (Pötter, 2017) Als unterstützende Maßnahmen zur Fachsprache Wortspeicher einbauen (Pötter, 2017)	**Entwicklung von Fachsprache materialgeleitet unterstützen**	**Entwicklung von Fachsprache inklusiv vermitteln** (*Meskill & Oliveira, 2019,* Rau-Patschke, 2019, Knipping et al., 2017, Markic & Abels, 2013, Watt et al., 2013, *Puddu, 2017, Adesokan & Reiners, 2015, […]*)
	…durch Wortlisten (Rau-Patschke, 2019)			
	…durch Plakate (Abels, 2013)			
	…durch Fachvokabel-tabellen (Huber, 2017, Markic & Bruns, 2013)			
	…	…	…	

Legende: Coding und die abgeleitete Paraphrase, *Quellen empirischer Paraphrasen*

Auf den verschiedenen Ebenen wurden durch thematische ähnliche Inhalte Cluster der Paraphrasen gebildet, die dann mit Überschriften zu Kategorien zusammengefasst wurden. Der Subcode in Tabelle 1 steht als Beispiel dafür, dass Kategorien auch ohne Paraphrasen gebildet werden konnten. Wie in diesem Fall wurden die verschiedenen Codes zusammengefasst und haben zu der Subkategorie geführt. Jeder Schritt in dem Prozess zur Erstellung des KinUs wurde mehrfach von weiteren Personen überprüft und gemeinsam besprochen (Brauns & Abels, 2020). Zudem wurden Stichproben aus dem KinU in Forschungswerkstätten diskutiert. Dieser Überarbeitungsprozess hat immer wieder zu einer Optimierung des Vorgehens, der Erstellung der Kategorien sowie des KinUs an sich geführt.

Das KinU

Insgesamt hat das KinU n=935 Kategorien, die sich auf die Subcode- bis zur Hauptkategorienebene aufteilen (Brauns & Abels, 2020). Davon konnten wir n=16 Hauptkategorien aus der Literatur ableiten (Abb. 1). Das bedeutet, dass wir 16 naturwissenschaftliche Charakteristika in der Literatur gefunden haben, die nicht nur mit einer Forderung nach inklusiver Umsetzung verbunden sind, sondern aufgeschlüsselt bis auf die Subcodeebene konkrete Handlungshinweise geliefert werden.



Abb. 1: KinU – Kategoriensystem inklusiver naturwissenschaftlicher Unterricht (Brauns & Abels, 2020, S. 22, übersetzt)

Insgesamt zeigen die deskriptiven Statistiken des KinUs, dass 41 % aller Kategorien aus ausschließlich theoretischen Paraphrasen gebildet wurden (Brauns & Abels, 2020). Ein Blick auf die Verteilung der Paraphrasen zeigt, dass der Anteil theoretischer Paraphrasen an der Gesamtzahl der abgeleiteten Paraphrasen bei etwa 63 % liegt. Dieser Unterschied der Anteile verdeutlicht, dass sobald eine empirische Quelle aufgeführt werden kann, eine Kategorie als empirisch konnotiert wird. Der Ursprung der Kategorien zeigt allerdings den Bedarf der empirischen Überprüfung vieler Kategorien, die als theoretisch fundierte und/oder praxiserprobte Empfehlungen zu werten sind. Zudem sind in dem KinU Lücken zu erkennen, die ebenfalls durch zukünftige Forschung gefüllt werden sollten.

Zur empirischen Prüfung und Weiterentwicklung des KinUs wenden wir dieses im Nawi-In Projekt als Analyseinstrument an. Auf der einen Seite werden Unterrichtsvideos von Studierenden daraufhin analysiert, welche inklusiv naturwissenschaftlichen Charakteristika die Studierenden beim Unterrichten zeigen. Zudem wenden wir das KinU auf videostimulierte Eigen- und Fremdreflexionen zur Analyse der professionellen Unterrichtswahrnehmung (Seidel et al., 2011) der Studierenden an, um herauszufinden, welche inklusiv naturwissenschaftlichen Charakteristika sie in Unterrichtsvideos wahrnehmen. Damit deckt das KinU und seine Anwendung einen Teil unserer Forschung zur Kompetenzentwicklung der Lehramtsstudierenden bzgl. inklusiven naturwissenschaftlichen Unterrichts ab.

Literatur

Abels, S. (2013). Diversität und Heterogenität - eine theoretische und normative Verortung im Naturwissenschaftsunterricht. In S. Bernholt (Hg.), *Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. 33; Jahrestagung / Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. 2012. Inquiry-based Learning - Forschendes Lernen* (S. 383-385), Kiel: IPN.

Adesokan, A., & Reiners, C. S. (2015). Lehr- und Lernmaterialien zur Einführung naturwissenschaftlicher Arbeits- und Denkweisen bei Schülerinnen und Schülern mit Hörbeeinträchtigung. *Chemie Konkret*, *22*(4), 162-172.

Affeldt, F., Siol, A., Markic, S., & Eilks, I. (2018). Neue Ansätze zur Differenzierung im Schülerlabor: Paralleltitel: Differentiation in experimental work in non-formal learning environments. *Chemie Konkret*, *25*(7), 1-8.

Black-Hawkins, K. (2010). The Framework for Participation: a research tool for exploring the relationship between achievement and inclusion in schools. *International Journal of Research & Method in Education*, *33*(1), 21-40.

Brauns, S., & Abels, S. (2020). The Framework for Inclusive Science Education. *Inclusive Science Education, Working Paper No. 1/2020.* Leuphana University Lüneburg, Science Education.

Huber, M. (2017). Stoffeigenschaften und Zuckerverbrennung. Offene Bildungsressourcen für den inklusiven Unterricht. *Naturwissenschaften Im Unterricht. Chemie*, *28*(162), 40–43.

Knipping, C., Tolsdorf, Y., & Markic, S. (2017). Heterogene Schülervorstellungen und fachliche Vorstellungen fokussieren - Beiträge zur praxisnahen Lehramtsausbildung in der Chemie- und Mathematikdidaktik. In C. Selter, S. Hußmann, C. Hößle, C. Knipping, K. Lengnink, & J. Michaelis (Hg.), *Diagnose und Förderung heterogener Lerngruppen. Theorien, Konzepte und Beispiele aus der MINT-Lehrerbildung. 1. Auflage* (S. 191-212), Münster: Waxmann.

Kuckartz, U. (2016). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung* (Grundlagentexte Methoden, 3., überarbeitete Auflage).

Markic, S., & Abels, S. (2013). Die Fachsprache der Chemie. Ein gemeinsames Anliegen von heterogenen Klassen. *Naturwissenschaften im Unterricht. Chemie*, *24*(135), 10-14.

Markic, S., & Bruns, H. (2013). Stoffe erkunden. Materialien zum Umgang mit sprachlicher Heterogenität. *Naturwissenschaften im Unterricht. Chemie*, *24*(135), 20-25.

Menthe, J., Abels, S., Blumberg, E., Fromme, T., Marohn, A., Nehring, A., & Rott, L. (2017). Netzwerk inklusiver naturwissenschaftlicher Unterricht. In C. Maurer (Hg.), Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Zürich 2016 (S. 800–803). Universität Regensburg.

Meskill, Carla; Oliveira, Alandeom W. (2019): Meeting the Challenges of English Learners by Pairing Science and Language Educators. In: *Research in Science Education* 49 (4), 1025-1040.

OECD (2019). PISA 2018 assessment and analytical framework. Paris: OECD Publishing (PISA).

Pötter, M. (2017). Klimawandel verstehen. Individuell unterstützen beim naturwissenschaftlichen Arbeiten. *Naturwissenschaften Im Unterricht. Chemie*, *28*(162), 28-31.

Puddu, S. (2017). *Implementing inquiry-based learning in a diverse classroom. Investigating strategies of scaffolding and students' views of scientific inquiry*. *Studien zum Physik- und Chemielernen. 247*. Berlin: Logos Verlag.

Rau-Patschke, Sarah (2019). (Fach-)Sprachliche Unterstützungsmaßnahmen für inklusive Lerngruppen im Sachunterricht. In D. Pech, C. Schomaker und T. Simon (Hg.), Inklusion im Sachunterricht. Perspektiven der Forschung (S. 159-158). Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt (Forschungen zur Didaktik des Sachunterrichts, 10).

Schmitt-Sody, B. (2014). *NESSI-FÖSL. Konzeption und Evaluation eines Schülerlabors für Förderschüler aus chemiedidaktischer Perspektive*. Erlangen: Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (FAU).

Schmitt-Sody, B., & Kometz, A. (2014). NESSI-Transfer - Öffnung eines Schülerlabors für Förderschulen. In S. Bernholt (Hg.), *Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. 34; Jahrestagung / Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. 2013. Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht* (S. 61-63), Kiel: IPN.

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.

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.

Watt, S. J., Therrien, W. J., Kaldenberg, E., & Taylor, J. (2013). Promoting Inclusive Practices in Inquiry-Based Science Classrooms. *Teaching Exceptional Children*, *45*(4), 40-48.

Nicole Schrader[1] [1]Freie Universität Berlin
Claus Bolte[1]

(Un)Wissen und Risikowahrnehmung von Schülern zum Thema Radioaktivität

Theoretischer Hintergrund

Seit ihrer Entdeckung vor gut 120 Jahren durch *Becquerel* zieht die Radioaktivität aufgrund ihres faszinierenden Charakters und ihrer vielfältigen, oft nicht unumstrittenen, Anwendungen die Aufmerksamkeit der Wissenschaftsgemeinde wie auch die einer breiten Öffentlichkeit auf sich (Diehl 2003). Die Vorstellungsforschung zum Phänomen der Radioaktivität und der damit verbundenen Prozesse (Eijkelhof 1990; Millar 1994; Millar & Gill 1996; Schrader & Bolte 2018) zeigt jedoch, dass viele Schüler*innen zentrale Fachtermini und Begriffselemente, wie *Strahlung, radioaktives Material* und *Radioaktivität* oder auch *Bestrahlung* und *Kontamination* nicht fach- und sachgerecht verwenden oder verwenden können. Die Analysen der meist mündlichen durchgeführten Befragungen (Interviews) belegen, dass viele Schüler*innen Radioaktivität per se als schädlich für Lebewesen ansehen, was eine quasi ubiquitäre Angst vor nahezu jeder Art von Strahlung erklärt und dazu führt, dass jegliche Strahlenexposition als großes gesundheitliches Risiko wahrgenommen wird. Der Frage aber, inwieweit das (Un-)Wissen von Jugendlichen ihre Wahrnehmung der mit verschiedenen Anwendungen radioaktiver Stoffe und ionisierender Strahlung verbundenen Risiken beeinflusst, wurde nach unserem Kenntnisstand bisher noch nicht in systematischer Weise nachgegangen.

Fragestellung

Im Zentrum dieses Beitrags steht daher die Beantwortung der folgenden Forschungsfrage:

- Inwieweit beeinflusst das (Un-)Wissen von Schüler*innen über Radioaktivität und ionisierende Strahlung die Wahrnehmung der mit verschiedenen Anwendungen radioaktiver Stoffe und ionisierender Strahlung verbundenen Risiken?

Dabei verstehen wir unter Wissen das fachlich stimmige konzeptuelle Verständnis der Schüler*innen über zentrale Begriffe und Zusammenhänge aus dem Themenfeld Radioaktivität.

Methode

Zur Beantwortung unserer Forschungsfrage verwenden wir ein Befragungsinstrument bestehend aus vier verschiedenen kleinformatigen Testheft-Versionen. Der Forschungsfrage folgend enthalten die Testhefte jeweils Aufgaben zur systematischen Analyse des konzeptuellen Begriffsverständnisses und darüber hinaus Aufgaben zur Ermittlung der Risikowahrnehmung im Bereich der Radioaktivität (Schrader & Bolte 2018; 2019; 2020).

<u>Aufgaben zur systematischen Analyse des konzeptuellen Begriffsverständnisses</u>

Insgesamt haben wir acht in ihrer Struktur einander gleichende Aufgaben zur Analyse des konzeptuellen Begriffsverständnisses entwickelt, die jeweils auf verschiedene Anwendungen radioaktiver Stoffe und ionisierender Strahlung fokussieren (Schrader & Bolte 2018; 2020); nämlich:

[1] Lebensmittelbestrahlung,
[2] Röntgenuntersuchung,
[3] Szintigraphie
[4] Bodenbelastung,
[5] Papierdickenmessung,
[6] Füllstandsmessung,
[7] Leckortung
[8] Radiojodtherapie.

Demnach fokussieren vier der acht Aufgaben auf Bestrahlungsszenarien ([1], [2], [5] und [6]), während die übrigen vier Aufgaben Kontaminationsszenarien in den Blick nehmen ([3], [4],

[7], [8]). Jede Testheftversion enthält insgesamt fünf der acht konzipierten Aufgaben (vier Ankeraufgaben und eine weitere Aufgabe; systematisch verteilt auf die Testheftversionen).
Die Aufgaben beginnen jeweils mit einer kurzen, bebilderten Beschreibung an deren Ende die Schüler*innen aufgefordert werden, die nachstehenden neun Aussagen dahingehend zu beurteilen, ob sie diese für fachlich richtig oder falsch halten. Dabei lassen sich die neun Aussagen zu drei Aussagegruppen 1., 2. und 3. zusammenfassen. Die Aussagegruppen erfragen, ob das in der Anwendung betrachtete Objekt (*z.B. bestrahlte Erdbeeren (s. Aufgabe [1]*):
1. (a) viele, (b) wenige oder (c) keine radioaktiven Teilchen enthält,
2. (a) viel, (b), wenig oder (c) keine Strahlung enthält und
3. (a) stark, (b) schwach oder (c) nicht radioaktiv ist (Schrader & Bolte 2018; 2020).

Aufgaben zur Ermittlung der Risikowahrnehmung im Bereich der Radioaktivität
Bei der Entwicklung der Aufgaben zur Ermittlung der Risikowahrnehmung im Bereich Radioaktivität haben wir uns an dem wohl bedeutsamsten Ansatz der psychologischen Risikoforschung, dem sog. Psychometrischen Paradigma, orientiert (Slovic 1987; 2000; Fischhoff et al. 1978; Slovic, Fischhoff, Lichtenstein 1985). Die Probanden werden gebeten, verschiedene Risikosituationen (z.B. *Verzehr bestrahlter Lebensmittel*, *Wohnen in der Nähe eines Kernkraftwerks*) nach ihrem Risiko zu beurteilen (Schrader & Bolte 2019). Für die Einschätzung steht den Probanden hier eine zehnstufige, endpunktbenannte Ratingskala (1 = *überhaupt kein Risiko* bis 10 = *sehr hohes Risiko*) zur Verfügung

Zur Abschätzung des Effekts des konzeptuellen (Un-)Wissens von Jugendlichen auf deren Risikowahrnehmung, hatten wir ursprünglich geplant, die Stichprobe anhand des Kenntnisstands der Proband*innen in drei Gruppen zu teilen und die beiden Gruppen mit den extremsten Ausprägungen hinsichtlich ihrer Risikoeinschätzungen gegenüberzustellen. Dafür war zunächst festzulegen, wann eine Antwort der Jugendlichen als „richtig", d.h. konzeptuell stimmig und somit der wissenschaftlichen Sichtweise entsprechend, zu bewerten ist. Dieser Festlegung liegen folgende Überlegungen zugrunde:
- Etwas das oder jemand der *radioaktive Teilchen enthält*, gilt auch als *radioaktiv*, und umgekehrt, etwas das oder jemand der *keine radioaktiven Teilchen* enthält, gilt als *nicht radioaktiv*
- weder eine Person noch ein Objekt kann *Strahlung enthalten (im Sinne von „beinhalten")*

Für die hier betriebene Kompetenzanalyse ist die quantifizierende Unterscheidung zwischen viel/wenig bzw. stark/schwach nicht relevant.
Jede im Dreischritt „richtig" gelöste Aufgabe wurde mit einem Punkt kodiert; demzufolge konnten bei fünf zu lösenden Aufgaben maximal fünf Punkte erreicht werden.

Stichprobenbeschreibung
An der schriftlichen Befragung nahmen 598 Schüler*innen von insgesamt sieben Berliner Schulen (4 Gymnasien, 3 Integrierte Sekundarschule) der 10. Jahrgangsstufe teil. In die Analysen flossen die Daten von insgesamt 506 Schüler*innen ein.

Ergebnisse
Die Häufigkeitsanalysen zeigen, dass mehr als zwei Drittel (67,8%) der von uns befragten Jugendlichen (N=506) *keine* der fünf Aufgaben konsequent und umfassend wissenschaftlich korrekt beantwortet; und nur 2% der von uns befragten Jugendlichen hat mehr als zwei Aufgaben in Gänze wissenschaftlich korrekt beantwortet (o. Tab. bzw. o. Abb.).
Aufgrund des geringen Anteils wissenschaftlich korrekter Antworten, sahen wir uns gezwungen zugunsten der Teststärke eine Teilung der Stichprobe am Median vorzunehmen.
Im nachfolgenden Diagramm (Abb.1) sind die beiden so generierten Gruppen hinsichtlich ihrer Risikoeinschätzungen gegenübergestellt. Bereits auf den ersten Blick fällt auf, dass die

Jugendlichen, die keine Aufgabe wissenschaftlich korrekt beantwortet haben, die Risiken, die sie mit den ihnen vorgelegten Risikosituationen verbinden, im Mittel höher einschätzen als die Jugendlichen die mindestens eine Aufgabe gänzlich korrekt beantworteten. Statistisch signifikante Unterschiede zwischen den beiden unabhängigen Stichproben lassen sich allerdings nur bei den Einschätzungen der Risiken, die mit der Inkorporation von Radiopharmaka und dem Verzehr radioaktiv belasteter Lebensmittel verbunden sind, feststellen; der Mann-Whitney-U-Test zeigt jeweils hoch signifikante Ergebnisse ($p < 0,01$). Ein statistisch signifikanter Einfluss der Variable *Wissen* auf die Risikowahrnehmung lässt sich nur im Fall *Verzehr radioaktiv belasteter Lebensmittel* feststellen ($\beta = .15$, $p < .05$)

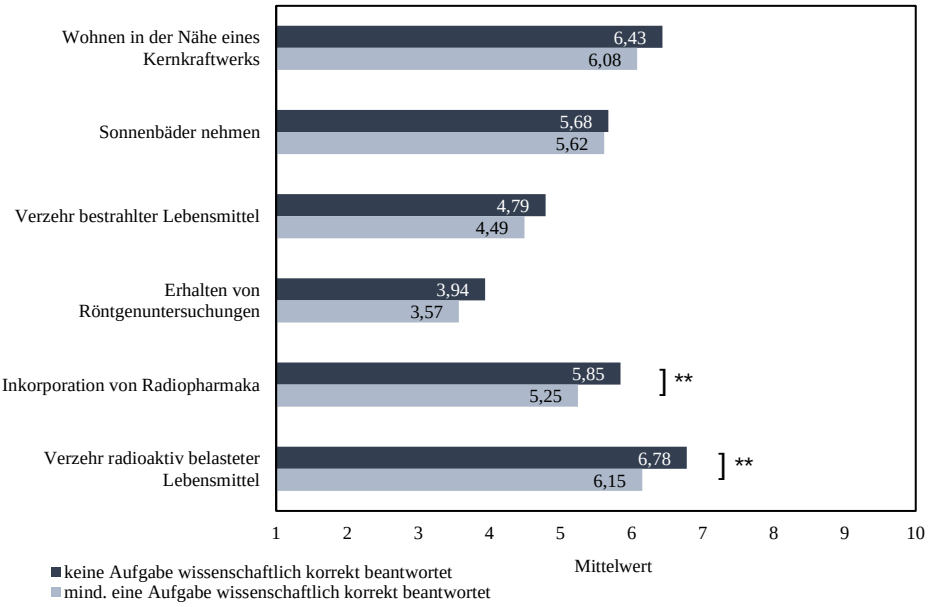


*Abb.1: Wahrnehmung und Beurteilung der Risiken differenziert nach konzeptuellem Verständnis der Schüler*innen (Antwortskala: 1 = überhaupt kein Risiko – 10 = sehr hohes Risiko, * p <0,01)*

Interpretation und Fazit

Das eigens entwickelte Befragungsinstrument hat sich u.E. als geeignet erwiesen, um Zusammenhänge bzgl. der konzeptuellen Kompetenz von Schüler*innen, die Begriffe *Strahlung, radioaktives Material* und *Radioaktivität* in Kombination fachlich korrekt anzuwenden, systematisch zu untersuchen. Der hohe Anteil der Jugendlichen, der leider keine der Aufgaben der wissenschaftlichen Sichtweise entsprechend beantwortet hat, macht deutlich, dass die Jugendlichen die Begriffe eben nicht fach- und sachgerecht sowie konzeptuell angemessen anwenden (können). Insbesondere die fachlich inkorrekte Formulierung „etwas enthält Strahlung“ wird von der Mehrheit der Jugendlichen als fachlich korrekt angenommen. Damit bestätigen unsere Ergebnisse Befunde vorangegangener Studien, die allerdings kleinere Stichproben meist mittels qualitativer Methoden untersucht haben (s.o.).

Ferner zeigen die Ergebnisse unserer Hauptstudie, dass sich Jugendliche, die (zumindest scheinbar) über ein (etwas) besseres Verständnis verfügen, von denen, die keine Aufgabe gänzlich korrekt bearbeiteten, hinsichtlich ihrer Risikoeinschätzungen, in bestimmten Fällen

signifikant und in anderen zumindest in ihrer Tendenz, unterscheiden. Dabei geht ein geringeres Verständnis mit einer größeren Risikowahrnehmung einher.

Literatur

Boyes, E. & Stanisstreet, M. (1994): Children's Ideas about Radioactivity and Radiation: sources, mode of travel, uses and dangers. Research in Science and Technological Education, 12 (2), 145-160

Diehl, J. F. (2003): Radioaktivität in Lebensmitteln. Weinheim: Wiley

Eijkelhof, H. M. C. (1990): Radiation and Risk in Physics Education. Utrecht: CDBeta Press.

Fischhoff, B., Slovic, P., Lichtenstein, S., Read, S. & Combs, B. (1978): How safe is safe enough? A psychometric study of attitudes towards technological risks and benefits. In: Policy Sciences, 9, 127-152

Millar, R. (1994): School students' understanding of key ideas about radioactivity and ionizing radiation. In: Public Understanding of Science, 3, 53-70.

Millar, R. & Gill, J.S. (1996): School students' understanding of processes involving radioactive substances and ionizing radiation. In: Physics Education, 31 (1), 27-33

Schrader, N., & Bolte, C. F. (2018): Vorstellungen vom Unsichtbaren – Schülervorstellungen zum Thema Radioaktivität und ionisierende Strahlung. In: Maurer, C. (Hrsg.): Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht- normative und empirische Dimensionen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung in Regensburg 2017, Band 38, 780-783 (https://www.gdcp.de/images/tagungsbaende/GDCP_Band38.pdf , Zugriff: 27.07.2018 - 12:00 Uhr)

Schrader, N., & Bolte, C. F. (2019): Todsicher oder sicher tot? Risikowahrnehmung von Schüler*innen im Themenfeld der Radioaktivität. In: Maurer, C. (Hrsg.): Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Band 39, 780-783 (https://www.gdcp.de/images/tagungsbaende/GDCP_Band39.pdf, Zugriff: 21.10.2020 - 13:02 Uhr)

Schrader, N., & Bolte, C. F. (2020): Schülervorstellungen im Bereich der Radioaktivität. In: Habig, S. (Hrsg.): Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Band 40, 491-494 (https://www.gdcp-ev.de/wp-content/tagungsbaende/GDCP_Band40.pdf, Zugriff: 21.10.2020 - 13:10 Uhr)

Slovic, P. (1987): Perception of risk. In: Science, 236, 280-285

Slovic, P. (2000): The Perception of Risk. London: Earthscan

Slovic, P., Fischhoff, B. & Lichtenstein, S. (1985): Characterizing perceived risk. In: Kates, R.W., Hohenemser, C. & Kasperson, J.X. (Hrsg.): Perilous progress: Managing the hazards of technology. Boulder, CO: Westview, 91-125

Sascha Schanze[1]
Sarah Hundertmark[1]
Julian Heeg[1]

[1]Leibniz Universität Hannover

Merkmale für eine erfolgreiche kollaborative Konzeptentwicklung

Konzeptuelles Lernen in den naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächern bedeutet, auf bereits bestehenden Vorstellungen der Lernenden aufzubauen. Um die individuelle und konzeptionelle Entwicklung zu unterstützen, sollten Lernenden die Möglichkeit haben, sich ihrer Vorstellungen bewusst zu werden und diese weiterzuentwickeln (Land & Zembal-Saul, 2003). Kollaborative Lehr-Lernformen erscheinen hierfür erfolgsversprechend. Dieser Beitrag beschreibt literaturgeleitet sieben wesentliche Merkmale für eine erfolgreiche Integration kollaborativer Lehr-Lernformen mit dem Ziel der Konzeptentwicklung in die Unterrichtspraxis (Heeg, Hundertmark & Schanze, 2020). Er stellt dann die Peer-Interaction-Methode als eine konkrete instruktional unterstützte Umsetzung dieser Merkmale vor, dessen Potenzial für eine Konzeptentwicklung in einer in Heeg et al. (2020) vorgestellten Studie mit 136 Lernenden der 8. und 9. Klassenstufe aufgezeigt wurde.

Konzeptentwicklung und kollaboratives Lernen

Lernen fassen wir als Aufbau von Konzepten auf. Diese entwickeln sich erfahrungsbasiert und sind daher immer individuell (z.B. Taber, 2019). Konzeptverständnis äußert sich in einer sozio-konstruktivistischen Position über Lernendenvorstellungen in verschiedenen Kodierungsformen (z.B. Text oder Bild). Eine Beurteilung von Lernendenvorstellungen verbleibt immer interpretativ. Sie lassen sich aber umso besser beschreiben, je mehr Möglichkeit den Lernenden zur Äußerung gegeben werden. Lernendenvorstellungen können immer in Bezug auf ein Referenzrahmen beurteilt werden. So können sie als (in)adäquat in Bezug auf ein allgemein anerkanntes fachwissenschaftlichen Referenzrahmen beurteilt werden. Es gibt damit aber keine *absolut* adäquaten Vorstellungen (s.a. Dannemann, 2015).
Wir beschreiben in Anlehnung an Dillenbourg (1999) oder Hathorn & Ingram (2002) Kollaboration als eine Zusammenarbeit mit dem Ziel, eines möglichst gemeinsamen Erkenntnisfortschritts zu einem Sachverhalt. Oft werden Gruppenarbeiten im schulischen Unterricht schon allein durch einen erhöhten aktiven Anteil eines jeden Lernenden begründet, als es in einem lehrerzentrierten Unterricht überhaupt möglich ist. Dennoch sind Gruppenarbeitsphasen per se nicht erfolgreich. Es gibt daher eine Tradition von Lernszenarien, die individuelle und Gruppenarbeitsphasen strukturiert und teilweise durch konkrete Instruktionen begleitet miteinander kombinieren: Think-Pair-Share beschreibt z.B. zunächst eine Sozialform, die genauso spontan und kurzweilig wie auch strukturiert (z.B. als Think-Pair-Write-Share) eingesetzt werden kann (s.a. Lyman, 1981). Das Gruppenpuzzle lässt sowohl kollaborative als auch kooperative Phasen zu (z.B. Aronson, 1978) und das Team-Based Learning (z.B. Michaelsen & Sweet, 2011) setzt sehr strategisch Sozialformen ein, um konzeptuelles und auch prozedurales Wissen zu aktivieren. Die Peer-Interaction-Methode (z.B. Schanze & Busse, 2015) basiert auf einer Think-Pair-Share Strategie, wobei aber zur Unterstützung der Äußerung von Konzepten in einem geschützten (sanktionsfreien Raum) die Peer-Situation möglichst lang aufrechterhalten wird.

Sieben Merkmale für eine erfolgreiche kollaborative Konzeptentwicklung

Im Folgenden werden die in Heeg et al. (2020) literaturgeleitet ausgeführten *seven essential features* kurz anhand von Kernaussagen aus Theorie- oder Forschungsbeiträgen illustriert:

1. Sich der eigenen Vorstellungen bewusst werden: Nach Van Boxtel et al. (2000) ist ein Individueller Reflexionsprozess des eigenen Verständnisses eine Grundvoraussetzung für einen gemeinsamen Austausch. Gerade weil Konzepte sich individuell entwickeln ist es wichtig für den Lernprozess, dass diese aktiviert werden. Nur so haben die Lernenden die Möglichkeit, sie in der Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand und auch in Gruppenarbeits-Diskussionen für die Tauglichkeit zu prüfen.

2. Externalisieren individueller Ideen: Der Prozess des Austausches des individuellen Konzeptverständnisses aber auch der individuellen Reflexion nach Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand wird unterstützt, wenn den Lernemden Gelegenheiten gegeben werden diese darzulegen und einer Überprüfung auszusetzen (Donovan et al., 1999; Linn, 2000). Hierfür sind verschiedene Kodierungsformen (Text, Bild, Cocept-Map etc.) hilfreich; oft genügen Texte nicht für eine adäquate Darstellung oder decken unterschiedliche Externalisierungen gar Widersprüche auf.

3. Initiierung vergleichbarer Situationsmodelle: Das Konzeptverständnis ist abhängig vom Kontext der Auseinandersetzung (Boujaoude, 1991 oder Taber, 2000). Aufgrund unterschiedlicher Vorerfahrungen ist es daher denkbar, dass Lernende Konzepte vermeintlich unterschiedlich oder nicht vergleichbar repräsentiert haben. Für eine Reduktion der Missverständnisse in der Kommunikation ist es hilfreich einen gemeinsamen Gesprächsgegenstand zu wählen, der bei den Lernenden ein vergleichbares Situationsmodell schafft. Im Unterricht kann das ein Experiment oder ein lebensweltlicher Kontext sein.

*4. Sicherstellen einer aktiven Beteiligung aller Gruppenteilnehmer*innen:* Nach Webb (1989) oder Lehtinen et al. (1999) beeinflusst allein schon die Wahrnehmung der Bedeutung des eigenen Beitrags zum Gruppenziel die Zusammenarbeit. Unabhängig von der individuellen Leistungsfähigkeit der Teilnehmer*innen ist es erforderlich, dass allen Lernenden Raum dafür gelassen wird, sich vergleichbar einbringen zu können (Van Boxtel et al., 2000). Das Wahrnehmen der Verantwortung für einen gemeinsamen Wissensfortschritt ist eine der wesentlichen Grundcharakteristika erfolgreichen kollaborativen Lernens.

5. Jedem Lernenden Gelegenheit bieten, über das konzeptionelle Verständnis der anderen nachzudenken: Konvergenz spielt bei der Zusammenarbeit eine entscheidende Rolle (Roschelle, 1992, 1996; Roschelle & Teasley, 1995). Wie die eigene Beteiligung (s. 4) ist auch die Wahrnehmung der Beiträge der anderen von Bedeutung.

6. Integration von Entscheidungsprozessen: Die Verschiedenheit von Positionen stellt in der Gruppenarbeit eine Herausforderung dar. Hier ist es denkbar, dass sich plausible Erklärungen für eine Lösung schnell durchsetzen. Dennoch zeichnen sich erfolgreiche diskursive Prozesse insbesondere dadurch aus, dass alternative Lösungsansätze - und die bieten sich oft durch die individuellen Lernervorstellungen - diskutiert und begründet abgelehnt werden (Repice et al., 2016); nur so ist individuelle Konzeptentwicklung überhaupt möglich. Dieser Prozess verlangt den Lernenden zusätzliche kognitive Anstrengungen ab, wird aber selten in Gruppenarbeits-Phasen explizit gefördert.

7. Möglichkeiten für die Lehrkraft zur Begleitung der Lernprozesse: Die Vorstellungen der Lernenden sind Ausgangspunkt für die Planung und Begleitung von Unterricht und haben einen erheblichen Einfluss auf weitere Lernprozesse (Driver et al., 1994; Treagust, 2006). Für die Lehrkraft ist es erforderlich die Gruppenarbeitsprozesse zu erfassen, adäquat zu begleiten und gegebenenfalls ergänzende Angebote zu geben.

Peer Interaction als Methode für eine erfolgreiche kollaborative Konzeptentwicklung

Die Peer-Interaction-Methode basiert auf einem Set von Aufgaben die durch konkrete Instruktion durch zwei Phasen (individuell, kollaborativ) geleitet werden (Abb.1). Die Aufgaben adressieren Basiskonzepte der Chemie bzw. Teilkonzepte. Sie bestehen aus einem einleitenden Informations-Teil, der ein einheitliches Situationsmodell bei den Lernenden aktivieren soll. Hier wird in der Regel ein Phänomen beschrieben und zusätzlich per Bild oder im elektronischen Format auch durch ein Video illustriert (I). Es folgen dann Aufgaben zu diesem Phänomen (II), die Externalisierungen in unterschiedlichen Kodierungsformen (immer auch zeichnerische Darstellungen, III) ermöglichen und dem Phänomen unterliegende Konzepte der Lernenden aktivieren sollen. Geschlossene Aufgaben (z.B. Multiple Select) weisen geläufige Lernendenvorstellungen auf. Die Aufgabe wird durch konkrete Instruktionen zur Zusammenarbeit angeleitet (IV). Die in Abb. 1 eingefügten Zahlen von 1-6 zeigen auf, mit welchen Elementen die Peer-Interaction Methode die entsprechenden Merkmale zur kollaborativen Konzeptentwicklung umsetzen.

Auch für Merkmal 7 hält die PIM eine Unterstützung bereit: Eine Referenzlösung zeigt vielfältige Lösungsdarstellungen als Beispiele guter Praxis auf. Nach der GA-Phase können die Lernenden einen Vergleich mit den eigenen Lösungen vornehmen und in dieser Reflexionsphase konkrete Gesprächsanlässe identifizieren, auf die die Lehrkraft gezielt eingehen kann. Für die Phase der Zusammenarbeit gibt es ein explizites Skript, der eine Gleichwertigkeit der Zusammenarbeit ermöglichen soll.

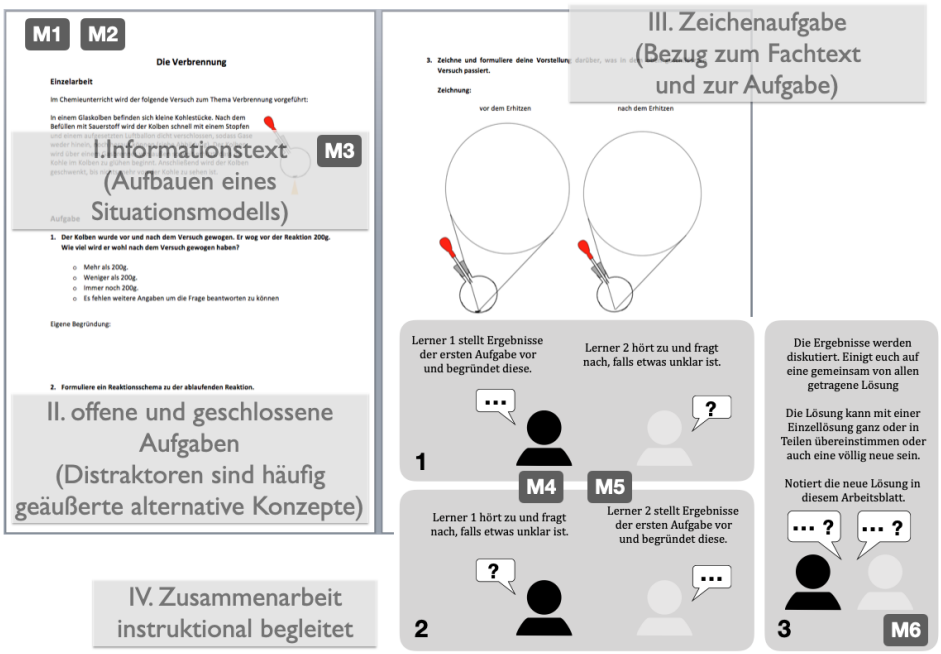


Abb. 1: Struktur und Instruktionen einer PIM-Aufgabe

Literatur

Aronson, E. (1978). The jigsaw classroom, Sage.

Boujaoude, S. B. (1991). A study of the nature of students' understandings about the concept of burning, J. Res. Sci. Teach., 28, 689–704.

Dannemann, S. (2015). Schülervorstellungen zur visuellen Wahrnehmung - Entwicklung und Evaluation eines Diagnoseinstruments. Didaktisches Zentrum der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg.

Dillenbourg P., (1999). What do you mean by collaborative learning? in Dillenbourg P. (ed.), Collaborative Learning: Cognitive and Computational Approaches (Advances in learning and instruction series), Pergamon, 1–19.

Donovan, M. S., Bransford, J., & Pellegrino, J. W. (1999). How people learn: Bridging research and practice, Washington, D.C.: National Academy Press.

Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Scott, P., & Mortimer, E. (1994). Constructing Scientific Knowledge in the Classroom, Educ. Res., 23, 5–12.

Hathorn L. G. and Ingram A. L., (2002). Cooperation and Collaboration Using Computer-Mediated Communication, J. Educ. Comput. Res., 26, 325–347.

Land, S. M., & Zembal-Saul, C. (2003). Scaffolding reflection and articulation of scientific explanations in a data-rich, project-based learning environment: An investigation of progress portfolio, Educ. Tech. Res. Develop., 51, 65–84.

Lehtinen, E., Hakkarainen, K., Lipponen, L., Rahikainen, M., & Muukkonen, H. (1999). Computer supported collaborative learning: A review, The JHGI Giesbers reports on education, 10.

Linn, M. C. (2000). Designing the Knowledge Integration Environment, Int. J. Sci. Educ., 22, 781–796.

Lyman, F. (1981). The Responsive Classroom Discussion. In Anderson A. S. (ed.), Mainstreaming Digest , College Park, MD: University of Maryland College of Education, 109-113.

Michaelsen, L. K., & Sweet, M. (2011). Team-Based Learning. New Directions Teach. Learn., 128, 41–51.

Repice, M. d., Keith Sawyer, R., Hogrebe, M. C., Brown, P. L., Luesse, S. B., Gealy, D. J., & Frey, R. F. (2016). Talking through the problems: a study of discourse in peer-led small groups, Chem. Educ. Res. Pract., 17, 555–568.

Roschelle, J. (1992). Learning by Collaborating: Convergent Conceptual Change, J. Learn. Sci., 2, 235–276.

Roschelle, J. (1996). Learning by collaborating: Convergent conceptual change, in Koschmann T. (ed.), Computers, cognition, and work. CSCL: Theory and practice of an emerging paradigm, Hillsdale, NJ, US: Lawrence Erlbaum Associates, Inc, 209–248.

Roschelle, J., & Teasley, S. D. (1995). The Construction of Shared Knowledge in Collaborative Problem Solving, in O'Malley C. (ed.), NATO ASI Series, Series F: Vol. 128. Computer Supported Collaborative Learning, Berlin, Heidelberg: Springer, Vol. 13, 69–97.

Schanze, S., & Busse, M. (2015) Peer-Interaction: Förderung des Konzeptverständnisses durch ein kollaboratives Aufgabenformat, Unt. Chem., 149, 26–34.

Taber, K. S. (2000). Multiple frameworks?: Evidence of manifold conceptions in individual cognitive structure. Int. J. Sci. Educ., 22, 399–417.

Taber, K. S. (2019). Alternative Conceptions and the Learning of Chemistry. Israel J. Chem., 59, 450–469.

Treagust, D. F. (2006). Diagnostic assessment in science as a means to improving teaching, learning and retention, in Proceedings of The Australian Conference on Science and Mathematics Education (formerly UniServe Science Conference), 1-9.

Van Boxtel, C., van der Linden, J., & Kanselaar, G. (2000). Collaborative learning tasks and the elaboration of conceptual knowledge, Learn. Instr., 10, 311–330.

Webb, N. M. (1989). Peer interaction and learning in small groups, Int. J. Educ. Res., 13, 21–39.

Dennis Dietz[1]
Pauline Hickmann[1]
Joscha Lenze[1]
Claus Bolte[1]

[1]Freie Universität Berlin

Analyse der Vernetzung von Begriffselementen im Basiskonzept Energie

Theoretischer Hintergrund

Sowohl den Überlegungen zur konstruktivistischen Lerntheorie (u.a. Mandl, 2006) als auch den Leitgedanken zum kumulativen Lernen (u.a. Harms & Bünder, 1999) ist zu entnehmen, dass der Wissenserwerb besonders gut gelingt und erworbenes Wissen umso besser genutzt werden kann, wenn neu erworbenes Wissen in bereits vorhandene Wissensstrukturen integriert und möglichst facettenreich vernetzt wird (Streller et al., 2019). Schon die enttäuschenden Ergebnisse in der ersten TIMS-Studie (1997) wurden u.a. damit erklärt, dass Schüler*innen in Deutschland das, was sie lernen oder lernen sollen, sowohl zu wenig vertikal, also fachintern (Baumert & Lehmann, 1997, S. 146), als auch nicht genügend horizontal, also fächerübergreifend, vernetzen (BLK, 1997, S. 41). Als ein möglicher Lösungsansatz wurde von Expert*innen vorgeschlagen, dass die Unterrichtsplanung und die Initiierung von Lernprozessen stärker an Basiskonzepten zu orientieren seien (Demuth et al., 2005). Folglich wurden zentrale fachimmanente Basiskonzepte zunächst in den Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss (KMK, 2005a,b,c) und dann in den Rahmenlehrplänen der Länder verankert (z.B. SenBJF Berlin, 2017a,b,c). In den Rahmenplänen der Berliner Senatsverwaltung spielt das Basiskonzept Energie in allen drei naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächern eine zentrale Rolle; es eignet sich u. E. daher in besonderem Maße für eine Untersuchung der Qualität des vernetzten Lernens und zur Beantwortung der folgenden Forschungsfrage: In welcher Weise und in welchem Maße weist die Analyse von Schüleräußerungen zum Basiskonzept Energie vertikale und horizontale Vernetzungsstrukturen auf?

Design und Methode

Um diese Forschungsfrage zu beantworten, haben wir ein Analyseinstrument konzipiert, in welchem die Schüler*innen die Aufgabe bekommen, ein Essay zum Thema Energie zu verfassen. Zur Unterstützung erhalten sie dazu eine Liste mit 26 Begriffselementen zum Basiskonzept Energie (Dietz & Bolte, 2019). Um diese Liste zusammenzustellen, haben wir zunächst die Begriffsnennungen identifiziert, die in den Berliner Rahmenlehrplänen der drei naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächer der Doppeljahrgangsstufe 7/8 zum Thema Energie aufgeführt sind (SenBJF Berlin, 2017a,b,c). Im Anschluss daran haben wir diese Zusammenstellung, die ursprünglich 108 Begriffselemente umfasste, 107 Lehrer*innen mit mindestens einem naturwissenschaftlichen Unterrichtsfach vorgelegt und darum gebeten, die i. E. für ihr jeweiliges Fach besonders wichtigen Begriffselemente zu benennen. Aus dem daraus resultierenden Ranking ließen sich die von den Kolleg*innen für ihr jeweiliges Fach besonders relevanten Begriffselemente identifizieren. In die Liste, die den Schüler*innen vorgelegt wird, wurden zunächst die Begriffselemente aufgenommen, die in mindestens zwei naturwissenschaftlichen Rahmenlehrplänen oder gar in allen dreien ausgewiesen sind (SenBJF Berlin, 2017a,b,c). Ergänzt wird diese Auswahl durch die „Top 5 der fachspezifischen Begriffselemente“, das sind die Begriffselemente, die von den Kolleg*innen als besonders wichtig für die Unterrichtsfächer Biologie, Chemie und Physik herausgestellt wurden.

Zur Analyse der Essays greifen wir auf die Methode der inhaltlich-strukturierenden qualitativen Inhaltsanalyse unter Verwendung einer Kombination von inhaltlichen und skalierenden Kategorien zurück (Mayring, 2015). Um das Vernetzungsniveau in den Essays akkurat einschätzen zu können, basiert unser eigens entwickeltes Analyseraster auf dem Modell der vertikalen Vernetzung von Fischer, Glemnitz, Kauertz und Sumfleth (2007). Je nach Vernetzungsniveau wird zunächst unterschieden, ob es sich bei einer Aussage um einen Fakt, mehrere Fakten, einen Zusammenhang, unverbundene oder verbundene Zusammenhänge handelt. Darüber hinaus erhält jede von uns identifizierte Sinneinheit drei weitere Kodierungen (Abb. 1): Zunächst wird festgestellt, ob die Aussage überhaupt einen Bezug zum Basiskonzept Energie besitzt. Zudem wird jede Aussage dahingehend überprüft, ob sie einem oder mehreren Unterrichtsfächern zugeordnet werden kann. Hierfür wird abgeglichen, in welchem bzw. in welchen naturwissenschaftlichen Rahmenlehrplänen die verwendeten Begriffselemente zu finden sind. Mit der vierten Kodierung wird die fachliche Richtigkeit der Aussage beurteilt. Im Zuge dessen wird zwischen „explizit richtigen", „implizit richtigen" und „falschen" Sinneinheiten (Schüleräußerungen) unterschieden.

Vernetzungsniveau	Energiebezug	Fachbezug	fachliche Richtigkeit
• Fakt • mehrere Fakten • Zusammenhang • unverbundene Zusammenhänge • verbundene Zusammenhänge	• ohne Energiebezug • mit Energiebezug	• Biologie • Chemie • Physik • Biologie/Chemie • Biologie/Physik • Chemie/Physik • Biologie/Chemie/Physik	• explizit richtig • implizit richtig • falsch

*Abb. 1: Vierdimensionales Raster zur Analyse der Vernetzungsqualität in Äußerungen von Schüler*innen bzgl. des Basiskonzepts Energie*

Zur Überprüfung der Qualität unseres Analyserasters und des von uns entwickelten Kodierleitfadens und um ggfs. deren Güte optimieren zu können, bestimmen wir Interrater-Reliabilitäten nach Cohens Kappa (Landis & Koch, 1977; Altman, 1991).

Ergebnisse

Anfang des Schuljahres 2019/20 haben wir 239 Schüler*innen des 9. Jahrgangs von zwei Gymnasien befragt. Um unerwünschte unterrichtsfachbezogene Assoziationsketten zu vermeiden, wurden die Schüler*innen in einer Deutschstunde gebeten, ihre Essays zu schreiben. Die Interrater-Reliabilitäten für das skizzierte Analyseverfahren sind in Abb. 2 dargestellt:

Dimension	κ_n
Vernetzungsniveau	0.41
Energiebezug	0.71
Fachbezug	0.95
Richtigkeit	0.66

Vernetzungsniveau	κ_n
Fakt	0.41
Mehrere Fakten	0.55
Zusammenhang	0.45
Unverbundene Zusammenhänge	0.25
Verbundene Zusammenhänge	0.41

Abb. 2: Interrater-Reliabilitäten für den entwickelten Kodierleitfaden

Insbesondere hinsichtlich des Fachbezugs konnten sehr gute Übereinstimmungen ermittelt werden. Auch hinsichtlich des Energiebezugs und der Einschätzung der fachbezogenen Richtigkeit wurden gute Übereinstimmungen festgestellt. In Bezug auf das Vernetzungsniveau konnten noch moderate Übereinstimmungen identifiziert werden. Ein Blick auf die

Übereinstimmung hinsichtlich der einzelnen Vernetzungsniveaus offenbart jedoch weitere Optimierungspotenziale - vor allem bei der Bestimmung unverbundener Zusammenhänge (Sinneinheiten).
Dem Analyseverfahren folgend waren durchschnittlich 11,6 Sinneinheiten pro Essay zu identifizieren. Alle fünf Kategorien der ersten Analysedimension waren dabei, wenngleich nicht gleichrangig, zu besetzen (Abb. 3).

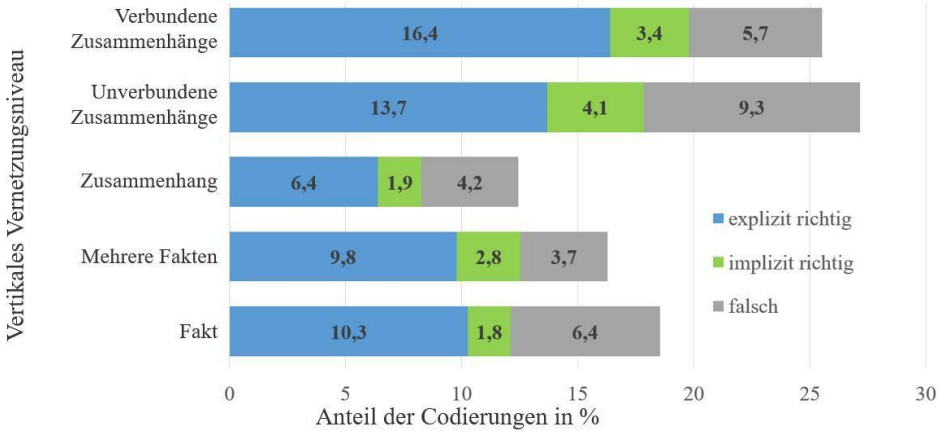


Abb. 3: Kumulierte prozentuale Verteilung der Sinneinheiten mit Bezug zum Basiskonzept Energie (N = 2249) – differenziert nach den fünf verschiedenen vertikalen Vernetzungsniveaus unter Berücksichtigung der Beurteilung der fachlichen Richtigkeit

Die Ergebnisse zeigen, dass das Analyseverfahren geeignet ist, die Verteilung der von den Schüler*innen genannten Fachbezüge zu identifizieren (ohne Abb.). Während auf dem Ein-Fakt-Niveau vor allem Begriffselemente genannt werden, die sich im Berliner Physik-Rahmenlehrplan befinden (z.B. Energieerhaltung), verweisen die Schüler*innen auf dem höchsten Vernetzungsniveau (dem verbundene-Zusammenhänge-Niveau) vermehrt auf die Themen Ernährung und Fotosynthese; kausal verbinden sie also mehr begrifflich stimmige Zusammenhänge, die im Berliner Biologie-Rahmenlehrplan zu finden sind.

Diskussion und Ausblick

Das hier vorgestellte Analyseinstrument ist u. E. für die Analyse der Vernetzung von Begriffselementen im Basiskonzept Energie geeignet. Durch weitere Maßnahmen, beispielsweise durch gezieltes Training der Codierer*innen (Göhner & Krell, 2020), ließen sich vor allem hinsichtlich der gegenwärtig "lediglich" moderaten Interrater-Reliabilitäten in Zukunft sicherlich bessere Ergebnisse erzielen. Zurzeit arbeiten wir daran, das Analyseraster um Dimensionen horizontaler Vernetzungen zu erweitern. In diesem Zusammenhang interessieren uns insbesondere die Fragen, inwiefern Schüler*innen Begriffselemente fach- oder gar fächerübergreifend vernetzen und (und das ist uns ein besonderes Erkenntnisanliegen) ob bzw. inwiefern ein naturwissenschaftlich-integrierter Unterrichtsansatz in der Doppeljahrgangsstufe 7/8 zu qualitativ besseren Vernetzungsleistungen auf Seiten der Schüler*innen führt als dies der – weithin üblichen – Praxis des fächerdifferenzierten Unterrichts bescheinigt werden kann. Um dieser Frage nachzugehen, haben wir bereits zu Beginn des Schuljahres 2020/21 Essays von 142 Schüler*innen aus einem Berliner Gymnasium erhalten, in dem dieser für ein Berliner Gymnasium innovativer Unterrichtsansatz seit dem Schuljahr 2017/18 praktiziert wird. Wir freuen uns darauf, (erste) Ergebnisse aus diesen Analysen im Zuge der kommenden GDCP-Jahrestagung vorzustellen.

Literatur

Altman, D. G. (1991). *Practical Statistics for Medical Research.* Chapman & Hall/CRC Texts in Statistical Science, Taylor & Francis Ltd.

Baumert, J., & Lehmann, R. (1997). *TIMSS – Mathematisch-naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich.* Opladen: Leske + Budrich.

BLK-Projektgruppe Innovation im Bildungswesen (1997). Expertise „Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts", Materialien zur Bildungsplanung und Forschungsförderung, Heft 60, Bonn.

Demuth, R., Ralle, B., & Parchmann, I. (2005). Basiskonzepte – eine Herausforderung an den Chemieunterricht. *Chemkon, 12, Nr.2*, 55-60.

Dietz, D., & Bolte, C. (2019). *Befragungsinstrument zur Analyse der Vernetzung von Begriffselementen im Basiskonzept Energie.* Unveröffentlicht.

Fischer, H. E., Glemnitz, I., Kauertz, A., & Sumfleth, E. (2007). Auf Wissen aufbauen – Kumulatives Lernen in Chemie und Physik. In E. Kircher, R. Girwidz, & P. Häusler (Hrsg.), *Physikdidaktik – Theorie und Praxis* (S.657-678). Berlin, Heidelberg: Springer.

Göhner, M., & Krell, M. (2020). Qualitative Inhaltsanalyse in naturwissenschaftsdidaktischer Forschung unter Berücksichtigung von Gütekriterien: Ein Review. *ZfDN*. doi: 10.1007/s40573-020-00111-0

Harms, U., & Bünder, W. (1999). Zuwachs von Kompetenz erfahrbar machen: Kumulatives Lernen. Verfügbar unter https://www.schulportal-thueringen.de/get-data/26634e9f-e013-4747-bb69-04cb3c03d937/modul5.pdf

Kultusministerkonferenz (KMK) (2005a). *Bildungsstandards im Fach Biologie für den mittleren Schulabschluss.* Luchterhand, München.

Kultusministerkonferenz (KMK) (2005b). *Bildungsstandards im Fach Chemie für den mittleren Schulabschluss.* Luchterhand, München.

Kultusministerkonferenz (KMK) (2005c). *Bildungsstandards im Fach Physik für den mittleren Schulabschluss.* Luchterhand, München.

Landis, J. R., & Koch, G. G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics, 33(1)*, 159-174.

Mandl, H. (2006). Wissensaufbau aktiv gestalten. *SCHÜLER*, 28-30.

Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken.* Weinheim, Basel: Beltz.

Neumann, K., Fischer, H. E., & Sumfleth, E. (2008). Vertikale Vernetzung und kumulatives Lernen im Chemie- und Physikunterricht. In E.-M. Lankes (Hrsg.), *Pädagogische Professionalität als Gegenstand empirischer Forschung* (S. 141 –151). Münster: Waxmann.

Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Familie Berlin (2017a). Rahmenlehrplan Teil C Biologie, Jahrgangsstufen 7-10. Verfügbar unter https://bildungsserver.berlin-brandenburg.de/fileadmin/bbb/unterricht/rahmenlehrplaene/Rahmenlehrplanprojekt/amtliche_Fassung/Teil_C_Biologie_2015_11_10_WEB.pdf.

Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Familie Berlin (2017b). Rahmenlehrplan Teil C Chemie, Jahrgangsstufen 7-10. Verfügbar unter https://bildungsserver.berlin-brandenburg.de/fileadmin/bbb/unterricht/rahmenlehrplaene/Rahmenlehrplanprojekt/amtliche_Fassung/Teil_C_Chemie_2015_11_10_WEB.pdf

Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Familie Berlin (2017c). Rahmenlehrplan Teil C Physik, Jahrgangsstufen 7-10. Verfügbar unter https://bildungsserver.berlin-brandenburg.de/fileadmin/bbb/unterricht/rahmenlehrplaene/Rahmenlehrplanprojekt/amtliche_Fassung/Teil_C_Physik_2015_11_16_web.pdf

Streller, S., Bolte, C., Dietz, D., & Noto La Diega, R. (2019). *Chemiedidaktik an Fallbeispielen – Anregungen für die Unterrichtspraxis*. Springer-Spektrum. doi: 10.1007/978-3-662-58645-7

Johann, Seibert[1]
Franziska, Perels[1]
Johannes, Huwer[2]
Christopher W. M. Kay[1]

[1]Universität des Saarlandes
[2]Universität Konstanz

Förderung des Selbstregulierten Lernens mit digitalen Medien

Selbstreguliertes Lernen beim Forschenden Lernen und Experimentieren

Neben der Digitalisierung stellt auch die Diversität von Schüler*innen eine Herausforderung für den Unterricht dar, die zugleich auch mit der Chance verbunden ist, allen Schüler*innen individualisiertes Lernen zu ermöglichen. Allerdings sind weitere Maßnahmen notwendig, um die Individualisierung zu fördern und gleichzeitig den Lernerfolg sicherzustellen. Dazu zählt vor allem die Förderung fächerübergreifender Kompetenzen sowie die Einbindung von außerschulischen Lernorten. Die Selbstregulation wird vom PISA Konsortium zu diesen Kompetenzen gezählt und befähigt Schüler*innen dazu, ihre Lernprozesse eigenständig zu planen, überwachen und optimieren. Im Rahmen des Forschenden Experimentierens im Chemieunterricht bzw. im Schülerlabor erleben Schüler*innen wissenschaftliches Arbeiten, indem sie Experimente zu alltagsbezogenen Fragestellungen planen, durchführen und erklären. Der Problemlöseprozess der einzelnen Stufen des Experimentierens wird mit digitalen Medien auf vielfältige Weise unterstützt, um somit einen möglichst hohen Grad der Individualisierung zu ermöglichen. Die Selbstregulation der Schüler*innen beeinflusst den Lernerfolg beim Experimentieren in digital angereicherten Lehr-Lernsituationen, beispielsweise durch interaktive Experimentalanleitungen, Erklärvideos oder Augmented Reality. Das forschende Experimentieren stellt insgesamt durch die Planung, Durchführung, Auswertung und Interpretation von Experimenten durch seine Komplexität hohe Ansprüche an die Lernenden. Als Konsequenzen der hohen Beanspruchung können in Abhängigkeit der Selbstregulation Überforderung und Demotivation der Schüler*innen resultieren. Selbstregulation stellt also zweifellos als fächerübergreifende Kompetenz und wichtiger Einflussfaktor auf die akademische Leistung von Lernenden einen wichtigen Faktor dar, welche Schüler*innen zum lebenslangen Lernen befähigt und sie für ihre berufliche Zukunft ausstattet (PISA, 2001). Allgemein wird Selbstregulation als Konstrukt verstanden, das sich auf von Schüler*innen erzeugte Gedanken, Gefühle und Handlungen bezieht, die wiederum geplant und cyclisch an die Erreichung persönlicher Ziele angepasst werden (Zimmermann, 2000). Das bedeutet, dass sich Selbstregulation nicht auf eine einmalig erlernbare Fähigkeit bezieht, sondern eine Handlungskompetenz darstellt, welche auf den reflektierten Einsatz von passenden Strategien in der jeweiligen Lernsituation abzielt und die motivationale und metakognitive Regulation der Lernenden einschließt (PISA, 2001: 271, 296). Modelle zur Selbstregulation lassen sich generell in prozessbezogene Modelle und Komponentenmodelle unterscheiden. Während bei Erstgenannten der Prozesscharakter und der cyclische Ablauf der Selbstregulationsprozesse hervorgehoben werden, liegt der Fokus bei Komponentenmodellen auf den Ebenen, auf die sich Selbstregulationsprozesse beziehen. Frühe prozessbezogene Modelle beinhalten lediglich den Abgleich eines aktuellen Zustands mit einem wünschenswerten Soll-Zustand, wobei der resultierende Regulationsprozess bei einer Abweichung der beiden Zustände der Selbstregulation entspricht (Landmann, Perels, Otto & Schmitz, 2015), wohingegen die der Selbstregulation zugrunde liegenden Prozesse in späteren Modellen in mehrere Phasen unterteilt werden. Für das Experimentieren im

Chemieunterricht und im Schülerlabor können in diesem Kontext digitale Lernsettings entwickelt werden, um das Experimentieren der Schüler*innen mithilfe eines Lernwerkzeugs bzw. eines Lernbegleiters anzureichern. Wie empirische Untersuchungen gezeigt haben, wirkt sich eine hohe Selbstregulation der Lernenden positiv auf das Lernen im Kontext einer „technologiebasierten Lernumgebung“ aus (Perels & Dörrenbacher, 2018: 6). Bei der Betrachtung der Phasen der Selbstregulation und der beim Experimentieren im Rahmen des deduktiven, naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinns ablaufenden Prozesse, fällt auch diesbezüglich eine gewisse Kompatibilität auf. So ist der erste Schritt bei der Konfrontation mit einem zu lösenden Problem eine Regulation durch Planung der Ziele und Analyse der Aufgabe vor der eigentlichen Aufnahme der Handlung. Dieser Prozess geht auch beim Experimentieren der Ausführung des Experiments voran (Sommer et al., 2018: 72). Hierbei entwickeln Lernende zunächst eine Fragestellung auf Basis ihres Vorwissens und nutzen dieses Wissen zur Formulierung von überprüfbaren Hypothesen, als Grundlage der Planung des Experiments. Nach der Planungsphase erfolgt die Umsetzung der theoretischen Überlegungen sowie der zuvor geplanten Strategien innerhalb der Handlungsphase der Selbstregulation, welche wiederum äquivalent beim Prozess des Experimentierens durch die eigentliche Durchführung realisiert werden. Beim Experimentieren wird eine Dokumentation der Beobachtung oder die Erhebung der Daten vorgenommen, während die Selbstbeobachtung bei der Selbstregulation eine Rolle spielt. Auf beiden Ebenen ist eine Aufrechterhaltung der aktuellen Motivation ausschlaggebend für den Erfolg der Handlungsrealisierung. Postaktional wird auf der Selbstregulationsebene eine Reflexion der Handlungsausführung durch einen Abgleich der erhaltenen Ergebnisse der Handlung mit den zuvor festgelegten Zielen und der affektiven Bewertung der Ausführung und den Resultaten der Handlung durchlaufen. Betrachtet man den naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinn bezüglich des Experimentierens, so erfolgt auch dort nach der Handlungsphase eine Reflexion in Form der Analyse und Interpretation der erhobenen Daten oder der dokumentierten Ergebnisse und eventuell eine Fehlerdiskussion. Anschließend werden daraus Ergebnisse abgeleitet, welche zur Falsifizierung oder Verifizierung der Hypothesen dienen und mit der Theorie verknüpft werden (ebd.: 74). Nach Abschluss des Experimentierens wird durch eine Reflexion generelle Experimentalprobleme identifiziert, neue Hypothesen formuliert und das aus den Experimenten abgeleitete und abstrahierte Wissen in das Vorwissen der Lernenden bzw. den aktuellen Forschungsstand integriert. Selbstverständlich werden die Phasen der Selbstregulation und des Experimentierens bei mehreren Versuchen zur Untersuchung eines Themas mehrmals durchlaufen, allerdings auch auf einer Metaebene, welche ein Résumé des gesamten Prozesses zulassen, wie beispielsweise das Ableiten allgemeingültiger Schlussfolgerungen oder Erkenntnisse bezüglich des eigenen Lernens sowie die Identifikation von häufigen Ablenkungen oder des eigenen Lerntyps.

Digitale Lehr-Lernsettings zur Förderung des Selbstregulierten Lernens für den Chemieunterricht

Digitale Medien können im Chemieunterricht vielseitig im Sinne des Lernens mit Medien eingesetzt und nach ihrer Funktion in drei Hauptkategorien eingeteilt werden, um einen didaktischen Mehrwert digitaler Lehr-Lernsettings für das Unterrichten zu definieren (Huwer & Seibert, 2017). Hierzu zählen Lernwerkzeuge, Lernbegleiter und Experimentalwerkzeuge. Als *Lernwerkzeug* reichern digitale Medien das Lernen in speziellen Unterrichtssituation an, wodurch besonders kognitive und motivationale

Lernprozesse gefördert werden sollen. Typische Vertreter hierbei sind selbst- oder fremderstellte Erklärvideos sowie Augmented Reality, mit dem Ziel der Initiierung sowie Aufrechterhaltung kognitiver Prozesse. Der Einsatz von Schüler*innen selbsterstellte Erklärvideos, sog. EXPlainistry, kann das Selbstregulierte Lernen fördern. Hierbei schlüpfen die Schüler*innen selbst in die Rolle des Erklärenden, sodass durch die Methode des „Lernen durch Erklären“ ein höheres Autonomieerleben ausgelöst werden kann (Seibert, Huwer & Kay, 2019). Diese sehr schüler*innenzentrierte Methode und deren vorstrukturierten Planungs-, Durchführungs- und Reflexionsphase, kann zur Förderung entsprechender Selbstregulationsprozesse bei Schüler*innen beitragen.
Ein weiteres Lernwerkzeug stellt der Einsatz von Augmented Reality Lehr-Lernszenarien dar. Durch die fachliche, pädagogische, fach- und mediendidaktische Handlungsempfehlung zur Konzeption einer AR-Lehr-Lerneinheit für den Chemieunterricht haben Seibert et al. (2020) mit dem deAR-Modell eine theoretische Grundlage geliefert. Auf Grundlage dieses Modells können entsprechende mit AR angereicherte Lernsituationen konzipiert werden, um fachliche, fachdidaktische und pädagogische Aspekte gleichermaßen im Chemieunterricht zu fördern, u.a. die Selbstregulation. Diese Förderung kann auf unterschiedliche Arten erfolgen. Beim Forschenden Experimentieren beispielsweise können augmentierte Arbeitsblätter dazu eingesetzt werden, um differenzierende Hilfestellungen bzw. Zusatzaufgaben den Schülern „on demand“ zu präsentieren (Seibert et al., 2019). Zudem bietet Augmented Reality durch die Möglichkeit der Visualisierung „nicht-beobachtbarer“ Prozesse, wie zum Beispiel das Öffnen eines Lithium-Ionen-Akkus (Seibert et al., 2020). Durch die zugehörige impulsgebende Aufgabenstellung können die Schüler*innen die Bestandteile auf makrokopischer, symbolischer und submikroskopischer Ebene selbstreguliert erkunden und erlernen.
Eine zweite didaktische Funktion stellt der Lernbegleiter dar. Dieser reichert den naturwissenschaftlichen Unterricht über einen längeren Zeitraum an, und wirkt über die jeweiligen Fächergrenzen und die Grenzen des Chemiesaals hinaus. Multitouch Learning Books (MLB) und Multitouch Experiment Instructions (MEI), als Vertreter dieser Kategorie, sind interaktive, multimediale eBooks, welche den Lernprozess an unterschiedlichen Lernorten digital begleiten und unterstützen (Seibert et al., 2020; Probst, Seibert & Huwer, 2020). Diese können einerseits das Selbstregulierte Lernen indirekt (durch das Medium direkt verursacht) und andererseits direkt (durch ein integriertes Selbstregulationstraining) fördern. In verschiedenen Studien konnte gezeigt werden, dass der Einsatz einer Multitouch Experiment Instruction das Selbstregulierte Lernen unter Berücksichtigung digitaler Gestaltungsregeln fördern kann (Seibert et al., 2020). Zudem konnte gezeigt werden, dass durch die Inklusion eines Selbstregulationstrainings in eine bestehende MEI die Selbstregulation von Schüler*innen steigt (Seibert et al., 2020).

Fazit

Digitale Medien können im Chemieunterricht und beim Lernen im Schülerlabor in ihren verschiedenen didaktischen Funktionen vielfältig eingesetzt werden. Diese Bereicherung kann u.a. durch die Förderung des Selbstregulierte Lernen gezeigt werden, wodurch ein deutlicher Mehrwert dieser digitalen Unterstützung des unterrichtlichen Einsatzes gewährleistet werden kann. Insgesamt ist allerdings die Konzeption der eigentlichen Lehr-Lernsituation ausschlaggebend für den entsprechenden Mehrwert des digitalen Mediums und bedarf reflektierender didaktischer Konzeption.

Literatur

Deutsches PISA-Konsortium. (2001). PISA 2000: Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich. Leske + Budrich: Opladen. 271- 297.

Landmann, M., Perels, F., Otto, B., Schnick-Vollmer, K. & Schmitz, B. (2015). Selbstregulation und selbstreguliertes Lernen. In E. Wild & J. Möller (Hrsg.), Pädagogische Psychologie, 45–65. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. https: //doi.org/10.1007/978-3-642-41291-2_3.

Huwer, J., Bock, A., & Seibert, J. (2018).The School Book 4.0: The Multitouch Learning Book as a Learning Companion. American Journal of Educational Research, 6(6), 763-772. doi:10.12691/education-6-6-27

Perels, F. & Dörrenbächer, L. (2018). Selbstreguliertes Lernen und (technologie- basierte) Bildungsmedien. In H. Niegemann & A. Weinberger (Hrsg), Lernen mit Bildungstechnologien. Springer Verlag.

Probst C., Seibert J. & Huwer, J. (2020). Naturwissenschaftsdidaktik und Inklusion. Computer und Unterricht. Heft 117.

Seibert, J., Ollinger, F., Huwer, J., Perels, F., Kay, C.W.M. (2020). Promotion of self-regulation with the help of a Multitouch Experiment Instruction for water analysis in the context of ESD. International Journal of Physics and Chemistry Education. (angenommen)

Seibert, J., Heuser, K., Huwer, J., Perels, F. & Kay, C.W.M. (2020). Multitouch Experiment Instructions to promote self-regulation in inquiry-based learning Schülerlabors. Journal of Chemical Education. (Eingereicht).

Seibert J., Schmoll, I., Kay, C.W.M., Huwer, J. (2020). Promoting ESD by a Digital Learning Companion. Journal of Chemical Education. (Accepted)

Seibert J., Marquardt, M., Gebhard, M., Kay, C.W.M., Huwer, J. (2020). Augmented Reality zur Visualisierung der Teilchenebene am Beispiel des Li-Ion Akkus. Naturwissenschaften im Unterricht. Heft 119/120.

Seibert J., Lauer L., Marquardt M., Peschel, M. & Kay, C. (2020). deAR: didaktisch eingebettete Augmented Reality. Tagungsbeitrag ZuS-Tagung: "Bildung, Schule und Digitalisierung“. Köln. (Angenommen)

Seibert, J., Luxenburger-Becker, H., Marquardt, M., Lang, V., Perels, F., Kay, C.M.W., Huwer, J. (2019). Multitouch Experiment Instructions for a Better Learning Outcome in Chemistry Education, World Journal of Chemical Education.

Seibert, J., Marquardt, M., Pinkle, S., Carbon, A., Lang, V., Perels, F., Kay, C.M.W., Huwer, J. (2019). Linking Learning Tools, Learning Companion and Experimental Tools in a Multitouch Learning Book, World Journal of Chemical Education.

Seibert, J., Huwer, J. & Kay, C. W. M. (2019) - EXPlainistry - Documentation, explanation and visualization of chemical experiments supported by ICT in schools. Journal of Chemical Education. DOI: 10.1021/acs.jchemed.8b00819

Sommer, K.,Wambach-Laicher,J.&Pfeifer,P(Hrsg.).(2018).KonkreteFachdidaktik Chemie: Grundlagen für das Lernen und Lehren im Chemieunterricht. 1. Auflage. Aulis: München.

Zimmerman, B. J. (2000). Attaining Self-Regulation - A social cognitive perspective. In: Handbook of Self-Regulation. Academic Press. 13-39.

Nils Fitting[1] [1]Universität Kaiserslautern
Gabriele Hornung[2] [2]Universität Kaiserslautern
Lars Czubatinski[2] [3]Studienseminar Kaiserslautern

Individualisiertes Lernen: Digitale Arbeitsblätter (HyperDocs) im Chemieunterricht

Motivation und Ausgangslage

Heterogene Schulklassen sind in der Regel in allen Schulformen und Jahrgangsstufen anzutreffen. Gleichzeitig bietet die zunehmende Digitalisierung im Bildungswesen vielfältige Möglichkeiten, um Informationen bedarfsgerecht anzubieten und zu präsentieren. Insbesondere Jugendliche nutzen immer früher, länger und öfter digitale Medien (Feierabend, Rathgeb & Reutter, 2020). Dabei beschränkt sich die Nutzung nicht mehr nur auf Kommunikationsmedien. Auch Erklärvideos und andere digitale Bildungsangebote finden vermehrt Anklang (ebd.). Die Fachdidaktik der TU Kaiserslautern entwickelt daher eine Webanwendung, die den Einsatz digitaler Arbeitsblätter (*HyperDocs*) ermöglicht. Dabei werden analoge Arbeitsblätter nicht 1:1 digitalisiert, sondern können über multimediale Zugänge z.B. mit digitalen Hilfekärtchen, Zusatzinformationen oder Vertiefungsaufgaben erweitert werden, wodurch binnendifferenzierte Unterrichtsmaterialien entstehen (Hornung, Fitting & Hemm, 2018). In einer ersten Pilotierung wurden *HyperDocs* in einer mehrstündigen Unterrichtsreihe im Regelunterricht des Fachs Chemie erprobt und empirisch begleitet.

Digitale Arbeitsblätter (HyperDocs)

Der Begriff *HyperDoc* setzt sich aus den Begriffen *Hyperlink* und *Document* zusammen. Das Dokument bildet die Basis für das Medium. In diesem können dann z.B. Hilfekärtchen über Ankerpunkte, wie z.B. Icons oder unterstrichene Wörter, mit dem eigentlichen Arbeitsblatt verknüpft werden. Für Lehrkräfte steht ein kostenloser Zugang zu *HyperDocSystems* zur Verfügung, mithilfe dessen diese Arbeitsblätter erstellt und verwaltet werden können. *HyperDoc*s sind vollständig webbasiert. Die Schüler*innen bearbeiten die digitalen Arbeitsblätter in vordefinierten Textfeldern über die Tastatur oder einen Stylus direkt im Browser. Prinzipiell können diese Arbeitsblätter auf allen Endgeräten mit einem Internetbrowser geöffnet und bearbeitet werden. Die Hilfen und sonstige Zusatzinformationen öffnen sich am rechten bzw. oberen Rand des Bildschirms. Gleichzeit wird die Nutzung dieser Ergänzungsseiten im System protokolliert.

Theoretischer Hintergrund und Fragestellung

Neben den allgemeinen Vorteilen digitaler Medien (vielfältige multimediale Informationsdarstellung, Informationsdichte bei geringer Speichergröße, etc.), können diese auch ein motivationsförderndes und lernförderliches Potential besitzen (Hillmayr, Reinhold, Ziernwald & Reiss, 2017). Dabei nimmt jedoch die Motivation mit zunehmender Einsatzdauer ab (ebd.). Auch in anderen Lernsettings haben sich Vorteile beim Lernen mit digitalen Medien gezeigt (z.B. Maynard & Cheyne, 2005). Dabei gilt das Interesse als Hauptindikator für die intrinsische Motivation. Nach der *cognitvie evaluation theory* gelten außerdem die wahrgenommene Kompetenz und die empfundene Wahlfreiheit/Autonomie als Einflussfaktoren auf die intrinsische Motivation. Auch der empfundene Druck und die erbrachte Anstrengung können diese beeinflussen (Ryan & Deci, 2000). Beim Einsatz digitaler Medien, insbesondere bei etwas komplexeren Programmen, sollte außerdem auf eine

leichte Bedienbarkeit geachtet werden. Entsprechende Effekte konnten in mehreren Studien in Hinblick auf die Lernwirksamkeit und Performanz belegt werden (Avouris, Dimitracopoulou, Daskalaki & Tselios, 2001; Karapanos, Becker & Chrisophel, 2018). Nach einem Instrument von Lund (2001) kann die Usability in die Nützlichkeit, Einfachheit der Nutzung, Einfachheit des Erlernens der Nutzung und die Zufriedenheit unterschieden werden. Für die vorliegende Untersuchung wurden folgende Fragestellungen formuliert:

- Wie verändert sich die intrinsische Motivation der Schüler*innen über eine Einsatzdauer von vier Unterrichtsstunden?
- Wie bewerten Schüler*innen die Usability der digitalen Arbeitsblätter?
- Wie werden die Hilfen auf den digitalen Arbeitsblättern von den Schüler*innen wahrgenommen?

Untersuchungsdesign

Um die obenstehenden Forschungsfragen zu beantworten, werden die *HyperDocs* in vier aufeinanderfolgenden Chemiestunden eingesetzt. Dazu wurde eine zweistündige Unterrichtsreihe (Czubatinski, Hornung & Nieß, 2020) zum Thema „Farbstoffanalyse in einem Getränkesirup“ adaptiert, indem Hilfen und Vertiefungsaufgaben ergänzt sowie die Stundenstruktur leicht verändert wurden. Ziel der Veränderungen war es, die konventionell angelegten Stunden mit Hilfe der digitalen Medien in eine Sequenz des eigenverantwortlichen Lernens zu transformieren. Den Lernenden stehen zu jeder Aufgabe multimediale Hilfen (gesprochener Text, geschriebener Text, Bild und Video) zur Verfügung. Die verschiedenen Konstrukte zur Motivation und Hilfenutzung wurden nach jeder Stunde über einen Fragebogen, welcher am Ende der Stunde erhoben wurde, erfasst. Die Usability wurde nach der ersten und letzten Stunde ebenfalls schriftlich erhoben. Es wurde auf eine reguläre Stundenstruktur mit Einstieg, Erarbeitung und Sicherung zurückgegriffen.

An der Pilotierung haben bisher zwei 10. Klassen/Kurse ($n = 22$) einer integrierten Gesamtschule und ein Chemieleistungskurs ($n = 6$) eines Gymnasiums teilgenommen. Die Studie wurde unmittelbar vor den Sommerferien durchgeführt. Aufgrund der Corona-Pandemie fand der Unterricht im wöchentlichen Wechsel zwischen Homeschooling und Regelunterricht statt, wobei die Schüler*innen im Homeschooling keine Aufgaben im Fach Chemie bearbeiten mussten.

Ergebnisse

Für die Datenauswertung wurden nur Fälle berücksichtigt, die in der ersten und letzten Unterrichtsstunde anwesend waren sowie in mindestens einer weiteren Schulstunde. Es ergeben sich so für die Mittelstufe folgende Stichprobengrößen: 1. Stunde ($n = 17$), 2. Stunde ($n = 14$), 3. Stunde ($n = 16$), 4. Stunde ($n = 17$). Davon sind elf Schüler und sechs Schülerinnen. Das Alter beträgt durchschnittlich 15,94 Jahre.

Da die Voraussetzung der Normalverteilung nicht für alle Variablen gegeben war und die Stichprobengröße gering ist, wurde ein Wilcoxon-Test durchgeführt. Es ergaben sich so folgende signifikanten Unterschiede zwischen der ersten und vierten Unterrichtsstunde: Interesse ($p = .001$), wahrgenommene Kompetenz ($p = .001$), empfundener Druck ($p = 0.001$). Für die Abnahme des Interesses ($r = .78$), der wahrgenommenen Kompetenz ($r = .79$) und des empfundenen Drucks ($r = .79$) ergeben sich starke Effekte. Der Verlauf der Variablen über die vier Unterrichtsstunden kann Abb. 1 entnommen werden.

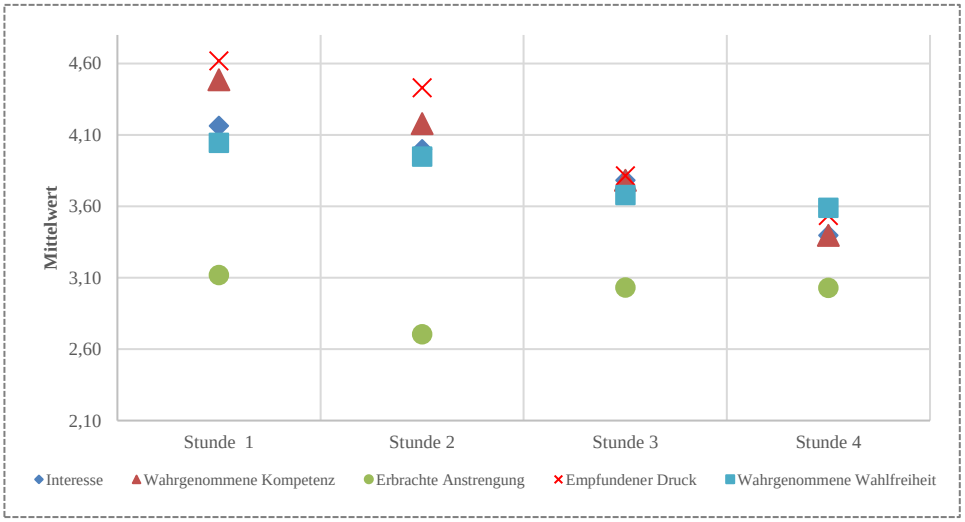


Abb. 1: Intrinsische Motivation. Dargestellt ist der Verlauf der intrinsischen Motivation bzw. dessen Prädikatoren im Verlauf von vier Unterrichtsstunden in der Mittelstufe.

Die Abnahme der Motivation bestätigt die zuvor gefundenen Ergebnisse der Metastudie von Hillmayr et al. (2017). Gleichzeit bestätigt die Praxiserfahrung die Vermutung, dass das Niveau der Stunden im Verlauf der Untersuchung zunimmt, wobei die Lernenden in Interviews die Unterrichtsreihe insgesamt als mittelschwer einschätzen und gerade die ersten beiden Unterrichtsstunden als relativ leicht empfanden. In der Oberstufe gibt es keine signifikanten Unterschiede zwischen der ersten und vierten Unterrichtsstunde. Generell wurde der Eindruck gewonnen, dass in der Oberstufe das Tablet eher als reines Werkzeug angesehen wurde und das anfängliche Interesse an den Tablets geringer ausfällt.
Die Usability ($n = 18$) nimmt in der Mittelstufe zwischen der ersten und vierten Stunde in folgenden Variablen signifikant ab: Nützlichkeit ($p = .045$, $r = .47$) und Zufriedenheit ($p = .012$, $r = 0.60$). Die Effekte sind als stark anzusehen. Gründe für die Abnahme lassen sich aufgrund der geringen Fallzahlen noch nicht erklären. Möglicherweise besteht ein Zusammenhang zwischen dem generellen Interesse oder den zunehmend technischen Problemen bei längerer Einsatzdauer. In der Oberstufe gibt es bei der Usability keine signifikanten Unterschiede.
Bei der Hilfenutzung hat sich gezeigt, dass insbesondere Hilfen in Form eines Bildes (51 % der Nutzung) und Hilfen mit ausschließlich geschriebenem Text (46 %) bevorzugt werden. Überraschenderweise wird das Video (3 %) kaum gewählt. Begründet wird die Ablehnung mit der umständlichen Nutzung im Unterricht, wie die Verwendung eines Kopfhörers oder das Extrahieren der relevanten Informationen. Allgemein werden Hilfen wohl zunächst aus Neugier und Interesse genutzt. Bisher konnte noch kein Zusammenhang zwischen der Selbsteinschätzung des Leistungsniveaus eines Lernenden und dessen absolute Anzahl an Hilfeaufrufen festgestellt werden.

Förderhinweis: Die Pilotierung wurde im Rahmen des Projekts U.EDU durchgeführt. Das Vorhaben „U.EDU: Unified Education – Medienbildung entlang der Lehrerbildungskette“ wird im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert.

Literatur

Avouris, N.M., Dimitracopoulou, A., Daskalaki, S. & Tselios, N.K. (2001). Evaluation of Distance-Learning Environments: Impact of Usability on Student Performance. International Journal of Educational Telecommunications, 7 (4), 355–378

Czubatinski, L., Hornung, G. & Nieß, C. (2020). Quantitative Analysen mit dem Smartphone oder Tablet zur Einführung des Konzentrationsbegriffs – ein Beispiel für wissenschaftspropädeutisches Arbeiten in der SEK I. Chemkon, 27 (3)

Feierabend, S., Rathgeb, T. & Reutter, T. (2020). JIM 2019. Jugend, Information, Medien. Basisuntersuchung zum Medienumgang 12- bis 19-Jähriger in Deutschland. Stuttgart: Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest

Hillmayr, D., Reinhold, F., Ziernwald, L. & Reiss, K. (2017). Digitale Medien im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht der Sekundarstufe: Einsatzmöglichkeiten, Umsetzung und Wirksamkeit. Münster: Waxmann

Hornung, G., Fitting, N. & Hemm, H. (2018). „Fördern und Fordern“ mit digitalisierten multimedialen Lernzugängen. GDCH Jahrestagung 2018. Karlsruhe

Karapanos, M., Becker, C. & Chrisophel, E. (2018). Die Bedeutung der Usability für das Lernen mit digitalen Medien. MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung, (Mai), 36–57

Lund, A.M. (2001). Measuring Usability with the USE Questionnaire. STC Usability SIG Newsletter, 8 (2)

Maynard, S. & Cheyne, E. (2005). „Can electronic textbooks help children to learn?", The Electronic Library, 23 (1), 103-115

Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2000). Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. American Psychologist, 55 (1), 68–78

Albert Teichrew[1] [1]Goethe-Universität Frankfurt am Main
Roger Erb[1]

Online-Förderung physikalischer Konzepte mit Modellen und Experimenten

In diesem Beitrag werden Ergebnisse einer Begleitstudie zu einem Online-Kurs für Schüler*innen zur Optik vorgestellt und diskutiert. In dem Gesamtprojekt wird untersucht, unter welchen Bedingungen die Arbeit mit dynamischen Modellen und hypothesenüberprüfenden Experimenten einen Einfluss auf Schüler*innenvorstellungen hat.

Hintergrund

Das Experimentieren ist eine beliebte Unterrichtsmethode (Tesch & Duit, 2004). Allerdings zeigen Unterrichtsbeobachtungen, dass sich Lernende dabei wenig Gedanken über den physikalischen Hintergrund ihrer experimentellen Tätigkeit machen (Abrahams & Millar, 2008). Vor allem Lehrkräfte verbinden mit dem Experimentieren unter anderem auch den Ausbau von Fachwissen (Karaböcek & Erb, 2014). Didaktiker*innen schätzen Fachwissen hingegen als Voraussetzung für ein sinnstiftendes Experimentieren ein (Härtig, Neumann, & Erb, 2017). Als möglichen Lösungsansatz arbeiten wir deshalb mit einer Unterrichtsstruktur, die Modelle physikalischer Phänomene für die Suche im Hypothesenraum (Scientific Discovery as Dual Search-Modell nach Klahr & Dunbar, 1988) und hypothesenüberprüfende Experimente in einem gemeinsamen Erkenntnisprozess verbindet (Teichrew & Erb, 2018).
Als Werkzeug der Modellierung verwenden wir die Dynamische Geometrie-Software (DGS) *GeoGebra* (geogebra.org). Die Besonderheit einer DGS ist, dass sich Veränderungen an einem Objekt auch auf alle verknüpften Objekte auswirken. Dadurch wird ein virtuelles Experimentieren mit dynamischen Modellen möglich (Erb, 2017), um Vorhersagen für das reale Experiment zu gewinnen (Teichrew & Erb, 2019b). Wendet man den Modellbegriff nach Mahr (2008) auf dynamische Modelle an, handelt es sich um geometrische Visualisierungen und interaktive Simulationen (Modell als Objekt), die beim Aufbau mentaler Modelle bezüglich physikalischer Phänomene helfen (Modell von etwas) und im Experiment überprüft werden können (Modell für etwas).
Effekte beim Lernen mit (GeoGebra-)Modellen sind dann zu erwarten, wenn die wahrgenommene Information im Arbeitsgedächtnis verarbeitet und mit dem Vorwissen verknüpft wird (Cognitive Theory of Multimedia Learning nach Mayer, 2005). Die erfolgreiche Verarbeitung von Lernmedien kann allerdings durch kognitive Belastung erschwert werden (Cognitive Load Theory nach Sweller, 1988). Es wird unterschieden zwischen der Belastung, die sich auf den zu behandelnden Inhalt selbst (instrinsic cognitve load, ICL) oder auf das Instruktionsdesign zurückführen lässt. Letztere lässt sich unterteilen in für das Lernen unwirksame (extraneous cognitive load, ECL) und wirksame kognitive Belastung (germane cognitive load, GCL).

Online-Kurs

Aufgrund der COVID-19-Pandemie konnten die für ein Schüler*innenlabor vorbereiteten Lernaktivitäten zum Thema Optik nicht wie geplant stattfinden. Stattdessen wurden die Lernmaterialien und Testinstrumente interessierten Lehrkräften in Form eines Online-Kurses angeboten, den sie daraufhin ihren Schüler*innen als digitale Lerngelegenheit für Zuhause empfohlen haben. Es wurden insgesamt vier Module mit den Themenbereichen Licht,

Schatten, Spiegel und Farben zusammengestellt, wobei in jedem Modul mindestens drei Themen behandelt werden. Jedes Thema enthielt eine Fragestellung, die mithilfe eines Modells und Experiments beantwortet werden musste. Die Lernenden wurden zunächst über das jeweilige Thema informiert und konnten danach Untersuchungen an einem dynamischen Modell zum Phänomen durchführen. Um neben dem virtuellen Experimentieren mit GeoGebra-Modellen auch den Vergleich mit realen Beobachtungen zu ermöglichen, wurden einzelne Experimentierschritte abfotografiert und zu interaktiven Bildschirmexperimenten zusammengestellt. Beide Lernmedien enthielten Beschreibungen und Anleitungen, um eine eigenständige Verarbeitung der Darstellungen zu ermöglichen.

Es wurde ein zweistufiger Schüler*innenvorstellungstest im Pre-Post-Design eingesetzt (Teichrew & Erb, 2019a). Neben der Antwort auf eine Frage muss im zweiten Schritt auch eine Erklärung ausgewählt werden (1 Punkt pro Antwort und 2 Punkte pro Erklärung), wobei die Erklärungen auf bekannten Vorstellungen basieren (Haagen-Schützenhöfer & Hopf, 2018). Die Ergebnisse einer Voraberhebung mit diesem Testinstrument in der Zielgruppe wurden im Rahmen einer Didaktischen Rekonstruktion nach Kattmann et al. (1997) genutzt, um die Inhalte für das Schüler*innenlabor bzw. den Online-Kurs auszuwählen.

Um außerdem den Lernprozess abbilden zu können, wurden die Antworten der Lernenden auf die Fragestellungen zu drei Messzeitpunkten erfasst: Nach der Themenvorstellung, nach dem Modell und nach dem Experiment. Dafür wurden jedes Mal zufällig drei Aussagen zu dem Thema aus einem Itempool mit richtigen und falschen Aussagen ausgewählt, die richtig zugeordnet werden mussten (0 bis 3 richtige Zuordnungen pro Messzeitpunkt in bis zu vier Themen). Dadurch sollten Wiederholungs- und Kombinationseffekte reduziert werden.

Zur Bestimmung der kognitiven Belastung wurden 28 Items verwendet, die auf den Formulierungen bestehender Messinstrumente basieren. Sie beziehen sich auf konkrete Elemente des Online-Kurses (Themen, Fragestellungen, Zuordnungen) und betrachten Modelle und Experimente getrennt voneinander (jeweils Beschreibung, Anleitung, Durchführung). Die Bestimmung der intrinsischen kognitiven Belastung mit einer 5-stufigen Likert-Skala erfolgt über Indikatoren, die die Schwierigkeit des Inhalts betreffen. Bei der extrinsischen kognitiven Belastung werden die Gestaltung des Materials und die damit verbundenen Lernaktivitäten als Indikatoren herangezogen. Bei der Messung der lernwirksamen kognitiven Belastung hingegen wird entweder die Anstrengung beim Lernen oder die Selbsteinschätzung, durch die Lernaktivität etwas verstanden zu haben, verwendet (vgl. Klepsch, Schmitz, & Seufert, 2017; Leppink, Paas, Van der Vleuten, Van Gog, & Van Merriënboer, 2013; Thees et al., 2020). In unsere Auswahl an Items wurden beide Varianten einbezogen. Außerdem gehen Schnotz, Fries und Horz (2009) davon aus, dass eine hohe extrinsische Belastung ebenso durch zu einfach erscheinendes Material vorliegen kann, sodass für diese Items 9-stufige Skalen mit gegensätzlichen Endpunkten gewählt wurden (z. B. zu einfach und zu schwer, vgl. NASA-TASK LOAD INDEX nach Hart, 2006).

Analysen

Es liegen 228 volle Datensätzen von Studierenden und Schüler*innen vor, die die Module Licht (n = 125), Schatten (n = 45), Spiegel (n = 55) und Farben (n = 3) bearbeitet haben. Die analysierte Stichprobe bezüglich der Schüler*innenvorstellungen setzt sich aus Schüler*innen der Klassenstufen 6, 7 und 8 zusammen, die hauptsächlich an hessischen Gymnasien unterrichtet werden und das Modul Licht bearbeitet haben (n = 97). In diesem Modul wurden lediglich Testitems eingesetzt, die mit dem Modul Licht gefördert werden

konnten (7 von 18 mit max. 21 Punkten). Das durchschnittliche Ergebnis war vor der Bearbeitung der Lernumgebung (M = 8.18, SD = 4.46) niedriger als nach der Bearbeitung (M = 9.27, SD = 4.90). Es gibt einen signifikanten Unterschied zwischen den Testergebnissen vor und nach der Bearbeitung der Lernumgebung ($t(96) = 3.34$, $p < .002$, $d = .34$, kleiner Effekt).
Die durchschnittliche Zahl der richtigen Zuordnungen in den vier Themen des Moduls war nach der Themenvorstellung am niedrigsten (M = 1.93, SD = .42), nahm nach der Arbeit mit dem Modell (M = 2.08, SD = .47) und dem Experiment jeweils zu (M = 2.12, SD = .53). Eine ANOVA mit Messwiederholung (Sphärizität angenommen: Mauchly $W(2) = .960$, $p = .144$) zeigt, dass die Werte mit dem Messzeitpunkt zusammenhängen ($F(2, 192) = 8.826$, $p < .001$, $\eta^2_{part} = .08$, mittlerer Effekt). Bonferroni-korrigierte post-hoc Tests zeigen einen signifikanten Unterschied zwischen dem ersten und dem zweiten Messzeitpunkt ($p = .007$) und zwischen dem ersten und dem dritten Messzeitpunkt ($p = .001$).
Die Stichprobe für eine Hauptkomponentenanalyse bezüglich der 28 Items zur kognitiven Belastung durch Modelle und Experimente besteht aus allen Datensätzen zum Modul Licht ($n = 125$; Fälle/Item > 4). Es liegt eine ausreichend hohe Korrelation vor (KMO = .853; Bartlett-Test: Chi-Quadrat(378) = 2262.87, $p < .001$). Eine Überprüfung des Scree-Plots rechtfertigte die Extraktion von vier Komponenten, die eine Gesamtvarianz von 63 % aufklären. Die Varimax-rotierte Lösung lieferte ein Ergebnis, bei dem die meisten Items nur auf einer der vier Komponenten hohe Ladungen zeigten. Als Ergebnis wurden die Komponenten *wahrgenommener Lerngewinn* ($n_I = 8$; $\alpha_C = .93$; perceived learning gain, PLG), *lernrelevante Anstrengung* ($n_I = 8$; $\alpha_C = .88$; GCL), ICL ($n_I = 4$; $\alpha_C = .77$) und ECL ($n_I = 8$; $\alpha_C = .91$) extrahiert, und zwar unabhängig vom Lernmedium.
Da die verwendete ECL-Skala zwei gegensätzliche Ausprägungen misst und beide einen mutmaßlich negativen Einfluss auf das Lernen haben, wurden drei Gruppen gebildet, die das Material unterschiedlich eingeschätzt haben ($M_{ECL} \leq 4{,}5$: *unterfordernd* (n = 37); $4{,}5 < M_{ECL} < 5{,}5$: *optimal* (n = 36); $M_{ECL} \geq 5{,}5$: *überfordernd* (n = 24)). Der durchschnittliche Lernzuwachs ist in der Gruppe *überfordernd* (M = .67, SD = 2.35) etwas höher als in der Gruppe *unterfordernd* (M = .35, SD = 3.16) und am größten in der Gruppe *optimal* (M = 2.14, SD = 3.57). Eine einfaktorielle ANOVA (Varianzhomogenität angenommen: Levene-Test: $F(2, 94) = 1.424$, $p = .246$) zeigt, dass sich der durchschnittliche Lernzuwachs statistisch signifikant für die verschiedenen Ausprägungen unterscheidet ($F(2, 84) = 3.225$, $p = .044$, $\eta^2 = .06$, mittlerer Effekt). Der Tukey post-hoc Test zeigte einen signifikanten Unterschied ($p = .045$) zwischen den Gruppen unterfordernd und optimal.

Diskussion und Ausblick

In einem ersten Durchgang konnte eine messbare Förderung physikalischer Konzepte mit Modellen und Experimenten in einem Online-Kurs erzielt werden. Eine differenzierte Analyse der Ergebnisse einzelner Items und Zuordnungen in verschiedenen Themen stellt die Basis für eine Überarbeitung der Materialien dar, sodass in Zukunft größere Effekte erzielt werden könnten. Es konnten keine messbaren Unterschiede der kognitiven Belastung durch Modelle oder Bildschirmexperimente ermittelt werden, was eine Messung von ECL, GCL und PLG in rein virtuellen Formaten ohne Unterscheidung des Mediums nahelegt. Ein Vergleich der GeoGebra-Modelle mit realen Experimenten steht allerdings noch aus. Es konnte ein Unterschied in der Operationalisierung zwischen GCL und PLG gezeigt werden. Außerdem scheint sich der Einfluss von ECL auf den messbaren Lerngewinn durch Über- und vor allem Unterforderung zu bestätigen. Multiple lineare Regressionsmodelle könnten den Einfluss einzelner Arten kognitiver Belastung weiter aufklären.

Literatur

Abrahams, I., & Millar, R. (2008). Does Practical Work Really Work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science. International Journal of Science Education, 30(14), 1945–1969.

Erb, R. (2017). Optik mit GeoGebra. Berlin: De Gruyter.

Haagen-Schützenhöfer, C., & Hopf, M. (2018). Schülervorstellungen zur geometrischen Optik. In H. Schecker, T. Wilhelm, M. Hopf, & R. Duit (Hrsg.), Schülervorstellungen und Physikunterricht (S. 89–114). Berlin, Heidelberg: Springer.

Hart, S. G. (2006). NASA-Task Load Index (NASA-TLX); 20 Years Later. In Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 50th Annual Meeting (S. 904–908). Santa Monica: HFES.

Härtig, H., Neumann, K., & Erb, R. (2017). Experimentieren als Interaktion von Situation und Person: Ergebnisse einer Expertenbefragung. ZfDN, 23, 71–80.

Karaböcek, F., & Erb, R. (2014). Funktionale Aspekte des Experiments: Die Sicht der Lehrkraft. PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung.

Kattmann, U., Duit, R., Gropengießer, H., & Komorek, M. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion—Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. ZfDN, 3(3), 3–18.

Klahr, D., & Dunbar, K. (1988). Dual Space Search During Scientific Reasoning. Cognitive Science, 12(1), 1–48.

Klepsch, M., Schmitz, F., & Seufert, T. (2017). Development and Validation of Two Instruments Measuring Intrinsic, Extraneous, and Germane Cognitive Load. Frontiers in Psychology, 8.

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.

Mahr, B. (2008). Ein Modell des Modellseins – Ein Beitrag zur Aufklärung des Modellbegriffs. In U. Dirks & E. Knobloch (Hrsg.), Modelle (S. 187–220). Frankfurt am Main: Peter Lang Verlag.

Mayer, R. (2005). Cognitive Theory of Multimedia Learning. In R. Mayer (Hrsg.), The Cambridge Handbook of Multimedia Learning (S. 31–48). Cambridge: Cambridge University Press.

Schnotz, W., Fries, S., & Horz, H. (2009). Motivational aspects of cognitive load theory. In M. Wosnitza, S. A. Karabenick, A. Efklides, & P. Nenniger (Hrsg.), Contemporary motivation research: From global to local perspectives (S. 69–96). Ashland, OH, US: Hogrefe & Huber Publishers.

Sweller, J. (1988). Cognitive Load During Problem Solving: Effects on Learning. Cognitive Science, 12(2), 257–285.

Teichrew, A., & Erb, R. (2018). Implementierung modellbildender Lernangebote in das physikalische Praktikum. PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung.

Teichrew, A., & Erb, R. (2019a). Entwicklung und Evaluation eines zweistufigen Testinstruments für Schülervorstellungen zur Anfangsoptik. PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung.

Teichrew, A., & Erb, R. (2019b). Videobasierte Analyse des Lernens mit dynamischen Modellen. 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. 464). Universität Regensburg.

Tesch, M., & Duit, R. (2004). Experimentieren im Physikunterricht—Ergebnisse einer Videostudie. ZfDN, 10, 51–69.

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.

Liz Keiner[1]
Nicole Graulich[1]

[1]Justus-Liebig-Universität Gießen

Beyond the Beaker: Evaluation eines Reflexionsbogen für das Organisch-Chemische Praktikum

Einleitung und theoretischer Hintergrund

Eine zentrale Kompetenz laborpraktischer Arbeit in der Organischen Chemie ist es, chemische Phänomene, wie beispielsweise einen Farbumschlag, erklären zu können. Einer der bekanntesten Ansätze zum Erklären chemischer Phänomene ist das Johnstone Dreieck, welches die makroskopische, submikroskopische und symbolische Repräsentationsebene umfasst (Johnstone, 1982). Taber (2013) hat das klassische Johnstone Dreieck abgewandelt und die symbolische Ebene über die makroskopische und submikroskopische Ebene platziert, weil chemische Phänomene sowohl makroskopisch als auch submikroskopisch ausgedrückt werden können. Diesen Ansatz verwenden wir in unseren Forschungsarbeiten ebenfalls.

Eine weitere Möglichkeit, um chemische Phänomene zu erklären, ist das Mechanistische Denken (Russ, Coffey, Hammer, & Hutchison, 2008). Es beinhaltet das Aktivieren von verschiedenen Komponenten: den Entitäten, den Eigenschaften, den Aktivitäten und der Organisation.

Um ein chemisches Phänomen vollständig erklären zu können, ist es von großer Bedeutung, zwischen den einzelnen Repräsentationsebenen, sowie den mechanistischen Komponenten wechseln zu können. Deshalb haben wir diese beiden Ansätze miteinander kombiniert und betrachten die mechanistischen Komponenten auf den verschiedenen Repräsentationsebenen (Keiner & Graulich, 2020, a). Aus der Literatur ist bekannt, dass Lernende häufig Schwierigkeiten haben die einzelnen Repräsentationsebnen zu verstehen sowie makroskopische Beobachtungen mit submikroskopischen Fachkonzepten zu verknüpfen (Gilbert & Treagust, 2009).

Zielsetzung

Übergeordnetes Ziel dieses Projektes ist es die zentrale Kompetenz, makroskopische Beobachtungen mit submikroskopischen Fachkonzepten während laborpraktischer Arbeit zu verknüpfen, zu fördern. Dazu wurden in einer ersten Studie die Übergänge zwischen der makroskopischen und submikroskopischen Repräsentationsebene von Studierenden beim Erklären chemischer Phänomene charakterisiert (Keiner & Graulich, 2020, a). Basierend auf diesen Daten, sowie den theoretischen Überlegungen des „Scaffoldings“ (Wood, Brunder & Ross, 1976), wurde ein Reflexionsbogen entwickelt. Dieser dient den Studierenden als eine angeleitete Unterstützung für jeden einzelnen Syntheseschritt und hilft ihnen die Repräsentationsebenen gezielt miteinander zu verknüpfen. In der hier vorgestellten Studie liegt der Fokus auf der Analyse der Erklärungsansätze der Studierenden, die sie vor und nach dem Verwenden des Reflexionsbogens zeigen.

Studiendesign

Um den Einfluss des Reflexionsbogens bei Studierenden im Organisch-Chemischen Praktikum zu untersuchen, wurde eine qualitative Interviewstudie mit 22 Studierenden begleitet von einem pre- und einen post-Interview durchgeführt. Im pre-Interview mussten die Studierenden eine Synthese beschreiben und ihre Beobachtungen auf der submikroskopischen

Ebene erläutern, welche sie ohne den Reflexionsbogen bearbeitet haben, im post-Interview eine Synthese nach Bearbeitung des Reflexionsbogens.

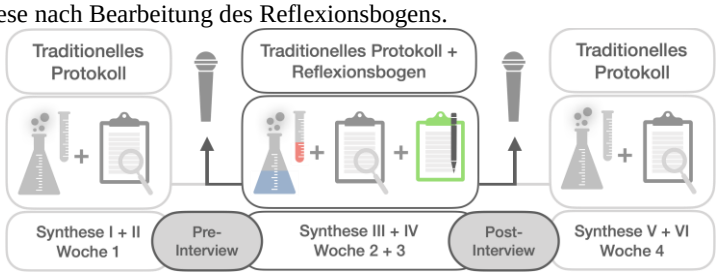


Abb. 1: Studiendesign. Aus: eingereichtes Manuskript: Keiner & Graulich (2020, b).

Datenanalyse und Ergebnisse

Die Datenanalyse gliedert sich zum einen in die Auswertung der Reflexionsbögen und zum anderen in die Auswertung der qualitativen Interviews. Letztere wurden transkribiert und mittels MAXQDA kategorisiert.

In einem ersten Schritt wurden die Interview Transkripte anhand der mechanistischen Komponenten auf der makroskopischen und submikroskopischen Ebene kodiert. Es wurde deutlich, dass Studierende am häufigsten die Komponente der Entität verwenden. Das geht damit einhergeht, dass das Nennen einer Eigenschaft, Organisation oder Aktivität meistens mit dem Nennen einer Entität verbunden ist. Allgemein sind die Verwendungen der mechanistischen Komponenten vom pre- zum post-Interview ähnlich verteilt, jedoch können wir vom pre- zum post-Interview einen signifikanten Anstieg ($p < 0.05$; Cohen's $d = 0.812$) der submikroskopischen Aktivität beobachten. Nach der Arbeit mit dem Reflexionsbogen ändern Studierende ihre Erklärungsansätze teils von einer statischen zu einer dynamischen Perspektive und denken mehr über die zugrunde liegenden Prozesse der Reaktionen nach.

In einem zweiten Schritt wurden die Transkripte in thematische Sinnabschnitte eingeteilt (z. B. das Beschreiben einer Phasentrennung) und jeder Sinnabschnitt wurde in Bezug auf den Wechsel zwischen den Repräsentationsebenen charakterisiert. Aus den Interview Daten haben sich induktiv drei Erklärungsansätze ergeben, welche im Folgenden dargestellt sind.

Das Zitat von Carol verdeutlich Erklärungsansatz I. Studierende benutzen überwiegend makroskopische Komponenten und wechseln trotz Aufforderung nicht zwischen den Repräsentationsebenen. Carol wird aufgefordert den Löseprozess auf der Teilchenebene zu erklären, bleibt aber mit seiner Erklärung auf der makroskopischen Ebene:

> ***Carol:*** *Chloroctan war flüssig, es war farblos. Natriumacetat war ein Feststoff und Methyltriammoniumchlorid war ebenfalls ein Feststoff sofern ich mich erinnere.*
> ***I:*** *Kannst du dich erinnern ob sich das gelöst hat? Was passiert bei einem solchen Löseprozess auf der Teilchenebene?*
> ***Carol:*** *Es hat sich nicht gelöst. Es war sehr klumpig. Deshalb musste ich auch so viel rühren, erst wenn die Temperatur ansteigt, dann wird es…nicht wirklich flüssig, aber es mischte sich besser.*

Beim zweiten Erklärungsansatz nutzen Studierende makroskopische und submikroskopische Komponenten in ihren Erklärungen und wechseln die Repräsentationsebene nach einer Aufforderung. Im folgenden Beispiel spricht Gabriel über Aggregatzustände. Nach einer Aufforderung, das Verhalten der Stoffe auf der Teilchenebene zu erklären, wechselt er auf die submikroskopische Ebene und beschreibt die räumliche Anordnung der Teilchen.

> ***Gabriel:*** *„Natriumbromid war ein Feststoff, der Rest war flüssig".*
> ***I:*** *„Okay, wir verhalten sich denn Flüssigkeiten im Vergleich zu Feststoffen, wenn du dir die Teilchenebene anschaust?"*
> ***Gabriel:*** *„Ehm…in Flüssigkeiten sind die Teilchen distanzierter bzw. weiter auseinander. Bei Feststoffen sind die intramolekularen Kräfte stärker zum Beispiel die Kräfte zwischen den einzelnen Teilchen sind stärker und daher sind die Teilchen enger beieinander".*

Beim dritten Erklärungsansatz findet ein Wechsel zwischen den Repräsentationsebenen ohne eine Aufforderung statt. Darly erklärt eigenständig, warum zwei Phasen entstanden sind und beschreibt unter anderem die Verteilung der Polarität über das Molekül.

> ***I:*** *„Du hast mir gesagt, dass du zwei Phasen beobachten konntest".*
> ***Darly:*** *„Ja ich habe zwei Phasen beobachtet, weil Wasser hat zwei Sauerstoff Atome. Die Polarität ist dadurch über das gesamte Molekül verteilt. Die Sauerstoffe bilden die negative Ladung und die Wasserstoffatome die positive Ladung. Der Alkohol hat abseits des Sauerstoffs und Wasserstoffatome ein sperriges Gitter aus C-Atomen und H-Atomen welches nicht polar ist, weil die C-Atome haben die gleiche Elektronegativität und der Unterschied zwischen C-Atomen und H-Atomen ist nicht groß verglichen zu dem Unterschied zwischen Sauerstoff und Wasserstoff. Deshalb ist 2-Propanol löslich in der organischen Phase".*

In einem dritten Schritt der Analyse wurde die Nutzung der Reflexionsbögen der Studierenden anhand eines entwickelten Punkteschemas bewertet und kategorisiert. Auf Grundlage dieser Analyse wurden die Studierenden anschließend in drei Gruppen eingeteilt: *vollständig*, *partiell* und *unvollständig* bearbeitet. Ziel dieser Gruppierung war zu analysieren, wie sich die jeweiligen Gruppen in ihren Erklärungsansätzen unterscheiden, je nach Nutzung der Reflexionsbogen. Es wird deutlich, dass die Studierenden, die den Reflexionsbogen *vollständig* ausgefüllt haben, im post-Interview signifikant mehr Erklärungsansatz III verwenden. Sie wechseln häufiger, ohne eine Aufforderung, von der makroskopischen Ebene auf die submikroskopischen Ebene.

Fazit und Ausblick

Unsere Studie hat gezeigt, dass durch gezielte Reflexionsanlässe Erklärungsansätze von Studierenden beeinflusst bzw. verändert werden können. Eine aktive und angeleitete Reflexion der einzelnen Syntheseschritte im Organisch-Chemischen Praktikum wirkt sich positiv auf die Erklärungsansätze der Studierenden aus. Für Studierende muss weiterhin das Bewusstsein der Koexistenz und die Rolle der beiden Repräsentationsebenen verdeutlicht werden.

Weitere statistische Untersuchungen mit Hilfe von größeren Stichproben wären notwendig, um die Wirkung eines solchen Reflexionsbogens zu untermauern. Außerdem wären die Auswirkungen eines nach und nach „ausschleichenden" Reflexionsbogens auf die Erklärungsansätze der Studierenden zu untersuchen um zu schauen, ob die Studierenden nach dem Ausschleichen eines solchen Reflexionsbogens zu ihren alten Erklärungsmustern zurückkehren oder ob sie die neuen Ansätze adaptieren.

Literatur

Gilbert J. K. and Treagust D. F., (2009), in Multiple representations in chemical education, Dordrecht: Springer, pp. 1-8.

Johnstone A. H., (1982), Macro- and microchemistry, School Science Review, 64, 377-379.

Keiner L. and Graulich N., (2020), a. Transitions between representational levels: Characterization of organic chemistry students' mechanistic features when reasoning about laboratory work-up procedures, Chemistry Education Research Practice, 21, 469-482.

Keiner, L., & Graulich, N. (2020), b. Beyond the beaker: Students' use of a scaffold to connect observations with the particle level in the organic chemistry laboratory. Chemistry Education Research and Practice, eingereichtes Manuskript

Russ R. S., Coffey J. E., Hammer D. and Hutchison P., (2008), Making Classroom Assessment More Accountable to Scientific Reasoning: A Case for Attending to Mechanistic Thinking, Journal of Science Education, 93, 875-891.

Taber K. S., (2013), Revisiting the chemistry triplet: drawing upon the nature of chemical knowledge and the psychology of learning to inform chemistry education, Chemistry Education Research Practice, **14**, 156-168.

Wood D., Bruner J. S. and Ross G., (1976), The role of tutoring in problem solving, Journal of child psychology and psychiatry, **17**, 89-100.

David Kranz[1]
Nicole Graulich[1]

[1]Justus-Liebig-Universität, Gießen

Mechanistisches Denken anleiten – geht das?

Ein wichtiger Bestandteil der Lehre in der organischen Chemie sind Reaktionsmechanismen. Lehrende erwarten, dass Studierende möglichst viele Konzepte in ihrem Kopf haben, die sie dann abwägend auf Reaktionsmechanismen beziehen können. Dafür müssen allerdings erst einmal die Bestandteile eines solchen Mechanismus identifiziert, die wichtigen Bestandteile herausgefiltert und in eine sinnvolle Reihenfolge gebracht werden, um sie dann aufeinander zu beziehen, bevor damit Vergleiche oder weitere Schlussfolgerungen angestellt werden können.

Dieses mechanistische Denken beschäftigt die Forschung in der Chemiedidaktik, aber auch in anderen Disziplinen, wobei schon viele Erkenntnisse über die Charakterisierung und Diagnose des mechanistischen Denkens bei Studierenden gesammelt wurden (Goodwin, 2003; Bhattacharyya & Bodner, 2005; Goodwin, 2008; Russ, Scherr, Hammer & Mikeska, 2008; Kraft, Strickland & Bhattacharyya, 2010; Bhattacharyya, 2013; Sevian & Talanquer, 2014; Becker, Noyes & Cooper, 2016; Cooper, Kouyoumdjian & Underwood, 2016; Weinrich & Talanquer, 2016; Caspari, Kranz & Graulich, 2018; Caspari, Weinrich, Sevian & Graulich, 2018; Bodé, Deng & Flynn, 2019). Die Wichtigkeit des Themas wird also auch durch die Präsenz in der Forschung deutlich und damit auch, wie wichtig es ist, Fördermöglichkeiten des mechanistischen Denkens in der organischen Chemie zu finden (z. B. Underwood, Posey, Herrington, Carmel & Cooper, 2018; Caspari & Graulich, 2019), die sich direkt in den Übungs- bzw. Klassenräumen einsetzen lassen. Ein mögliches Aufgabendesign, dass zur Förderung des mechanistischen Denkens genutzt werden kann, sind sogenannte Fallvergleiche (Gick & Paterson, 1992; Rittle-Johnson & Star, 2007; Rittle-Johnson & Star, 2009; Schwartz, Chase, Oppezzo & Chin, 2011; Caspari, Kranz & Graulich, 2018; Graulich & Schween, 2018; Graulich, Hedtrich & Harzenetter, 2019). In Studien wurde auch über Disiziplingrenzen hinweg gezeigt, dass diese einen positiven Einfluss auf den Lernerfolg haben (vgl. Alfieri, Nokes-Malach & Schunn, 2013). Im Fall der organischen Chemie können hierfür zum Beispiel zwei mechanistische Schritte gegenübergestellt werden. Diese werden vergleichend betrachtet, um so einfacher Rückschlüsse auf Gemeinsamkeiten und Unterschiede der Reaktionen ziehen und diese abschließend generalisieren zu können.

Im Kontext von Fallvergleichen lässt sich zusätzlich sogenanntes Scaffolding anwenden. Beim Scaffolding werden Aufgaben vereinfacht, wobei die Komplexität der Gesamtaufgabe beibehalten wird und der Großteil der Aufgabenbearbeitung trotzdem beim Lernenden bleibt (Belland, 2017). In der organischen Chemie kann das mechanistische Denken angeleitet werden, in dem eine Ursache-Wirkungs-Beziehung in ihre einzelnen Bausteine zerlegt wird (Russ, Scherr, Hammer & Mikeska, 2008; Sevian & Talanquer, 2014; Weinrich & Talanquer, 2016), wobei diese wiederum unterschiedlich elaboriert von den Studierenden betrachtet werden können, um abschließend wieder eine Gesamtaussage zu formulieren. Diese Art des kleinschrittigen Betrachtens von Ursache-Wirkungs-Beziehungen führt nachweislich

zu einer erhöhten Anzahl an erkannten Beziehungen beim Betrachten von Fallvergleichen (Caspari & Graulich, 2019).

Für die Studie wurde eine Scaffold-Tabelle benutzt, die jeweils von mehreren Aufgabenstellungen begleitet wurde (siehe Abb. 1).

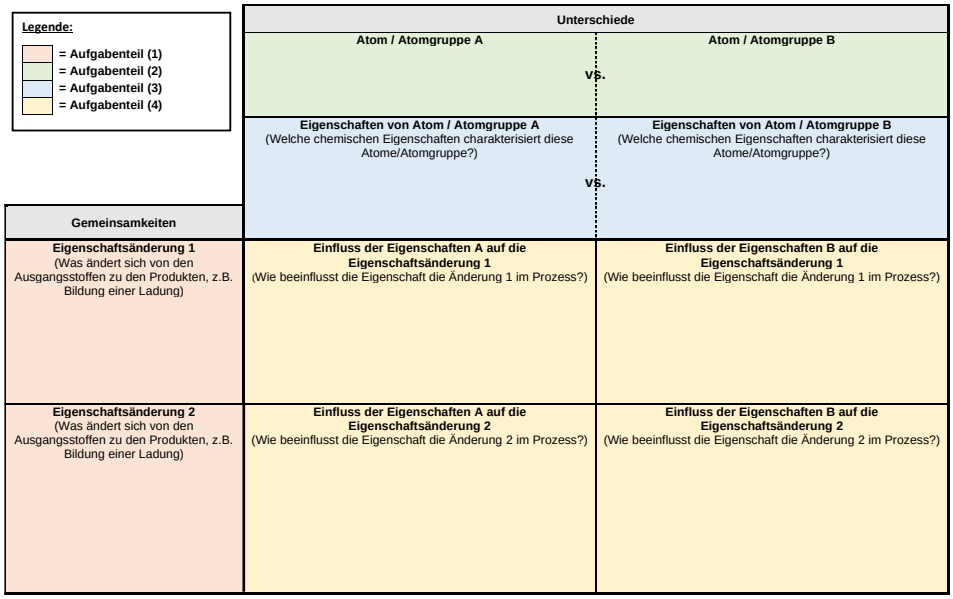


Abb. 1: Scaffold-Tabelle, wie sie in der Studie eingesetzt wurde. Adaptiert von Caspari & Graulich (2019) In den Feldern sind die Aufgabenstellungen zu finden.

Zunächst mussten die Studierenden eine oder mehrere Eigenschaftsänderungen identifizieren, die bei einem Mechanismus der dargestellten Art immer auftreten. In der zweiten Aufgabe wurden die Lernenden aufgefordert, einen expliziten strukturellen Unterschied zu identifizieren. In der nächsten Aufgabe wurde nach den Eigenschaften dieses expliziten strukturellen Unterschieds gefragt. Schließlich wurde die Frage gestellt, welchen Einfluss diese Eigenschaften auf die in Aufgabe 1 angegebene Eigenschaftsänderung haben. Die Studierenden wurden auch aufgefordert zu erläutern, ob dies die Reaktion im Verhältnis zur jeweils anderen Reaktion beschleunigt, verlangsamt oder keinen Einfluss hat. Die Ursache-Wirkungs-Beziehungen werden somit in Einzelteile zerlegt, um am Ende wieder ein Gesamtargument zu bilden. Ein solches Gesamtargument kann entweder auf einem expliziten Niveau bleiben, implizite Eigenschaften einschließen oder vollständig kausal elektronisch erklärt sein (vgl. Caspari, Kranz & Graulich, 2018).

Es lässt sich anhand eines einzelnen Arguments nicht immer entscheiden, ob eine Reaktion schneller oder langsamer abläuft (Talanquer, 2014). Außerdem ist es für die mögliche Qualität einer Antwort erheblich, ob mit Hilfe einer einzigen Variable oder anhand mehrerer Eigenschaftsänderungen argumentiert wird (vgl. Weinrich & Talanquer, 2016).

Für die geplante Studie stellte sich die Frage, ob sich anhand der beiden oben erläuterten Dimensionen *Komplexität* und *Multivarianz* wiederkehrende Muster innerhalb der

Studierendenantworten erkennen ließen und ob diese Muster abhängig davon sind, wie leistungsstark ein Lernender ist. Es ergeben sich daher folgende Forschungsfragen:

- Welche wiederkehrenden Muster lassen sich innerhalb der Antworten der Studierenden erkennen, wenn Sie das Scaffold bearbeiten?
- Inwiefern hängt das Bearbeiten des Scaffolds (Muster) davon ab, über wieviel konzeptuelles Vorwissen die Studierenden verfügen?

Die Studie ist in einem exploratory mixed-methods Ansatz (Creswell & Creswell, 2017) angelegt. Dabei werden die oben aufgeführten Forschungsfragen mit $N = 17$ Teilnehmenden (12 weiblich und 6 männlich) aus den Studiengängen Bachelor und Lehramt Chemie zwischen 19 und 31 Jahren untersucht. In einem Pre-Post-Design mussten diese vor und nach einer schriftlichen auf dem eingangs erläuterten Scaffold basierenden Aufgabe einen Paper-Pencil Test ausfüllen.

Die Daten aus den schriftlichen Aufgaben wurden mit Hilfe der Software MAXQDA kodiert um anschließend anhand der vergebenen Kodierungen Muster innerhalb eines zweidimensionalen Rasters (Abb. 2) zu generieren.

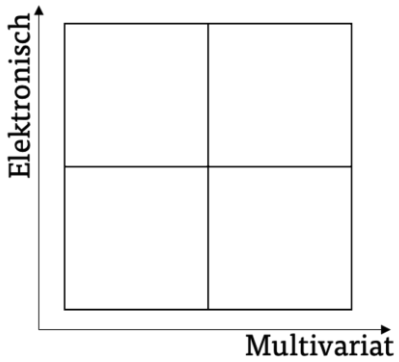


Abb. 2: Raster für die Antwortmuster der Studierenden. In x-Richtung wird die Multivarianz angegeben, in y-Richtung, wie elektronisch elaboriert das Argument ist.

Mit Hilfe der Paper-Pencil Aufgaben wurden die Studierenden in drei Leistungsgruppen eingeteilt, um dann zunächst qualitativ und anschließend mit verschiedenen statistischen Tests zu überprüfen, ob ein Zusammenhang zwischen zugeteilten Gruppen und Mustern besteht.

Ausblick

Die hier vorgestellte Studie befindet sich zurzeit in der Auswertung. Die Ergebnisse werden in einer separaten Publikation vorgestellt und diskutiert werden. Es lässt sich aber bereits feststellen, dass sich das Scaffold zusammen mit den daraus resultierenden Mustern als Diagnosewerkzeug sinnvoll im Unterricht einsetzen lässt. Je nach Zusammenhang mit dem Vorwissen ergeben sich außerdem weitere Möglichkeiten des Einsatzes in Kombination mit weiteren Förderinstrumenten in der Lehre, um den Nutzen für alle Leistungsgruppen zu optimieren. Es lässt sich festhalten, dass das Scaffold eine vielversprechende Chance hinsichtlich des Erlernens kausal-mechanistischen Denkens in der organischen Chemie bietet und sich nach weiterer Untermauerung durch eine quantitative Studie und die direkte Erprobung im (Hoch-)Schulunterricht als fester Bestandteil für eben diesen etablieren könnte.

Literatur

Alfieri L., Nokes-Malach T. J. and Schunn C. D. (2013). Learning Through Case Comparisons: A Meta-Analytic Review, Educ. Psychol., 48 (2), 87-113

Becker N., Noyes K. and Cooper M. (2016). Characterizing Students' Mechanistic Reasoning about London Dispersion Forces, J. Chem. Educ., 93 (10), 1713-1724

Belland B. R. (2017). Instructional scaffolding: foundations and evolving definition. In Instructional Scaffolding in STEM Education. Cham: Springer, 17-53

Bhattacharyya G. (2013). From Source to Sink: Mechanistic Reasoning Using the Electron-Pushing Formalism, J. Chem. Educ., 90 (10), 1282-1289

Bhattacharyya G. and Bodner G. M. (2005). "It gets me to the product": How students propose organic mechanisms, J. Chem. Educ., 82 (9), 1402-1407

Bodé N. E., Deng J. M. and Flynn A. B. (2019). Getting past the rules and to the WHY: Causal mechanistic arguments when judging the plausibility of organic reaction mechanisms, J. Chem. Educ., 96 (6), 1068-1082

Caspari I. and Graulich N. (2019). Scaffolding the structure of organic chemistry students' multivariate comparative mechanistic reasoning, Int. J. Phys. Chem. Educ., 11 (2), 31-43

Caspari I., Kranz D. and Graulich N. (2018). Resolving the complexity of organic chemistry students' reasoning through the lens of a mechanistic framework, Chem. Educ. Res. Pract., 19 (4), 1117-1141

Caspari I., Weinrich M. L., Sevian H. and Graulich N. (2018). This mechanistic step is "productive": Organic chemistry students' backward-oriented reasoning, Chem. Educ. Res. Pract., 19 (1), 42–59

Cooper M. M., Kouyoumdjian H. and Underwood S. M. (2016). Investigating Students' Reasoning about Acid–Base Reactions, J. Chem. Educ., 93 (10), 1703-1712

Creswell J. W. and Creswell J. D. (2017). Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approachesSage publications

Gick M. L. and Paterson K. (1992). Do contrasting examples facilitate schema acquisition and analogical transfer?, Can. J. Psychol., 46 (4), 539

Goodwin W. (2003). Explanation in Organic Chemistry, Ann. N. Y. Acad. Sci., 988 (1), 141–153

Goodwin W. M. (2008). Structural formulas and explanation in organic chemistry, Foundations of Chemistry, 10 (2), 117-127

Graulich N., Hedtrich S. and Harzenetter R. (2019). Explicit versus implicit similarity–exploring relational conceptual understanding in organic chemistry, Chem. Educ. Res. Pract., 20 (4), 924-936

Graulich N. and Schween M. (2018). Concept-Oriented Task Design: Making Purposeful Case Comparisons in Organic Chemistry, J. Chem. Educ., 95 (3), 376-383

Kraft A., Strickland A. M. and Bhattacharyya G. (2010). Reasonable reasoning: Multi-variate problem-solving in organic chemistry, Chem. Educ. Res. Pract., 11 (4), 281–292

Rittle-Johnson B. and Star J. R. (2007). Does comparing solution methods facilitate conceptual and procedural knowledge? An experimental study on learning to solve equations, J. Educ. Psychol., 99 (3), 561-574

Rittle-Johnson B. and Star J. R. (2009). Compared with what? The effects of different comparisons on conceptual knowledge and procedural flexibility for equation solving, J. Educ. Psychol., 101 (3), 529

Russ R. S., Scherr R. E., Hammer D. and Mikeska J. (2008). Recognizing mechanistic reasoning in student scientific inquiry: A framework for discourse analysis developed from philosophy of science, Science Education, 92 (3), 499–525

Schwartz D. L., Chase C. C., Oppezzo M. A. and Chin D. B. (2011). Practicing versus inventing with contrasting cases: The effects of telling first on learning and transfer, J. Educ. Psychol., 103 (4), 759

Sevian H. and Talanquer V. (2014). Rethinking chemistry: A learning progression on chemical thinking, Chem. Educ. Res. Pract., 15 (1), 10–23

Talanquer V. (2014). Chemistry Education: Ten Heuristics To Tame, J. Chem. Educ., 91 (8), 1091–1097

Underwood S. M., Posey L. A., Herrington D. G., Carmel J. H. and Cooper M. M. (2018). Adapting Assessment Tasks To Support Three-Dimensional Learning, J. Chem. Educ., 95 (2), 207-217

Weinrich M. L. and Talanquer V. (2016). Mapping students' modes of reasoning when thinking about chemical reactions used to make a desired product, Chem. Educ. Res. Pract., 17 (2), 394–406

Julia Eckhard[1]
Marc Rodemer[2]
Sascha Bernholt[2]
Nicole Graulich[1]

[1]Universität Gießen
[2]IPN Kiel

„Welches Erklärniveau?“ – Analyse von Erklärungen von Dozierenden der Organischen Chemie

Einleitung und theoretischer Hintergrund

Eine zentrale Herausforderung in der Organischen Chemie (OC) ist der Umgang mit Reaktionsmechanismen. Mechanistische Erklärungen, die beinhalten wie und warum Reaktionsmechanismen ablaufen, ermöglichen ein Verständnis der ablaufenden Prozesse sowie die Möglichkeit der Vorhersage und der Kontrollierbarkeit von Reaktionen (Craver & Darden, 2013).

Viele Studien zeigten bereits, dass Studierende Schwierigkeiten beim mechanistischen Erklären in der OC haben, da sie z. B. kausale Zusammenhänge vernachlässigen, indem sie ihre Behauptungen auf explizite Oberflächenmerkmale anstatt auf implizite Eigenschaften stützen (Bhattacharyya & Bodner, 2005; Graulich & Bhattacharyya, 2017; Strickland et al., 2010). Zudem zeigte sich, dass sich Studierende häufig auf das Auswendiglernen sowie auf die Verwendung von Heurisiken verlassen (Grove & Bretz, 2012; Maeyer & Talanquer, 2010) und fragmentiertes, unverknüpftes Konzeptwissen für ihre Erklärung nutzen (Anzovino & Bretz, 2016).

Die beschriebenen Schwierigkeiten der Studierenden können auf eine unproduktive oder eine fehlende Aktivierung von kognitiven Ressourcen zurückgeführt werden (Hammer et al., 2005). Laut dem Ressourcen-Framework (Hammer et al., 2005) werden kognitive Ressourcen nach der Erwartungshaltung einer Person aktiviert. Je nach Kontext „framed“ („framing“ = Rahmung) eine Person die Situation entsprechend unterschiedlich (Goffman, 1974; Tannen, 1993). Studien weisen darauf hin, dass Lehrende einen bedeutenden Einfluss auf die Aktivierung kognitiver Ressourcen und einhergehend die Entwicklung von Argumentationsfähigkeiten von Lernenden haben (z. B. Hammer et al., 2005; McNeill & Krajcik, 2008; Osborne et al., 2004; Russ, 2018). Weiterhin deuten Forschungsergebnisse im Bereich des mechanistischen Denkens in der Chemie darauf hin, dass sich Lernende an den mechanistischen Erklärungen der Lehrperson orientieren und ihre Erklärungen entsprechend anpassen (Moreira et al., 2019). Folglich könnte die Aktivierung der kognitiven Ressourcen von Lernenden durch Lehrende in Lehr-Lernsituationen unterstützt werden.

Während die Schwierigkeiten von Studierenden beim mechanistischen Denken in der OC gut erforscht sind, ist wenig darüber bekannt wie Lehrende mechanistische Erklärungen in verschiedenen Frames bilden. Im Besonderen ist wenig bekannt, wie sie kausale Zusammenhänge verbalisieren und die Erklärung aufbauen.

Zielsetzung

Die Analyse der mechanistischen Erklärungen von OC-Dozierenden ermöglicht Bezüge zu den erforschten Schwierigkeiten von Studierenden im Bereich von kausalen Zusammenhängen herzustellen und Ressourcen zu identifizieren, die das mechanistische Denken unterstützen.

Studiendesign

Um die mechanistischen Erklärungen von OC-Dozierenden (N = 10 Professor*innen oder Lehrbeauftragte) zu analysieren, wurden Daten mittels qualitativer Interviews, als Teil einer Eye-Tracking Studie (Rodemer et al., 2020), erhoben. Der Ansatz der kontext-abhängigen Ressourcenaktivierung des „Framings“ wurde angewendet, indem die Dozierenden in zwei Szenarien gezielt entwickelte Fallvergleichsaufgaben bearbeiteten (siehe Abb. 1) (Graulich & Schween, 2018). In den Fallvergleichen sollten die Dozierenden entscheiden, welche der beiden dargestellten Reaktionen schneller verläuft. Im ersten Szenario sollten sie zunächst die Fragestellung mental beantworten und anschließend retrospektiv ihre Erklärung formulieren und begründen (intuitiver Frame). Im zweiten Szenario wurden sie gebeten die Reaktionen einem Studierenden mit geringem Vorwissen zu erklären (Lehr-Frame).

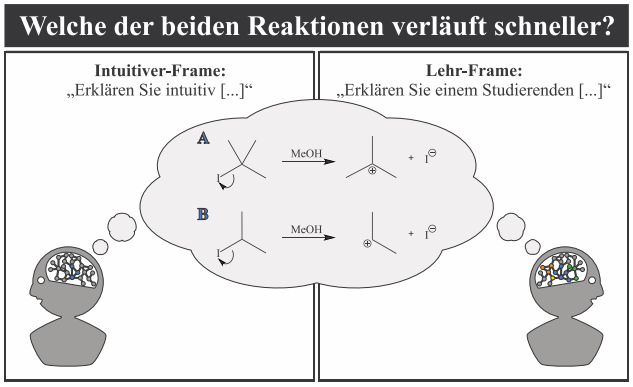


Abb. 1: Framing von Dozierenden. Eine Fallvergleichsaufgabe sollte in zwei Frames (intuitiver Frame und Lehr-Frame) beantwortet werden.

Datenanalyse und erste Ergebnisse

Im Zuge der Datenanalyse wurden die Interviews der OC-Dozierenden transkribiert und mittels MAXQDA kategorisiert. Die Analyse verlief in drei Schritten: I. Analyse der verbalisierten Kausalzusammenhänge, im speziellen Ursache und Wirkung; II. Identifikation, wie beschriebene Ursachen und Wirkungen mit weiteren Erklärelementen umrahmt sind; III. Beschreibung des Aufbaus der Erklärung.

Im ersten Schritt wurde der zentrale Aspekt der *Ursachen* und *Wirkungen* in den Erklärungen der OC-Dozierenden analysiert, in Anlehnung an ein Kategoriensystem von Caspari et al. (2018), das unterschiedliche Komplexitäten von Kausalzusammenhängen betrachtet. Die *Ursachen*, die OC-Dozierenden benannten, wurden in drei Kategorien klassifiziert, abhängig davon, wie sie implizite Eigenschaften beschrieben haben. Die Kategorie *explizit* wurde vergeben, wenn sich auf explizite Strukturmerkmale bezogen wurde (z. B. „tertiäres Substrat vs. sekundäres Substrat“). Die Kategorie *implizit* wurde vergeben, wenn eine implizite Eigenschaft oder ein Konzept benannt wurde (z. B. „aufgrund von Hyperkonjugation“). Die *implizit-elektronische* Kategorie wurde verwendet, wenn als Ursache eine implizite Eigenschaft auf elektronischem Niveau verbalisiert wurde (z. B. „aufgrund von Hyperkonjugation werden Elektronen geschoben“). Die *Wirkung*, die OC-Dozierende verbalisierten, wurde in zwei Kategorien unterteilt, in Abhängigkeit davon, ob sie die Wirkung einer Ursache *nicht-elektronisch* (z. B. „ist stabiler“) oder *elektronisch* (z. B. „Ladung wird abgeschwächt“) verbalisierten. Als Beispiel sei hier Professor M beschrieben, der den Fallvergleich in Abbildung 1 löst. Im intuitiven Frame zieht er eine explizite Ursache heran

(tertiäres Carbeniumion vs. sekundäres). Er verbalisiert, dass dadurch die obere Reaktion schneller ist, benennt aber keine strukturelle Wirkung dieser Ursache im intuitiven Frame.

> Professor M: „*Ja. Die obere Reaktion ist schneller als die untere Reaktion, weil sie über die Bildung eines tertiären Carbeniumions verläuft und nicht eines sekundären.“*

Im Lehr-Frame hingegen, zieht er eine implizite Eigenschaft der Methylgruppen heran, indem er den *+I*-Effekt benennt (implizite Ursache). Weiterhin beschreibt er die Wirkung dieser Ursache, indem er auf die resultierende Stabilität eingeht (nicht-elektronischer Effekt).

> Professor M: *„[…] Sie sehen es, im einen Falle ist es ein tertiäres Carbeniumion, was sich ausbildet, im oberen Beispiel, im unteren Beispiel ein sekundäres Carbeniumion. […] Und anhand des +I-Effektes der Methylgruppen, der ja im oberen Falle stärker ist als im unteren Falle, weil wir oben drei Methylgruppen haben, die einen +I-Effekt ausüben, unten nur zwei Methylgruppen mit +I-Effekt, können wir sehen eben, das obere Carbeniumion ist stabiler und wird sich entsprechend auch schneller bilden.“*

Diese Darstellung der Erklärung von Professor M dient exemplarisch. Ergebnisse zeigen, dass in der Stichprobe im intuitiven Frame vermehrt explizite Ursachen *ohne Wirkung* verbalisiert werden, also unvollständige Ursache-Wirkungs-Beziehungen gebildet werden. Vollständige Ursache-Wirkungs-Beziehungen werden im intuitiven Frame häufig über die Nennung von impliziten Ursachen mit nicht-elektronischer Wirkung gebildet. Letztere findet man ebenfalls im Lehr-Frame. Zudem werden im Lehr-Frame vollständige Ursache-Wirkungs-Beziehungen häufiger über implizit-elektronische Ursachen gemeinsam mit elektronischen Effekten gebildet. Dennoch zeigen sich auch im Lehr-Frame unvollständige Ursache-Wirkungs-Beziehungen, da häufig implizite Ursachen *ohne Wirkung* verbalisiert werden.

Aufgrund der induktiven Analyse der Erklärelemente, die *Ursache* und *Wirkung* umrahmen, konnten die Kategorien: *„Verbalisierung der Herangehensweise“*, „*Beschreibung des Prozesses“* und *„Nennung von allgemeinen Aussagen“* beschrieben werden. Es zeigte sich, dass im intuitiven Frame *Ursache* und *Wirkung* häufig von einer Beschreibung des ablaufenden Prozesses umrahmt werden, während im Lehr-Frame zusätzlich dazu die Herangehensweise sowie allgemeine Aussagen und Regeln verbalisiert werden.

Fazit und Ausblick

Die Analyse der Erklärungen von OC-Dozierenden in unterschiedlichen Frames zeigt, dass Framing für Unterschiede in der Elaboration, Ausführlichkeit und im Aufbau der Erklärung von OC-Dozierenden sorgt. Dies ist nicht überraschend. Die Analyse deckte jedoch auf, dass Unterschiede nicht nur zwischen Erklärungen in den unterschiedlichen Frames vorliegen, sondern ebenfalls Unterschiede zwischen den Dozierenden. Weiterhin zeigte sich, dass die Erklärungen der Dozierenden häufig nicht derartig gestaltet sind, wie es Frameworks, die das mechanistische Denken in der Chemie charakterisieren, fordern, um kausal zu sein (z. B. Sevian & Talanquer, 2014; Caspari et al., 2018). Entsprechend wurden häufig unvollständige Kausalketten gebildet, indem die Wirkung einer beschriebenen Ursache vernachlässigt wurde. Es stellen sich folglich die Fragen, welche Erwartungshaltung an die Erklärung von Studierenden beim mechanistischen Problemlösen gestellt werden kann und wie eine Idealerklärung für Studierende gestaltet werden sollte, um produktive Ressourcen zu aktivieren. Die erhaltenen Ergebnisse dienen zur Entwicklung von Instruktionen, z. B. von Lehrvideos, die Studierende beim mechanistischen Denken, vor allem bei der Bildung von vollständigen Kausalketten, in der OC unterstützen sollen.

Literatur

Anzovino, M. E., & Bretz, S. L. (2016). Organic chemistry students' fragmented ideas about the structure and function of nucleophiles and electrophiles: A concept map analysis. Chemistry Education Research and Practice, 17(4), 1019-1029

Bhattacharyya, G., & Bodner, G. M. (2005). "It Gets Me to the Product": How Students Propose Organic Mechanisms. Journal of Chemical Education, 82(9), 1402-1407

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

Craver, C. F., & Darden, L. (2013). In search of mechanisms: Discoveries across the life sciences. Chicago: University of Chicago Press

Goffman, E. (1974). Frame analysis: An essay on the organization of experience. Cambridge: Harvard University Press

Graulich, N., & Bhattacharyya, G. (2017). Investigating students' similarity judgments in organic chemistry. Chemistry Education Research and Practice, 18(4), 774-784

Graulich, N., & Schween, M. (2018). Concept-Oriented Task Design: Making Purposeful Case Comparisons in Organic Chemistry. Journal of Chemical Education, 95(3), 376-383

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

Hammer, D., Elby, A., Scherr, R. E., & Redish, E. F. (2005). Resources, framing, and transfer. In J. P. Mestre (Ed.), Transfer of Learning from a Modern Multidisciplinary Perspective. Greenwich: Information Age Publishing, 89-119

McNeill, K. L., & Krajcik, J. (2008). Scientific explanations: Characterizing and evaluating the effects of teachers' instructional practices on student learning. Journal of Research in Science Teaching, 45(1), 53-78

Maeyer, J., & Talanquer, V. (2010). The role of intuitive heuristics in students' thinking: Ranking chemical substances. Science Education, 94(6), 963-984

Moreira, P., Marzabal, A., & Talanquer, V. (2019). Investigating the effect of teacher mediation on student expressed reasoning. Chemistry Education Research and Practice, 20(3), 606-617

Osborne, J., Erduran, S., & Simon, S. (2004). Enhancing the quality of argumentation in school science. Journal of Research in Science Teaching, 41(10), 994-1020

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

Russ, R. S. (2018). Characterizing teacher attention to student thinking: A role for epistemological messages. Journal of Research in Science Teaching, 55(1), 94-120

Sevian, H., & Talanquer, V. (2014). Rethinking chemistry: A learning progression on chemical thinking. Chemistry Education Research and Practice, 15(1), 10-23

Strickland, A. M., Kraft, A., & Bhattacharyya, G. (2010). What happens when representations fail to represent? Graduate students' mental models of organic chemistry diagrams. Chemistry Education Research and Practice, 11(4), 293-301

Tannen, D. (1993). Framing in discourse. New York: Oxford University Press

Simon Goertz[1]
Heidrun Heinke[1]

[1]RWTH Aachen University

Förderung experimenteller Kompetenzen durch FLexKom-Lernzirkel

Motivation

Experimentelle Kompetenzen sind in den Bildungsstandards der KMK (vgl. KMK, 2005) sowie in deutschen Lehrplänen fest verankert. Die Förderung dieser Kompetenzen ist ein wichtiges Ziel des naturwissenschaftlichen Unterrichts, insbesondere auch des Physikunterrichts. Um Lehrkräfte bei der Förderung solcher Kompetenzen zu unterstützen und dafür insbesondere auch geeignete Experimente zur Verfügung zu stellen, ist an der RWTH Aachen eine neue Plattform konzipiert worden, die Unterrichtsmaterialien anbietet (vgl. Goertz et al., 2019 und Goertz et al., 2020). Diese Plattform trägt den Namen FLexKom (**F**ördern und **L**ernen **ex**perimenteller **Kom**petenzen) und ist frei zugänglich[1].

Materialien und Lernzirkel der Plattform FLexKom

Auf der Plattform werden einzelne Module bereitgestellt, die jeweils eine experimentelle Teilkompetenz (z.B. den elektronischen Versuchsaufbau realisieren oder die Variablenkontrollstrategie anwenden) fokussieren. Die einzelnen Module können methodisch in einem Lernzirkel eingesetzt werden, wobei die Konzeptionsidee der Plattform bestimmte Rahmenbedingungen für diese Lernzirkel vorsieht, die in Goertz et al., 2019 erläutert werden. Typischerweise werden in einem Lernzirkel der Plattform fünf Module eingesetzt. Die Zusammenstellung der Module kann dabei nach verschiedenen Aspekten vorgenommen werden. Eine Möglichkeit besteht darin, dass man mehrere Kompetenzen in dem Lernzirkel thematisiert, wobei die jeweiligen Thematiken aus einem gemeinsamen Inhaltsfeld (z.B. Elektrizitätslehre) stammen (Typ-A Lernzirkel „Breitband“). Es können aber auch fünf Module gewählt werden, die eine gleiche Kompetenz fokussieren (z.B. Variablenkontrollstrategie), aber dabei auf verschiedene Inhaltsbereiche zurückgreifen (Typ-B Lernzirkel „Schwerpunkt“).

Forschungsfrage und Hypothesen

Im Rahmen eines Promotionsvorhabens werden zwei FLexKom Lernzirkel evaluiert, wobei sich dieser Beitrag auf einen Typ-A Lernzirkel bezieht und mit der folgenden Forschungsfrage auseinandersetzt: FF1 *Inwiefern fördert der ausgewählte Lernzirkel der Plattform FLexKom experimentelle Kompetenzen unter schulpraxistauglichen Rahmenbedingungen?* Andere Forschungsvorhaben konnten bereits eine explizite Förderung als besonders effektiv im Vergleich zu einer impliziten herausstellen (vgl. Vorholzer, 2016 und Schwichow, 2015). Mit diesen Erkenntnissen ergeben sich bezüglich der oben formulierten Forschungsfrage die Hypothesen, dass man durch den Einsatz der FLexKom-Lernzirkel einen signifikanten Lernzuwachs in den einzelnen geförderten Teilkompetenzen feststellen kann (H1.1) und dass im Lernzirkel nicht geförderte Teilkompetenzen keinen signifikanten Lernzuwachs aufweisen (H1.2).

Testinstrument und Interventionsaufbau

Um die Forschungsfragen beantworten und die Hypothesen bewerten zu können, werden Testinstrumente benötigt, die experimentelle Kompetenzen erfassen können. Zunächst wird mit dem MeK LSA Test (Messung experimenteller Kompetenz in Large Scale Assessments) ein validiertes Instrument verwendet, das verschiedene experimentelle Teilkompetenzen durch eine simulative Durchführung eines Versuchssettings misst[2]. In dem Test stehen verschiedene

[1] Die Plattform kann über den Link www.sciphylab.de/flexkom erreicht werden.

[2] Wir möchten uns herzlich bei den Entwicklern, insbesondere bei Prof. Dr. Heike Theyßen, bedanken.

Inhaltsfelder (Elektrizitätslehre, Mechanik und Optik) und Items (Versuchsplanung, Aufbau von Experimenten, Durchführung und Auswertung von Messungen) zur Verfügung, die jeweils einen Teilbereich des Experimentierens behandeln. Nähere Informationen zum MeK LSA Test finden sich in Theyßen et al., 2016. Der Einsatz des Testinstruments und der Lernzirkel sind in eine Intervention integriert, die in Abbildung 1 dargestellt ist.
Mit einem Prä-Test wird das Vorwissen der Probanden untersucht. Danach erfolgt die Intervention, welche aus einer Motivationsphase, der Lernzirkeldurchführung und einer Sicherungsphase besteht. Um den Lernzuwachs belegen zu können wird ein Post-Test im Anschluss daran eingesetzt. Für das gesamte Design sind insgesamt drei Doppelstunden verwendet worden. Für einen Teil der Probanden gab es zusätzlich einen Follow-up-Test.

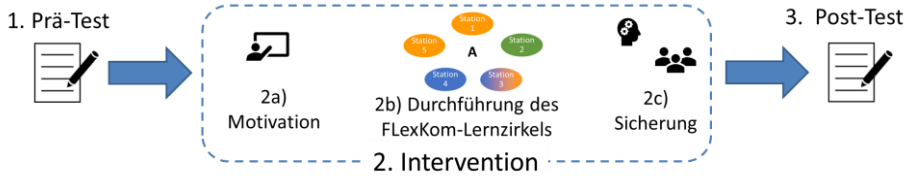


Abb.1: Aufbau der Studie. Nach dem Prä-Test findet die Intervention, bestehend aus einer Motivation, der Lernzirkeldurchführung und einer Sicherung, statt. Darauf folgt der Post-Test.

Stichprobe
Die Stichprobe der Pilotierung umfasst fünf gymnasiale Schulklassen aus der Region Aachen. Die Schülerinnen und Schüler (SuS) waren zwischen 12 und 14 Jahren alt (42% weiblich, 41% männlich, 17% divers oder ohne Angabe). Insgesamt haben an der Prä-Erhebung 127 SuS teilgenommen. Da eine Klasse nicht den Post-Test durchgeführt hat, ist die Anzahl mit 102 SuS zu diesem zweiten Zeitpunkt geringer.
Der MeK LSA Test stellt ein besonderes Testinstrument dar, welches eine möglicherweise tiefergehende Auseinandersetzung mit der Thematik bedingt als es bspw. ein Paper-Pencil Test mit Multiple-Choice Fragen leistet. Aus diesem Grund ist auch eine Kontrollgruppe untersucht worden, die nur an der Prä- und Post-Testphase teilnahm, um einen möglichen Einfluss des Testinstruments erfassen zu können. Diese Gruppe umfasst 52 SuS (60% weiblich[3], 19% männlich, 21% divers oder ohne Angabe) im Alter von 14-15 Jahren.

Ergebnisse
Der MeK LSA Test umfasst, wie oben erwähnt, verschiedene Teilbereiche. Exemplarisch wird hier der Teilbereich „Aufbau“ (Versuchsaufbau) betrachtet. Um die Entwicklung der Leistungen vom Prä- zum Post-Test sowie die Entwicklung der beiden Gruppen (Interventions- und Kontrollgruppe) zu analysieren, wurde eine Varianzanalyse durchgeführt. In Abbildung 2 sind beispielhaft die Ergebnisse für den Bereich „Aufbau“ dargestellt.
Man erkennt anhand der Abbildung 2 zum einen, dass es einen höchst signifikanten Interaktionseffekt (zwischen Testzeitpunkt und Gruppenzugehörigkeit) mit großer Effektstärke gibt ($F(1,38.79)=18.93$, $p < 0.1\%$, $\eta^2 = 0.176$), wobei eine robuste Varianzanalyse angewandt wurde (vgl. Mair und Wilcox, 2020). Die Interventionsgruppe verändert sich zwischen den Testzeitpunkten höchst signifikant mit einer großen Effektstärke ($p < 0.1\%$, $r=0.47$ bzw. $d=0.91$). Dagegen sieht man bei der Kontrollgruppe keine signifikante Veränderung in den Ergebnissen zum Bereich „Aufbau“.

[3] Eine Klasse der Kontrollgruppe entstammt einem Mädchengymnasium.

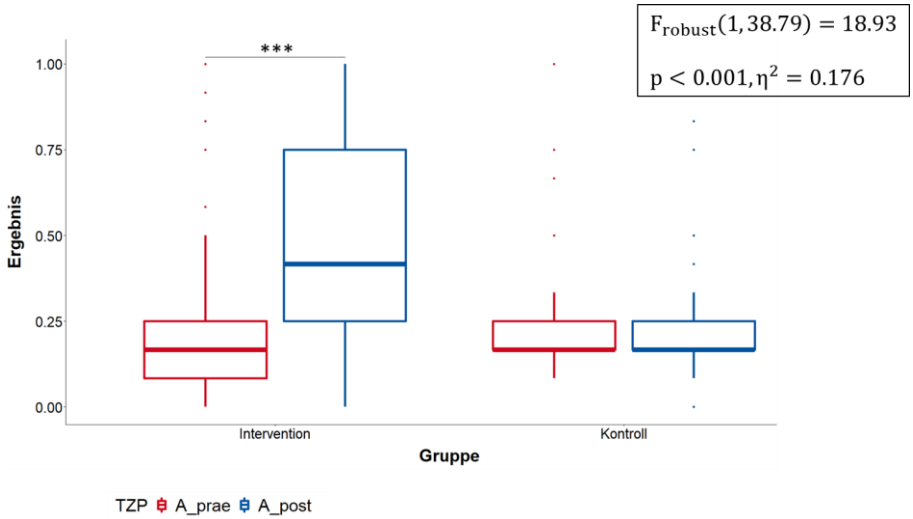


Abb.2: Ergebnisse der Varianzanalyse zum Kompetenzbereich „Aufbau". Der Interaktionseffekt von Testzeitpunkt (TZP) und Gruppenzugehörigkeit ist höchst signifikant mit großer Effektstärke ($\eta^2 = 0.176$). *Die Ergebnisse der Interventionsgruppe unterscheiden sich höchst signifikant zwischen den beiden TZP. Die Kontrollgruppe zeigt keine solche Entwicklung.*

Für den Bereich „Diagramm" (Diagrammerstellung) sind ähnliche Ergebnisse bezüglich der Signifikanzniveaus zu verzeichnen, wobei die Effektstärken im mittleren Bereich sowohl bei der Interaktion als auch bei der Veränderung der Ergebnisse der Interventionsgruppe liegen. Für die Kontrollgruppe konnte erneut keine signifikante Veränderung gefunden werden. Die beiden Kompetenzbereiche „Aufbau" und „Diagramm" sind durch Module im Lernzirkel gefördert worden.
Im Gegensatz dazu ist die Kompetenz der Versuchsplanung nicht explizit gefördert worden. Erwartungskonform erkennt man auch keine signifikante Änderung der entsprechenden Ergebnisse in beiden Gruppen.

Zusammenfassung und Ausblick

Mit diesem Beitrag wurden ausgewählte Ergebnisse der Evaluation der FLexKom-Lernzirkel präsentiert. Bezüglich der gestellten Forschungsfrage konnte die Hypothese H1.1 mit den Ergebnissen bestätigt werden. Die Verbesserung der Testergebnisse im Post-Test zeigt einen signifikanten Lernzuwachs bei den geförderten Teilkompetenzen. Zudem wird auch die Hypothese H1.2 verifiziert, da die nicht geförderte Teilkompetenz in den Testergebnissen auch keine signifikante Veränderung aufweist. Durch die Analyse der Ergebnisse der Kontrollgruppe konnte zudem gezeigt werden, dass das gewählte Testinstrument keinen Einfluss auf die Ergebnisse hat. Dies lässt die Schlussfolgerung zu, dass die einzelnen Module im Lernzirkel in Kombination mit der Motivations- und Sicherungsphase für den Lernzuwachs sorgen und damit das Konzept des Einsatzes von Lernzirkeln zur Förderung experimenteller Kompetenzen erfolgreich ist.
Neben diesen Resultaten konnten ähnliche Ergebnisse auch für den Bereich der Variablenkontrolle gezeigt werden. Die Lernzuwächse wurden bei SuS verschiedener Leistungsniveaus festgestellt. Eine ausführliche Analyse dieser Zusammenhänge sowie die Abgrenzung des Typ-A Lernzirkels von einem Typ-B Lernzirkel, der nur die Variablenkontrolle fokussiert, wird als nächster Forschungsschritt vorgenommen.

Literatur

Goertz, S., Klein, P., Riese, J. & Heinke, H. (2019). Die Plattform „FLexKom“ zur Förderung experimenteller Kompetenzen – Konzept und Einsatzbeispiele. In: PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung 2019, Aachen.

Goertz, S, Götze, B. D. und Heinke, H. (2020). Unterstützung für Lehrkräfte beim Umgang mit Messdaten im Physikunterricht. In: S. Habig (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Wien 2019. Universität Duisburg-Essen, S. 114–117.

KMK (2005). Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss. Beschluss vom 16.12.2004. www.kmk.org/fileadmin/veroeffent-lichungen_beschluesse / 2004 / 2004 _ 12 _ 16 - Bildungsstandards - Physik - Mittleren -SA.pdf. Abgerufen: 06.07.2020.

Mair, P. und Wilcox, R. (2020). Robust statistical methods in R using the WRS2 package. Behavior Research Methods. 52, S. 464–488.

Schwichow, M. G. (2015). Förderung der Variablen-Kontroll-Strategie im Physikunterricht. Dissertation. Christian-Albrecht-Universität zu Kiel.

Theyßen, H., Schecker, H., Neumann, K., Eickhorst, B. & Dickmann, M. et al. (2016). Messung experimenteller Kompetenz - ein computergestützter Experimentiertest. In: Physik und Didaktik in Schule und Hochschule (PhyDiD) 15(1), S. 26-48.

Vorholzer, A. (2016). Wie lassen sich Kompetenzen des experimentellen Denkens und Arbeitens fördern? – Eine empirische Untersuchung der Wirkung eines expliziten und eines impliziten Instruktionsansatzes. Berlin: Logos Verlag.

Lukas Mientus[1]
Peter Wulff[1]
Anna Nowak[1]
Andreas Borowski[1]

[1]Universität Potsdam

Zusammenhänge zwischen Reflexionskompetenz und Facetten der professionellen Handlungskompetenz angehender Physiklehrkräfte

Reflexion wird als Schlüsselbedingung beschrieben, um professionelle Handlungskompetenzen angehender Lehrkräfte zu entwickeln (Korthagen & Kessels, 1999). Nach von Aufschnaiter, Fraij und Kost (2019) ist „Reflexion […] 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 eine Beziehung hergestellt wird, mit dem Ziel, die eigenen Kenntnisse, Einstellungen ... und/oder das eigene Denken und Verhalten (weiter-)zuentwickeln.“ (v. Aufschnaiter, Fraij & Kost, 2019, S. 148). Wenig empirisch untersucht ist bisher allerdings, inwieweit der Prozess des strukturierten Analysierens mit persönlichen Überzeugungen/Werthaltungen, motivationalen Orientierungen und selbstregulativen Fähigkeiten zusammenhängen. In der vorliegenden Arbeit sollen deshalb Zusammenhänge dieser Konstrukte auf der Basis etablierter Modelle und Skalen explorativ untersucht werden.

Reflexion von Physikunterricht

Die oben angeführte Definition von Reflexion legt nahe, dass Strukturiertheit ein Qualitätsmerkmal einer Reflexion sein kann. Um Strukturiertheit zu operationalisieren, haben Nowak, Kempin, Kulgemeyer und Borowski (2019) ein Reflexionsmodell adaptiert, in dem eine vollständige Reflexion die Elemente der Beschreibung einer (Unterrichts-)Situation, der Bewertung des Verhaltens der Lehrenden und Lernenden, der Ableitung von Alternativen sowie Konsequenzen für die eigene professionelle Entwicklung enthält. Dabei wird das Formulieren von Alternativen und Konsequenzen als zentraler für eine Reflexion angesehen, als das Beschreiben und Bewerten einer Unterrichtssituation (Poldner et al., 2014). Das Reflexionsmodell wurde insbesondere für schriftliche Reflexionen entwickelt. Schriftliche Reflexionen bieten den Vorteil, dass Lehrkräfte ein externalisiertes Produkt erzeugen, das unabhängig diskutiert werden kann (Poldner et al., 2014) und darüber hinaus handlungsnah Kompetenzen abbildet (Nehm und Härtig, 2012). In der vorliegenden Studie sollen unter Nutzung dieses Reflexionsmodells Zusammenhänge der Eigenschaften von Reflexionstexten mit Facetten der professionellen Handlungskompetenz (Einstellungen, Werte und Orientierungen) explorativ untersucht werden. Folgende Forschungsfragen werden in diesem Zusammenhang bearbeitet:

F1: Inwieweit hängen Textlänge und Strukturiertheit von Reflexionstexten mit Reflexionskompetenz zusammen?
F2: Auf welche Weise hängt die Strukturiertheit der Reflexionstexte mit Einstellungen, Werten und motivationalen Orientierungen zusammen?

Methode

Zur Untersuchung der Forschungsfragen wurden für die Teilnahme an einer Online-Videovignette N=54 (w=15 | m=39) Teilnehmende gewonnen, die sich über Bachelor, Master

und Referendariat verteilten. Die Teilnehmenden (1) lernten das Reflexionsmodell durch einen Informationstext kennen und (2) sahen im Anschluss einen 15-minütigen Videoausschnitt einer Physikunterrichtsstunde. Danach (3) verfassten sie den Reflexionstext. Abschließend (4) wurden Einschätzungen zur wahrgenommenen Unterrichtsqualität (Schlesinger, 2018), zur reflexionsbezogenen Selbstwirksamkeit (Lohse-Bossenz, Schönknecht & Brandtner, 2018) und zum Wert einer Reflexion (Eigenentwicklung), sowie personenbezogenen Daten erfasst. Die erhobenen Skalen (jeweils 5-stufig-Likert) der wahrgenommenen Unterrichtsqualität (60 Items, α = .94), der reflexionsbezogenen Selbstwirksamkeit (12 Items, α = .79) und der Wertkomponente (3 Items, α = .81) erwiesen sich als intern konsistent.

Alle Reflexionstexte wurden entsprechend den Elementen des Reflexionsmodells (Beschreibung (*Bes*), Bewertung (*Bew*), Alternativen (*Alt*) und Konsequenzen (*Kons*)) von einem geschulten Rater kodiert. Gegenkodierungen mit einem zweiten, unabhängigen Rater für eine Teilstichprobe der Daten ergaben gute Übereinstimmungen (Cohens kappa>.80). Die mittlere Textlänge war 752 Worte (*SD*=314). Um Strukturiertheit zu messen, wurde angenommen, dass der mittlere Anteil an den Elementen ein Indikator für die Anordnung ist. Die mittleren Anteile wurden über Reflexionstexte, die in einer Vorstudie erhoben wurden (*N*=232), bestimmt. Nach Analyse dieser Reflexionstexte wurde normativ eine Verteilung von 40% *Bes*, 30% *Bew*, 15% *Alt* und 15% *Kons* als repräsentativ gesetzt. Auf dieser Basis wurde die Übereinstimmung einer jeden Reflexion (*N*=54) mit dieser Verteilung abgeglichen und jeweils ein Score von -1 (ganz fehlstrukturiert) bis 1 (exakt strukturiert und verteilt) berechnet.

Ergebnisse

Textlänge und Struktur der Reflexionstexte (F1): In Abbildung 1 ist die Verteilung der Elemente einer Reflexion in den Reflexionstexten und die Verteilung des Grades der Strukturiertheit veranschaulicht. Zu erkennen ist, dass die Teilnehmenden erwartungsgemäß sehr viel beschreiben und bewerten und weniger Alternativen und Konsequenzen formulieren. Der Grad der Strukturiertheit bildet eine große Spannweite ab, das heißt, dass es den Teilnehmenden unterschiedlich gelungen ist, das vorgegebene Reflexionsmodell im eigenen Reflexionstext umzusetzen.

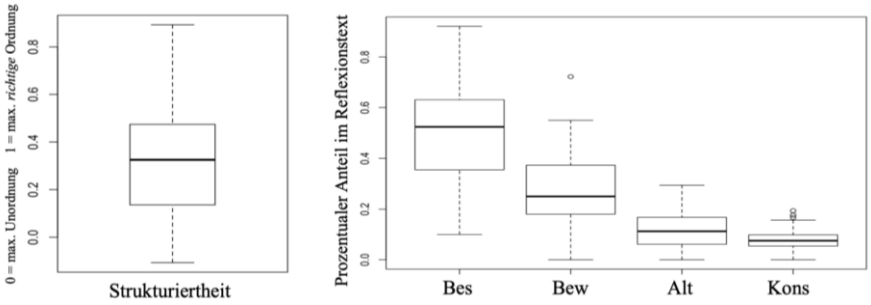


Abb. 1: Grad der Strukturiertheit und Verteilung der Reflexionselemente

Die Zusammenhänge der prozentualen Anteile der Elemente (*Bes*, *Bew*, *Alt*, *Kons*) ergeben hoch signifikante negative Korrelationen zwischen Beschreibungen und allen weiteren Elementen (siehe Abb. 2, links). Das bedeutet, dass in Texten, in welchen ein großer Anteil für die Formulierung von Beschreibungen genutzt wird, weniger Bewertungen, Alternativen und/oder Konsequenzen formuliert werden. Eine signifikant positive Korrelation ergibt sich

zwischen dem prozentualen Anteil an formulierten Alternativen und Konsequenzen. Wer also mehr Alternativen formuliert, formuliert auch mehr Konsequenzen.
Kein Zusammenhang wurde zwischen der Textlänge und den Anteilen der Elemente identifiziert. Das deutet darauf hin, dass die Länge eines Reflexionstextes keinen Einfluss auf die Güte eines Reflexionstextes hat. Betrachtet man die absoluten Anteile (also die reine Wortzahl) der Elemente ergibt sich kein Zusammenhang zwischen Beschreibung und den weiteren Elementen. Signifikant positive Korrelationen ergeben sich zwischen den absoluten Häufigkeiten an Bewertungen, Alternativen und Konsequenzen (siehe Abb. 2, rechts). Wer also mehr Bewertungen vornimmt, formuliert auch mehr Alternativen und Konsequenzen.
Ein negativer Zusammenhang stellt sich zwischen dem Grad der Strukturiertheit und dem absoluten Anteil an Beschreibungen dar. Das heißt: wer dem Reflexionsmodell entsprechend einen Text verfasst, formuliert weniger Beschreibungen. Somit steht in diesem Fall mehr Platz für die übrigen Elemente zur Verfügung. Dies deutet die positive Korrelation zwischen der Strukturiertheit und dem absoluten Anteil formulierter Konsequenzen zusätzlich an (Abb. 2).

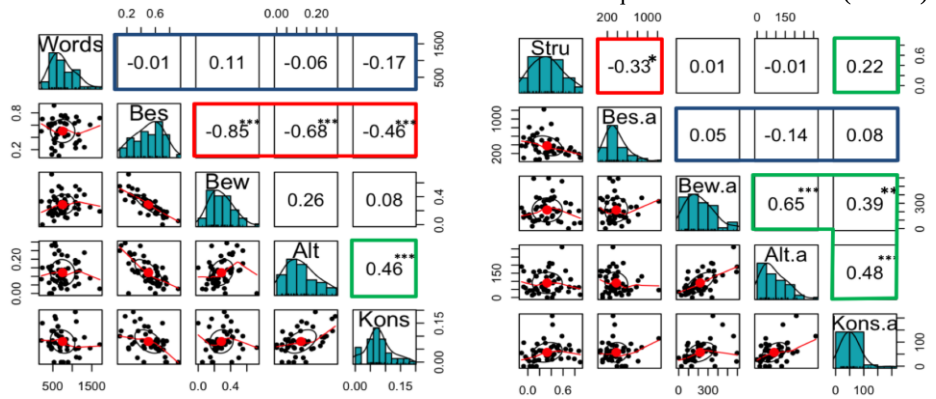


Abb. 2: Einfluss von Textlänge und Grad der Strukturiertheit

Strukturiertheit eines Reflexionstextes und Aspekte professioneller Handlungskompetenz (F2): In unserer Stichprobe konnten signifikant positive Korrelationen zwischen allen Skalen (wahrgenommene Unterrichtsqualität, reflexionsbezogene Selbstwirksamkeit und Wert; mittlere Korrelation: $r = .38^{**}$) gemessen werden. Keine Zusammenhänge der Skalen wurden mit der Strukturiertheit festgestellt ($r < .10$).

Diskussion

Zusammenfassend kann bestätigt werden, dass die Wertigkeit positiv mit der Strukturiertheit eines Reflexionstextes korreliert (vgl. Poldner et al., 2014; Hatton & Smith, 1995). Des Weiteren korrelieren Selbstwirksamkeit, Wert und die wahrgenommene Unterrichtsqualität signifikant positiv zueinander, ohne Zusammenhang zum Grad der Strukturiertheit. Fehlende Zusammenhänge könnten an der eingeschränkten Operationalisierung der Strukturiertheit liegen. Weiterhin muss einschränkend gesagt werden, dass Rückschlüsse auf die tatsächliche Reflexionskompetenz der Teilnehmenden nicht möglich sind.
Die vorliegende Studie leistet einen Beitrag dazu, das Genre Reflexionstexte im Zusammenhang der Physik im Sinne einer Reflective Writing Analytics besser zu verstehen. Ziel ist es, über das Verständnis der Funktionsweise von Reflexionstexten Interventionsmöglichkeiten in schulpraktischen Ausbildungsphasen zu entwickeln, die die Entwicklung der Reflexionskompetenz angehender Physiklehrkräfte fördern.

Literatur

Aufschnaiter, C. von , Fraij, A., & Kost, D. (2019). Reflexion und Reflexivität in der Lehrerbildung. HLZ (2019), 2, 144–159. https://doi.org/10.4119/UNIBI/hlz-144

Buckingham Shum, S., Sándor, Á., Goldsmith, R., Bass, R., & McWilliams, M. (2017). Towards Reflective Writing Analytics: Rationale, Methodology and Preliminary Results. Journal of Learning Analytics, 4(1), 58–84. https://doi.org/10.18608/jla.2017.41.5

Hatton, N. & Smith, D. (1995). Reflection in Teacher Education: Towards Definition and Implementation. Teaching and Teacher Education, 11 (1), 33-49.

Korthagen, F. A., & Kessels, J. (1999). Linking Theory and Practice: Changing the Pedagogy of Teacher Education. Educational Researcher, 28(4), 4–17.

Lohse-Bossenz, H., Schönknecht, L. und Brandtner, M. (2018). Entwicklung und Validierung eines Fragebogens zur Erfassung Reflexionsbezogener Selbstwirksamkeit von Lehrkräften im Vorbereitungsdienst, Empirische Pädagogik.

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.

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. Publisher: Universität Regensburg, 838 – 841.

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. https://doi.org/10.1080/02619768.2014.892479.

Schlesinger, L., Jentsch, A., Kaiser, G., König, J. & Blömeke, S. (2018). Subject-specific characteristics of instructional quality in mathematics education. ZDM Mathematics Education, 50(3), 475-490.

Benjamin Heinitz[1]
Andreas Nehring[1]

[1]Leibniz Universität Hannover

Beurteilung von Unterrichtsqualität im Referendariat

Projekthintergrund

Die Bewertung von Unterrichtsqualität nimmt in der zweiten Phase der Lehramtsausbildung eine zentrale Rolle ein. Im Verlauf des Referendariats finden regelmäßige Unterrichtsbesuche durch Fach- bzw. Seminarleiter*innen statt sowie ein abschließender Prüfungsunterricht, in denen der Unterricht der Referendar*innen bewertet wird. Diese Unterrichtsbesuche sind außerdem an Reflexionsgespräche gekoppelt, in denen die Beobachtungen, Interpretationen und Bewertungen als Beratungsgrundlage für die weitere Ausbildung genutzt werden.
Die Wahrnehmung von Unterrichtsqualität wurde in den letzten Jahren bereits in vielen Aspekten detailliert untersucht: So konnte bei einer kritischen Betrachtung der Beobachterperspektive festgestellt werden, dass ein Beurteilereffekt zu einer Varianz in der Bewertung führen kann (Praetorius, 2013). Bei einer Untersuchung der Wahrnehmung von Unterrichtsqualität aus unterschiedlichen Perspektiven (Lehrer*innen, Schüler*innen, Beobachter*innen), konnte festgestellt werden, dass die jeweiligen Perspektiven einen Einfluss auf die Bewertung haben können (Fauth, Decristan, Rieser, Klieme, & Büttner, 2014). Aber auch bei einer Untersuchung der Unterrichtsqualität durch unterschiedliche Instrumente konnte eine Varianz in der Bewertung festgestellt werden (Brunner, 2018). Die Gruppe der Fach- und Seminarleiter*innen als Beurteiler von Unterrichtsqualität sind jedoch weitgehend unerforscht. Auch wenn ein Zusammenspiel der individuellen Faktoren einen Unterschied in der Wahrnehmung der Unterrichtsqualität bereits anbahnt, stellt sich doch die Frage, inwiefern dies zu einer abweichenden Bewertung einer Unterrichtsstunde führt.

Zielstellung

Vor diesem Hintergrund bestand das Ziel darin eine direkte Gegenüberstellung der Bewertung einer Unterrichtsstunde durch verschiedene Fach- und Seminarleiter*innen zu erstellen. Die konkreten Fragestellungen waren hierbei:
Welche Kriterien für Unterrichtsqualität werden zur Bewertung verwendet und wie werden diese eingeschätzt?
Wie homogen ist die Gruppe der Fach- und Seminarleiter*innen in der Bewertung derselben Unterrichtsstunde?

Methodisches Vorgehen

Um den Fach- und Seminarleiter*innen eine gemeinsame Basis der Bewertung zu bieten, wurde im Vorfeld ein Video aufgezeichnet, das eine Referendarin in einer 45-minütigen Chemiestunde zeigt. Diese Stunde wurde dann in 17 leitfadengestützten Einzelinterviews als Grundlage für die Bewertung einer typischen Chemiestunde verwendet, wobei der Unterrichtsentwurf den Interviewten im Vorfeld zur Verfügung gestellt wurde. Die Interviews wurden vollständig aufgezeichnet, transkribiert, in Kodiereinheiten unterteilt und anschließend kodiert. Da die Nutzung der Kriterien freigestellt war, wurde für die Kodierung eine möglichst umfangreiche Systematisierung von Unterrichtsqualität benötigt, welche in Form der naturwissenschaftsdidaktischen Perspektivierungen (Heinitz & Nehring, 2020)

vorlag. Diese 50 Perspektivierungen enthalten sowohl generische, als auch fachspezifische und hybridisierte Kriterien und stehen darüber hinaus in einem Bezugsrahmen zum generischen Syntheseframework (Praetorius, Herrmann, Gerlach, Zülsdorf-Kersting, Heinitz & Nehring, 2020), wodurch Kriterien für Unterrichtsqualität in diesem System vergleichbar verortet werden können. Neben der Zuteilung der Kodiereinheiten zu den 50 naturwissenschaftsdidaktischen Perspektivierungen wurde auch die Qualität der Wahrnehmung durch die Fach- und Seminarleiter*innen in vier Stufen erfasst und ebenso die Wertung des jeweiligen Kriteriums für Unterrichtsqualität durch die Fach- und Seminarleiter*innen in fünf Abstufungen.

Die vier Stufen der Wahrnehmungsqualität umfassen dabei:

1. Die einfache Nennung einer Perspektivierung als Kriterium für Unterrichtsqualität.
2. Die Nennung einer Perspektivierung mit einem Bezug zur angesehenen Stunde.
3. Die Nennung einer Perspektivierung mit einem Vorschlag zur Verbesserung der angesehenen Stunde.
4. Die Nennung und Vernetzung einer Perspektivierung mit anderen Kriterien der Unterrichtsqualität.

Die fünf Stufen der Wertung einer Perspektivierung durch die Fach- und Seminarleiter*innen beziehen sich jeweils auf die Gesamtheit aller, in einer Perspektivierung verorteten, Aussagen. Dabei werden die einzeln kodierten Aussagen der Interviewten untersucht und mit einer Wertung (positiv, neutral, negativ) versehen. Anschließend wurden alle Aussagen, die einer Perspektivierung zugeordnet wurden gesammelt und die Gesamtwertung in einem fünfstufigen Spektrum von „vollständig positiv“ bis „vollständig negativ“ verortet. Zusätzlich wurde die Benotung der Unterrichtsstunde vor zwei potentiellen Hintergründen erfasst: 1. Die Benotung der Stunde in einem Unterrichtsbesuch im 12. Monat des Referendariats (Abb. 1 blau). 2. Die Benotung der Stunde als Prüfungsunterricht am Ende des Referendariats (Abb. 1 orange).

Ergebnisse

Die Bewertungen der Unterrichtsstunde durch die Fach- und Seminarleiter*innen fielen insgesamt sehr unterschiedlich aus. Hierbei unterschieden sie sich sowohl in den ausgewählten

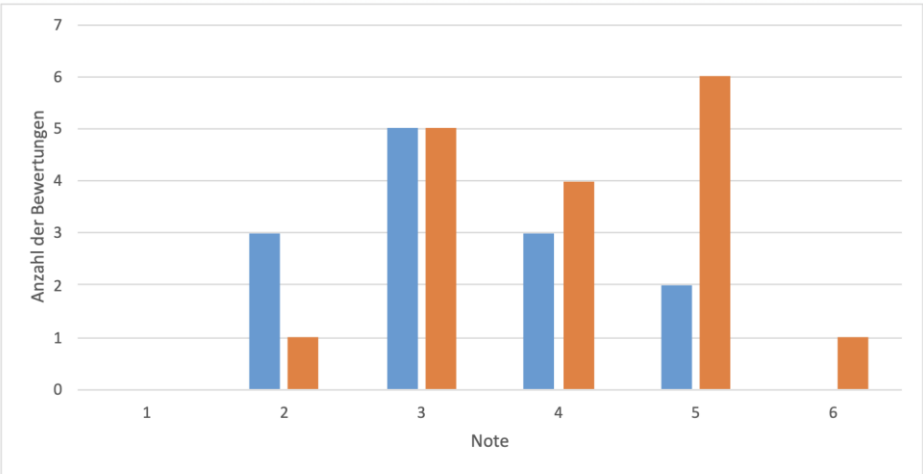


*Abbildung 1:Benotung der Unterrichtsstunde durch die Fach- und Seminarleiter*innen*

Qualitätskriterien, als auch in der Wertung derselben Kriterien. Diese heterogenen Wahrnehmungen und Wertungen der Unterrichtsqualität bilden sich dann auch in der Benotung der Unterrichtsstunde (Abb. 1) ab. Für den Prüfungsunterricht würde aus dieser heterogenen Benotung folgen, dass dieselbe Referendarin mit derselben Stunde in 10 Fällen bestanden hätte und in 7 Fällen durchgefallen wäre. Bei einer Betrachtung der einfachen Nutzung von Kriterien zur Bewertung der Unterrichtsstunde lassen sich 3 Typen von Perspektivierungen herausstellen: 1. Perspektivierungen die von (fast) allen Interviewten für die Benotung herangezogen wurden. 2. Perspektivierungen die nur von einem Teil der Interviewten genutzt wurden. 3. Perspektivierungen die nicht, oder nur selten zur Bewertung genutzt wurden. Vor allem der zweite Fall wirft hierbei die Frage auf, ob ein Teil der Fach- und Seminarleiter*innen die jeweilige Perspektivierung nicht wahrgenommen, oder lediglich nicht als relevantes Kriterium eingestuft haben. Hierfür bietet die „Aktivierung von Vorwissen“ ein gutes Beispiel, da sie von knapp der Hälfte (9/17) der Interviewten genutzt wurde und in 8 Fällen sogar ein Verbesserungsvorschlag für die Stunde angeboten wurde, wohingegen die andere Hälfte diese Perspektivierung nicht nutzte. Weiterhin können Unterschiede in der Bewertung der Kriterien einen guten Ansatz für eine detaillierte Untersuchung bieten. Auch hierbei konnten, selbst bei Kriterien die von allen Interviewten genutzt wurden, starke Unterschiede herausgestellt werden. Im Fall der „Motivierenden Einbettung von Inhalten“ wird beispielsweise zwischen einer „vollständig positiven“ und einer „vollständig negativen“ Bewertung jede mögliche Abstufung durch mindestens einen der Fach- und Seminarleiter*innen erreicht. Weiterhin können auch bei Perspektivierungen, die im Gesamtbild relativ konsistent bewertet wurden, z.B. die „Auswahl und Einbindung von Fachinhalten“, widersprüchliche Aussagen gefunden werden.

Diskussion

Die Auswertung und Gegenüberstellung der Interviews und der Bewertungen einer Unterrichtsstunde verdeutlicht, dass die Gruppe der Fach- und Seminarleiter*innen trotz einer theoretisch vergleichbaren Expertise vergleichsweise heterogen ist. Dies kann vor allem durch die individuellen Hintergründe der Interviewten und fehlender einheitlicher Voraussetzungen für die Besetzung einer Fach- bzw. Seminarleiter*innenstelle liegen, zumal die Interviewten teilweise in unterschiedlichen Bundesländern tätig sind. Hierbei bleibt die Frage offen, inwiefern dies für die Lehramtsausbildung eine geeignete Basis für die Ausbildung von Referendar*innen darstellt und ob diese für eine vergleichbare Qualifikation stärker vereinheitlicht werden sollte. Schließlich kann die Notenvergabe die Bewerbungs- und Karrierechancen für den Schuldienst stark beeinflussen.

Auch können die Unterschiede in Wahrnehmung und Bewertung, die im Verlauf dieser Untersuchung herausgestellt wurden, gut für eine weiterführende Untersuchung bzw. eine Intervention genutzt werden, um die Bewertung von Unterrichtsstunden im Referendariat gezielt vergleichbarer zu gestalten.

Danksagung:

Wir danken den 17 Fach- und Seminarleiter*innen für Ihre Teilnahme an den Interviews und die tiefgehenden Einblicke in die zweite Phase der Lehramtsausbildung die uns dadurch geboten wurde.

Wir danken außerdem Jasmin Meyer und Jos Oldag für die Durchführung der Interviews.

Literatur

Brunner, E. Qualität von Mathematikunterricht: Eine Frage der Perspektive. J Math Didakt 39, 257–284 (2018). https://doi.org/10.1007/s13138-017-0122-z

Fauth, Benjamin, Decristan, Jasmin, Rieser, Svenja, Klieme, Eckhard und Büttner, Gerhard (2014) Grundschulunterricht aus Schüler-, Lehrer- und Beobachterperspektive: Zusammenhänge und Vorhersage von Lernerfolg, Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 28 (3), 2014, 127–137

Heinitz, B., Nehring, A. Kriterien naturwissenschaftsdidaktischer Unterrichtsqualität – ein systematisches Review videobasierter Unterrichtsforschung. Unterrichtswiss 48, 319–360 (2020). https://doi.org/10.1007/s42010-020-00074-8

Praetorius, A. (2013) Einschätzung von Unterrichtsqualität durch externe Beobachterinnen und Beobachter. Eine kritische Betrachtung der aktuellen Vorgehensweise in der Schulpraxis, Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung 31 (2013) 2, S. 174-185

Praetorius, A., Herrmann, C., Gerlach, E., Zülsdorf-Kersting, M., Heinitz, B., & Nehring, A., Unterrichtsqualität in den Fachdidaktiken im deutschsprachigen Raum – zwischen Generik und Fachspezifik. Unterrichtswiss 48, 409–446 (2020). https://doi.org/10.1007/s42010-020-00082-8

Michael Szogs[1]
André Große[1]
Friederike Korneck[1]

[1]Goethe-Universität Frankfurt am Main

Wie bedingen sich Reflexivität und Unterrichtsqualität, die angehende Physiklehrkräfte zeigen?

Einleitung

Reflektieren zu können, ist eine der wichtigsten Kompetenzen von Lehrpersonen, so die breite Annahme. Eine hohe Reflexionskompetenz soll Lehrpersonen bei der Bewältigung kritischer Unterrichtssituationen helfen (Schön, 1983), gilt als Mechanismus in der Verknüpfung von Erfahrung und Wissen (Korthagen, 2011) und soll Lehrpersonen unterstützen aktuelle sowie zukünftige Unterrichtssituationen besser zu steuern (Cramer et al., 2019; Helmke & Schrader, 2006). Zusammenfassend verspricht sie der Motor der Professionalisierung zu sein (Berndt, Leonhard & Häcker, 2017). Tatsächlich verdichten sich empirische Evidenzen, welche diese zentralen Rollen von Reflexion und Reflexivität stützen. Hierzu untersucht die vorliegende Arbeit im Rahmen des Φactio-Projekts wie angehende Physiklehrkräfte in einer laufenden Situation reflektieren und welche Zusammenhänge ihre Reflexionen zu ihrer professionellen (Handlungs)Kompetenz und insbesondere zum Unterrichten aufweisen.

Theoretischer und empirischer Hintergrund

Reflexivität beschreibt die Bereitschaft und Fähigkeit von Lehrpersonen zur Reflexion von Unterrichtsaspekten (Heiner, 2004; von Aufschnaiter, Hofmann, Geisler & Kirschner, 2019), wobei Reflexionen Prozesse der kriterienorientierten und kritischen Analyse darstellen (Dewey, 1933). Reflexionen dienen kurzfristig dem Lösen von Problemen („in action“ und „for action“, Schön, 1983) sowie langfristig dem Anbahnen und Steuern von Entwicklungsprozessen („on action“, Schön, 1983) (Hatton & Smith, 1995; Postholm, 2008). Nach diesen theoretischen Annahmen befähigt eine hohe Reflexivität Lehrpersonen zu einem angemessenen Reagieren im Unterricht und zu einem Überführen von Erfahrungen in Wissen (Cramer et al., 2019; Alonzo, Berry & Nilsson, 2019).

Bezüglich des Zusammenhangs zwischen der Reflexivität von Lehrpersonen und ihrer Unterrichtsqualität stützen mehrere Indizien den erwarteten positiven Zusammenhang, wie im Folgenden dargestellt.

Lehrpersonen, deren Unterrichtsqualität höher eingeschätzt wird:

- reflektieren in Stimulated Recall Interviews mit höherer Breite und Tiefe (Wyss, 2013),
- reflektieren in semi-strukturierten Interviews auf einem höheren kognitiven Niveau (Syslová, 2019),
- erreichen höhere Werte in einem (Wissens)Test zu sechs reflexiven Fähigkeiten (Zahid & Khanam, 2019) und
- haben eine höhere Selbsteinschätzung in ihrer Reflexionskompetenz (Linninger, 2016).

Dabei ist auffällig, dass sich die positive Interaktion aus Reflexivität und Unterrichtsqualität bei unterschiedlichen Operationalisierungen und Anlässen der Reflexion zeigt. Bisher fehlen allerdings Forschungsdaten zu Reflexionen, die möglichst dicht an den Handlungen sind oder sogar in situ erfasst werden.

Forschungsfragen

Der vorliegende Beitrag fokussiert den Zusammenhang der Reflexivität und Unterrichtsqualität angehender Physiklehrkräfte. Es soll untersucht werden in welchem Ausmaß und auf welche Art sich Lehrpersonen in unmittelbar an den Unterricht angeschlossenen, kollegialen Reflexionen beteiligen und wie dies mit ihrer Unterrichtsqualität zusammenhängt:

- FF1: *Wie stark beteiligen sich Lehrpersonen an kollegialen Reflexionen in Abhängigkeit ihrer Unterrichtsqualität?*
- FF2: *Welche Zusammenhänge bestehen zwischen den Eigenschaften der Reflexionen und der Unterrichtsqualität von Lehrpersonen?*

Da sowohl die theoretische Basis als auch die ersten empirischen Indizien eine positive Interdependenz der beiden professionellen Handlungsbereiche Unterrichten und Reflektieren nahelegen, werden bezüglich beider Forschungsfragen positive Zusammenhänge erwartet: Lehrpersonen, die eine hohe Unterrichtsqualität zeigen, beteiligen sich stärker an den Reflexionen und ihre Aussagen in den Reflexionen lassen auf eine erhöhte Reflexionskompetenz schließen, begründen also vermehrt ihre Aussagen, versetzen sich eher in die Schüler*innenperspektive, beziehen sich eher auf die Tiefenstruktur des Unterrichts und interpretieren den Unterricht eher als ihn „nur“ zu beschreiben.

Methode

Sowohl die Erhebung der Unterrichtsqualität als auch die der Reflexionen erfolgt im Rahmen einer universitären Microteaching-Veranstaltung, in der Referendar*innen (LiV) und Studierende des Lehramts für Haupt- und Realschule sowie des Gymnasiums für Schüler*innen kooperierender Schulen Unterrichtsminiaturen planen, gestalten und reflektieren. An einem Seminartag unterrichten fünf Seminarteilnehmer*innen nacheinander, woraufhin im unmittelbaren Anschluss der Unterricht gemeinsam reflektiert wird. Die Unterrichtsminiaturen sind in ihrer Struktur und Kohärenz mit Regelunterricht vergleichbar (Korneck, Oettinghaus, Kunter & Redinger, 2016), jedoch hinsichtlich der Länge (12-15min), der Schüler*innenzahl (halbe Klassen) und des Inhalts (Erörterung eines Freihandexperiments der Mechanik) komplexitätsreduziert. An jeder Reflexion beteiligen sich insgesamt zwölf Personen: die Lehrperson selbst, neun hospitierende Peers sowie die beiden Seminardozent*innen (Professorin und Fachleiter der Physik). Die Reflexionen haben jeweils eine Dauer von 15-20min und erfolgen in einem lose strukturierten Gespräch: Die Lehrperson beginnt mit einer Schilderung der eigenen Erfahrungen und benennt wahrgenommene Stärken und Schwächen ihres Unterrichts. Anschließend bekommt sie hierzu Rückmeldungen von den elf Reflexionspartner*innen. Noch am gleichen Tag führen die Lehrpersonen ihre Unterrichtsminiaturen ein zweites Mal durch. Hierfür werden in den Reflexionen gemeinsam Handlungsoptionen zur Optimierung des Unterrichts abgewogen.

Die Lehrpersonen (N=51) werden in beiden Performanzsituationen videografiert, sodass in situ Daten ausgewertet werden können. Der Unterricht wird durch ein hoch-inferentes Rating hinsichtlich der Basisdimensionen von Unterrichtsqualität (Klieme & Rakoczy, 2008; Kunter & Voss, 2011) und zusätzlicher fachlicher Qualitätsmerkmale bewertet, wobei fünf Dimensionen unterschieden werden: fachliche Qualität, kognitive Aktivierung, strukturelle konstruktive Unterstützung, affektive konstruktive Unterstützung und Klassenführung (Szogs, Krüger & Korneck, 2017). Zur Analyse der Reflexionen werden ihre unterscheidbaren Aussagen durch Kodierung möglichst genau abgebildet: der Inhalt durch 47 Kategorien (Unterrichtsqualitätsmerkmale, Didaktik/Methodik, Professionalisierung, Sonstiges) und die

Art der Aussage hinsichtlich der Reflexionstiefe (6 Kategorien), des Perspektivwechsels (3 Kategorien) sowie den Begründungen (5 Kategorien). Zur Beantwortung der Forschungsfragen werden von jeder Lehrperson alle Aussagen ihrer zehn Reflexionen – die zum eigenen Unterricht und die ihrer neun Hospitationen – ausgewertet.

Ergebnisse

Die 51 Seminarteilnehmer*innen unterscheiden sich zum Teil deutlich in ihren Reflexionen. Abb 1. zeigt, wie häufig sich die 51 Lehrpersonen in ihren jeweils zehn Reflexionen beteiligt haben und in welchem Anteil sich die Art der Aussagen verteilen. Beispielsweise zeigen sich zwischen Lehrperson 43 und 44 deutliche Unterschiede: Lehrperson 43 beteiligt sich sehr wenig an den Reflexionen und tätigt fast ausschließlich Beschreibungen, wohingegen Lehrperson 44 sich stark in die kollegialen Reflexionen einbringt und deutlich mehr den Unterricht interpretiert, bewertet und Handlungsoptionen generiert.

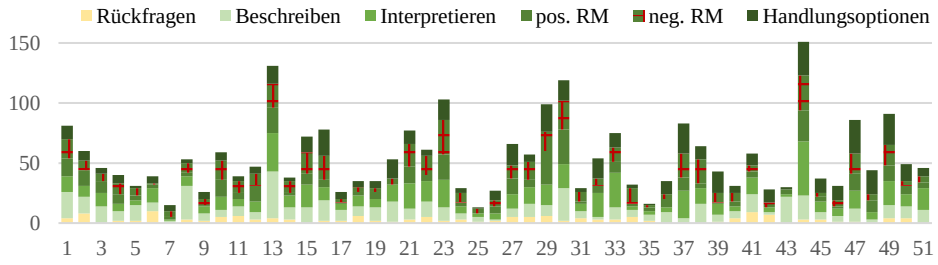


Abb. 1: (Art der) Beteiligung an den Reflexionsgesprächen durch die Lehrpersonen (N=51)

Bezüglich der zwei Forschungsfragen wurde jeweils eine Korrelation zwischen der von den Seminarteilnehmer*innen gezeigten Unterrichtsqualität und den unterschiedlichen Eigenschaften ihrer Reflexionen gerechnet.
Dabei zeigt sich, dass Lehrpersonen mit höherer Unterrichtsqualität:

- sich deutlich stärker an den Reflexionen beteiligen (*hoch signifikant*),
- ihre Aussagen stärker begründen (*in Tendenz signifikant*),
- häufiger die Schüler*innenperspektive einnehmen (*in Tendenz signifikant*),
- zu Gunsten der Unterrichtsqualität sonstige Reflexionsinhalte vermeiden (*hoch signifikant*),
- mehr Interpretationen und positive Rückmeldungen tätigen (*hoch signifikant*) sowie
- den Unterricht weniger nacherzählen bzw. deskriptive Aussagen tätigen (*keine Signifikanz*).

Diskussion

Der erwartete positive Zusammenhang zwischen der Reflexivität und Unterrichtsqualität der Lehrpersonen findet sich in den Ergebnissen bezüglich der meisten Bereiche: Lehrpersonen mit hoher Unterrichtsqualität beteiligen sich stärker an den Reflexionen und reflektieren elaborierter mit einer tieferen Analyse des Unterrichts. Obwohl sich nicht alle Aspekte der Hypothesen ohne Einschränkung bestätigen – zum einen zeigt sich der positive Zusammenhang des Anteils begründeter Aussagen und Aussagen mit Perspektivwechseln mit der Unterrichtsqualität nur in der Tendenz, zum anderen weisen Reflexionen von Lehrpersonen mit hoher Unterrichtsqualität wider Erwarten keinen signifikant geringeren Anteil deskriptiver Aussagen auf –, ist bei den deutlichen, positiven Zusammenhängen bemerkenswert, dass die beiden Handlungsfelder mit stark unterschiedlichen Methoden und in den Performanzsituationen selbst erhoben wurden.

Literatur

Aufschnaiter, C. v., Hofmann, C., Geisler, M. & Kirschner, S. (2019). Möglichkeiten und Herausforderungen der Förderung von Reflexivität in der Lehrerbildung. *Seminar Lehrerbildung und Schule*, 25(1), 49–60.

Berndt, C., Häcker, T. & Leonhard, T. (2017). Editorial. In C. Berndt, T. H. Häcker & T. Leonhard (Hrsg.), *Reflexive Lehrerbildung revisited. Traditionen - Zugänge - Perspektiven* (Studien zur Professionsforschung und Lehrerbildung, 10-18). Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.

Cramer, C., Emmerich, M., Harant, M., Merk, S. & Drahmann, M. (2019). Meta-Reflexivität und Professionalität im Lehrerinnen- und Lehrerberuf. *ZfPäd (Zeitschrift für Pädagogik)*, 65(3), 401–423.

Dewey, J. (1933). *How We Think. A Restatement of the Relation of Reflective Thinking to the Educative Process*. Chicago: Henry Regnery Company

Helmke, A. & Schrader, F.-W. (2006). Lehrerprofessionalität und Unterrichtsqualität. Den eigenen Unterricht reflektieren und beurteilen. *Schulmagazin*, 9(1), 5–10.

Heiner, M. (2004). *Professionalität in der sozialen Arbeit. Theoretische Konzepte, Modelle und empirische Perspektiven*. Stuttgart: Kohlhammer.

Klieme, E. & Rakoczy, K. (2008). Empirische Unterrichtsforschung und Fachdidaktik. Outcome-orientierte Messung und Prozessqualität des Unterrichts. *ZfPäd (Zeitschrift für Pädagogik)*, 54(2), 222–237.

Korneck, F., Oettinghaus, L., Kunter, M. & Redinger, R. (2016). Überzeugungen und Handlungen von Lehrpersonen. Messung von Unterrichtsqualität in komplexitätsreduzierten Settings des Physikunterrichts. In U. Rauin, M. Herrle & T. Engartner (Hrsg.), *Videoanalysen in der Unterrichtsforschung. Methodische Vorgehensweisen und Anwendungsbeispiele* (Grundlagentexte Methoden). Weinheim: Beltz Juventa.

Korthagen, F. A. J. (2011). Making teacher education relevant for practice: The pedagogy of realistic teacher education. *Orbis Scholae*, 5(2), 31–50.

Kunter, M. & Voss, T. (2011). *Das Modell der Unterrichtsqualität in COACTIV: Eine multikriteriale Analyse*. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Hrsg.), Professionelle Kompetenz von Lehrkräften – Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV (S. 85-114). Münster: Waxmann.

Linninger, C. A. (2016). *Reflexion bei angehenden Lehrkräften. Bedeutung und Förderung im Professionalisierungsprozess*. Dissertation. Goethe-Universität, Frankfurt am Main.

Schön & Alan, D. (1983). *The Reflective Practitioner. How Professionals Think in Action*. New York: Basic Books.

Syslová, Z. (2019). The Relation between Reflection and the Quality of a Preschool Teacher's Education Performance. *ICEP (International Journal of Child Care and Education Policy)*, 13(4), 1-21.

Szogs, M., Krüger, M. & Korneck, F. (2017). Erhebung von Unterrichtsqualität mittels hoch-inferenter Videoratings - das Ratingmanual der Φactio-Studie. In C. Maurer (Hrsg.), *Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis* (GDCP 2017 - Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Bd. 37, S. 256–259). Regensburg: Universität Regensburg.

Wyss, C. (2013). *Unterricht und Reflexion. Eine mehrperspektivische Untersuchung der Unterrichts- und Reflexionskompetenz von Lehrkräften* (Empirische Erziehungswissenschaft, Bd. 44). Münster, New York, München, Berlin: Waxmann.

Zahid, M. & Khanam, A. (2019). Effect of Reflective Teaching Practices on the Performance of Prospective Teachers. *TOJET (Turkish Online Journal of Educational Technology)*, 18(1), 32-43.

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.

Sascha Neff[1]
Alexander Engl[1]
Björn Risch[1]

[1]Universität Koblenz-Landau

Transfer virtueller Labore – Identifikation von Implementationshürden

Konzeption

Im Rahmen des Projekts Open MINT Labs werden unter anderem virtuelle Labore zum Thema Gewässeranalytik für Schüler*innen der Klassenstufe 10 bis 13 entwickelt. Ziel ist es, durch den Einsatz der virtuellen Labore als digitale Lernumgebung das außerschulische Lernen im naturwissenschaftlichen Fachunterricht zu optimieren (Streller 2015). Die virtuellen Labore werden in einem Blended-Learning-Ansatz zur digitalen Vor- und Nachbereitung der Experimentiereinheit im Freiland eingesetzt. Die begleitende empirische Studie fokussiert auf den Transfer dieser digitalen Innovation in den schulischen Unterricht. Die dabei zu prüfende Forschungsfrage lautet: „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?“. Die Ergebnisse der Studie sollen dazu beitragen, dass zunächst Implementationshürden identifiziert und im Anschluss geeignete didaktische Konzepte mit positiver Aussicht auf einen erfolgreichen Transfer entwickelt werden. Eine detaillierte Darstellung der Lerneinheit ist Neff, Engl, Risch und Kauertz (2020, im Druck) zu entnehmen. Die im vorliegenden Beitrag beschriebene Teilstudie erfasst personenbezogene Konstrukte der teilnehmenden Schüler*innen in Bezug auf ihre Interaktion mit den Lernmaterialien. Die gewonnenen Erkenntnisse sollen Rückschlüsse auf die schulische Einsetzbarkeit der Materialien ermöglichen. Integriert in das im Projekt entwickelte Modell der Transferbarrieren (vgl. Neff, Engl, Kauertz & Risch, 2020), bieten die Erkenntnisse zur Nutzbarkeit der Materialien einen Ansatzpunkt für die Entwicklung und den Transfer didaktischer Konzepte in den schulischen Unterricht. Die nachfolgend erörterten korrelativen Beziehungen zwischen den oben genannten Konstrukten bilden dabei die Basis zur Aufdeckung möglicher kausaler Zusammenhänge des Lernens im beschriebenen Setting.

Methode und Stichprobe

Während auf der Seite der Lehrpersonen einschlägige *beliefs* im Bezug auf digitale Medien mit Hilfe eines Fragebogens (n = 76, $n_{weiblich}$ = 36.9 %) erfasst und durch leitfadengestützte Interviews (n = 12) validiert sowie elaboriert wurden, erfolgte die Erhebung mit der Zielgruppe der Schüler*innen ausschließlich mittels Fragebogenerhebung (n = 125, $n_{weiblich}$ = 50.4 %; med. Alter: 17 Jahre, *MW* = 16.73, *SD* = .92). Die hier dargestellten Daten der quantitativen Befragung der Schüler*innen wurden im Rahmen der digitalen Vor- und Nachbereitung sowie der Durchführung instrumentell analytischer Verfahren zur Gewässeranalytik mittels (Online-)Fragebögen erhoben. Die Herausforderung der Testung direkt in der Arbeitssituation erfolgte durch eine zeitgesteuerte Unterbrechung der Arbeitsabläufe. Zu allen drei Testzeitpunkten wurden die Konstrukte Flow (Rheinberg, Vollmeyer & Engeser, 2003), aktuelle Motivation (Rheinberg, Vollmeyer & Burns, 2001) und *cognitive load* (Leppink, Paas, van der Vleuten, van Gog & van Merriënboer, 2013) erfasst. Die anschließende Datenauswertung erfolgte mit Hilfe des Statistikprogramms RStudio.

Ergebnisse zur Befragung der Schüler*innen

Zur Auswertung wurden die Subskalen der eingesetzten Instrumente sowohl deskriptiv als auch inferenzstatistisch untersucht. Ausgeschlossen wurde hierbei die Subskala

Misserfolgsbefürchtung des Fragebogens zur aktuellen Motivation (FAM, Rheinberg, Vollmeyer & Burns, 2001), da diese ungenügende Itemkennwerte aufweisen. Die übrigen Itemcharakteristiken genügen den Ansprüchen für eine weiterführende Auswertung und sind detailliert in Neff, Gierl, Eng, Decker, Roth, Becker, Patzke, Winterholler, Kauertz & Risch (2020, im Druck) dargestellt. Die deskriptiven Ergebnisse der Erhebung unter den teilnehmenden Schüler*innen zeigen Indizien einer Lernförderlichkeit und sind Neff et al. (2020, im Druck) zu entnehmen.

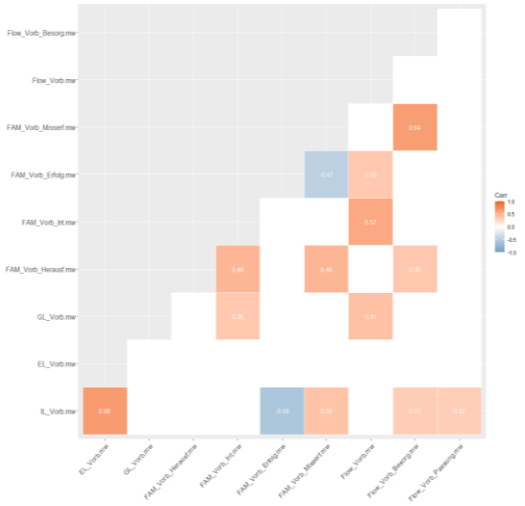


Abb. 1: Korrelationsmatrix (TP 1): Digitale Vorbereitung mit virtuellen Laboren

Im Folgenden werden die korrelativen Zusammenhänge der einzelnen Subskalen näher betrachtet. Hierzu wurden die Korrelationen nach Pearson ermittelt und mit Hilfe einer Korrelationsmatrix je Testzeitpunkt grafisch dargestellt. Abgebildet wurden hierbei nur Korrelationskoeffizienten $|r| > 0.3$, welche außerdem auf dem 5%-Niveau signifikant waren. Im Kontext der Vorbereitung konnte eine mit $r = 0.66$ starke Korrelation zwischen den Subskalen *intrinsic load* und *extraneous load* des eingesetzten *cognitive load* Fragebogens (Leppink et al., 2013) festgestellt werden (Abb. 1). Obwohl Leppink et al. (2013) ausführlich und evidenzbasiert für ein Dreifaktorenmodell des Konstruktes cognitive load plädieren, ist nicht auszuschließen, dass die Kombination aus neuen Inhalten und neuem Lernformat ausschlaggebend für die hier festgestellte Korrelation ist. Die Autoren sehen eine mögliche Ursache hierfür auch im spezifischen Wording der Items, wodurch eine Zuordnung zu den Subskalen *intrinsic* oder *extraneous load* möglicherweise nicht von jeder Probandin/jedem Probanden gleich vorgenommen werden könne (Leppink et al., 2013). Vor diesem Hintergrund erscheinen eine weitere Validierung und Auswertung der vorhandenen Daten im Hinblick auf diese Fragestellung sinnvoll. Am ersten Testzeitpunkt (TP 1) zeigt sich eine starke positive Korrelation zwischen den Subskalen Misserfolgsbefürchtung des FAM und der Besorgniskomponente des Flows. Wenngleich ein inhaltlicher Zusammenhang hier leicht nachvollziehbar erscheint, wird dieser Zusammenhang aufgrund der genannten unzulänglichen Itemkennwerte nicht näher betrachtet. Eine mit $r = -0.58$ starke negative Korrelation konnte zwischen den Subskalen *intrinsic load* und FAM Erfolgswahrscheinlichkeit ermittelt werden. Dieser Zusammenhang ist nicht unerwartet, da eine hohe Erfolgswahrscheinlichkeit aus der Einschätzung einer Aufgabe als „leicht“ entstehen kann (Rheinberg et al., 2001). Der intrinsic load wäre in diesem Fall als indirektes Maß für die empfundene Einfachheit zu verstehen, welche aus der geringeren internen Komplexität der Aufgabenstellung resultiert. Weiterhin lässt sich eine starke positive Korrelation zwischen der FAM Subskala Interesse und dem Flow-Erleben erkennen ($r = 0.57$). Dieses Ergebnis erscheint insofern nachvollziehbar, dass ein hohes Flow-Erleben durch einen „attraktiven Vollzug der Tätigkeit“ (Rheinberg et al. 2003, S. 2) beschrieben wird.

Die bereits zum ersten Testzeitpunkt (TP 1) erfasste starke positive Korrelation der Konstrukte Interesse und Flow-Erleben ließ sich auch beim zweiten Testzeitpunkt (TP 2) nachweisen (Abb. 2). Dies gilt auch für den Zusammenhang zwischen *intrinsic load* und *extraneous load* sowie für die negative Korrelation der Konstrukte *intrinsic load* und Erfolgswahrscheinlichkeit. Anlass für weitere vertiefende Untersuchungen bieten hier auch die aufgedeckten Zusammenhänge zwischen Herausforderung und Interesse, da diese Konstrukte als Subskalen des FAM als jeweils eigenständige Faktoren, gestützt durch eine entsprechende Hauptkomponentenanalyse erfasst werden (Rheinberg et al., 2001).

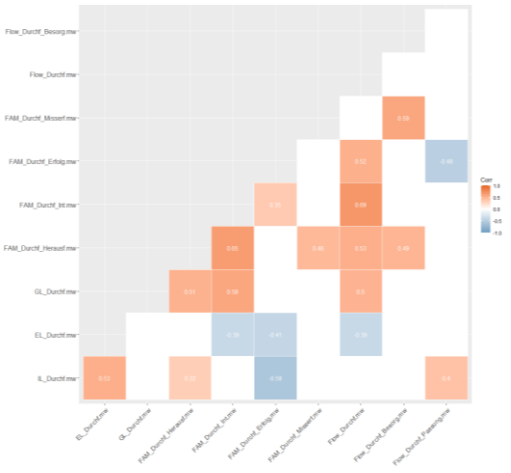


Abb. 2: Korrelationsmatrix (TP 2): Experimentelle Kleingruppenarbeit im Freiland

Weitere an dieser Stelle noch nicht erklärbare Fragestellungen bestehen im Zusammenhang zwischen der FAM-Subskala Interesse und dem *germane load*. Der *germane load* als die Komponente der *cognitive load theory*, welche für die Schemabildung vorhandene kognitive Kapazitäten ausweist, scheint zunächst schwerlich mit dem Interesse als Charakteristikum einer Person in der jeweiligen Situation in Einklang zu bringen. Zum dritten Testzeitpunkt (TP 3) (Abb. 3) treten die bereits zu den ersten beiden Messzeitpunkten erfassten Korrelationen etwas schwächer hervor, sind jedoch noch deutlich statistisch abgesichert. Als neu hervorgehobene starke positive Korrelation ist hier der Zusammenhang der FAM-Subskala Herausforderung mit dem Flow-Erleben der Befragten ersichtlich (r = 0.66). Dies lässt sich anhand der Theorie des Flow-Erlebens begründen, wonach eine wichtige Komponente für Flow darin besteht, dass trotz hoher Anforderung das Gefühl der Kontrolle über die Aktivität erhalten bleibt (Rheinberg et al., 2003). Auch in dieser Auswertung bleiben die deutlich erkennbaren Korrelationen von Herausforderung und *germane load* mit der Subskala Interesse bestehen und bieten so verstärkt Anlass zur weiteren Untersuchung.

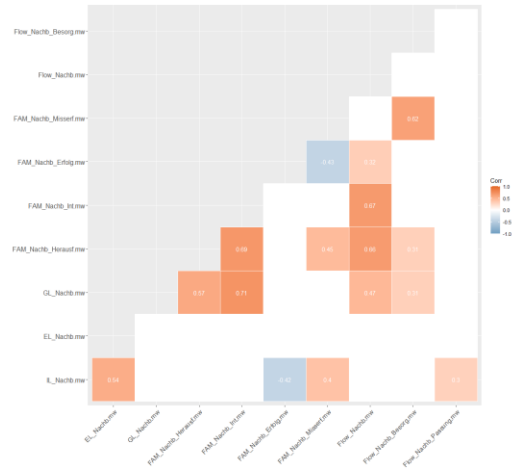


Abb. 3: Korrelationsmatrix (TP 3): Digitale Nachbereitung mit virtuellen Laboren

Ausblick

Im weiteren Verlauf der Datenauswertung ist die Prüfung von Kovarianzen vorgesehen. Darüber hinaus erfolgt eine Clusteranalyse basierend auf parallel zur Durchführung erhobenen Logfiles des Lernmanagementsystems während der virtuellen Vor- und Nachbereitung der Lernenden. Die beschriebenen noch unklaren Zusammenhänge erfordern eine weitere Analyse, möglicherweise in einem veränderten experimentellen Setting.

Literatur

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.

Neff, S., Engl, A., Kauertz, A. & Risch, B. (2020, im Druck). Virtuelle Labore – Schultransfer und multiperspektivische Evaluation. In K. Kaspar, M. Becker-Mrotzek, S. Hofhues, J. König & D. Schmeinck (Hrsg.), Bildung, Schule, Digitalisierung. Münster: Waxmann.

Neff, S., Gierl, K., Engl, A., Decker, B., Roth, T., Becker, J., Patzke, K., Winterholler, B., Kauertz, A. & Risch, B. (2020, im Druck). Virtuelle Labore für den MINT-Unterricht - Transferprozess einer hochschulischen Innovation in den Schulkontext. In Carl-Zeiss-Stiftung Kolleg (Hrsg.), Transfer von Innovation und Wissen - Gelingensbedingungen und Herausforderungen. o.O.: o.V.

Rheinberg, F., Vollmeyer, R. & Burns, B.D. (2001). FAM: Ein Fragebogen zur Erfassung aktueller Motivation in Lern- und Leistungssituationen. Diagnostica, 47(2), 57–66.

Rheinberg, F., Vollmeyer, R. & Engeser, S. (2003). Die Erfassung des Flow-Erlebens. In J. Stiensmeier-Pelster & F. Rheinberg (Hrsg.), Diagnostik von Motivation und Selbstkonzept. Göttingen: Hogrefe, 261-279.

Streller, M. (2015). The educational effects of pre and post-work in out-of-school laboratories. Dissertation. Dresden: TU Dresden.

Judith Breuer[1]
Christoph Vogelsang[1]
Peter Reinhold[1]

[1]Universität Paderborn

Transfer fachdidaktischer Innovation in die Schulpraxis

Ausgangslage

Ein gängiger Weg für die Verbesserung schulischen Unterrichts bildet der Transfer fachdidaktischer Innovation in Form fachdidaktisch innovativer Unterrichtsmaterialien. In der Tat belegen zahlreiche Interventionsstudien das Wirksamkeitspotential solcher Materialien (z.B. Möller, 2010; Tobias, 2010; Arias, Smith, Davis, Marino & Palinscar, 2017; Burde, 2018). Es liegen jedoch ebenfalls Befunde vor, wonach Lehrkräfte oftmals nur wenig von fachdidaktisch innovativen Unterrichtsmaterialien in ihrem Unterricht umsetzen (z.B. Roehrig, Kruse & Kern, 2007; Vos, Taconis, Jochems & Pilot, 2011). Es wird daher angenommen, dass die Materialnutzung durch Lehrkräfte ein komplexes Zusammenspiel von (a) Personenmerkmalen wie den Vorstellungen zum Lehren und Lernen oder dem professionellen Wissen, (b) Materialmerkmalen wie der Unterrichtsnähe oder der Vermittlung der Innovation sowie (c) externen Rahmenbedingungen wie den Lehrplanvorgaben darstellt (Remillard, 2005; Davis, Janssen & van Driel, 2016; Breuer, Vogelsang & Reinhold, 2020). Es ist bislang jedoch wenig über Wirkmechanismen zwischen verschiedenen Bedingungsfaktoren der Materialnutzung bekannt (Breuer, Vogelsang & Reinhold, 2020).
Vor diesem Hintergrund untersucht die vorliegende Studie exemplarisch die Interaktion von Lehrkräften mit einer evidenzbasierten, fachdidaktisch innovativen Unterrichtskonzeption anhand der folgenden Forschungsfragen:

- Welche *Merkmale der Unterrichtskonzeption* haben Einfluss auf die Implementierung?
- Welche *Personenmerkmale* beeinflussen das Nutzungsverhalten?
- Welche *Rahmenbedingungen* beeinflussen den Implementationsprozess?
- Gibt es *Interaktionseffekte* zwischen Merkmalen untereinander?
- Können typische *Handlungsmuster* abgeleitet werden?

Forschungsdesign

Zur Klärung der Forschungsfragen wird ein qualitatives Forschungsdesign gewählt, da der derzeitige Forschungsstand zur Implementierung fachdidaktischer Innovation zu diffus ist, um Hypothesen für eine quantitative Prüfung zu formulieren. In einer Feldstudie wird der Implementationsprozess einer exemplarisch ausgewählten Unterrichtskonzeption untersucht. Dazu wird das Münchener Unterrichtskonzept zur Quantenmechanik (MILQ) (Müller, 2003) kriteriengeleitet als evidenzbasierte, fachdidaktisch innovative Unterrichtskonzeption ausgewählt und den teilnehmenden Lehrkräften fakultativ als Anregung für ihren Unterricht zu Verfügung gestellt. Es werden pro Person ein Interview zu Beginn der Unterrichtsreihe, zwei Unterrichtsbeobachtungen, welche jeweils in einem *Stimulated Recall* nachbesprochen werden, sowie ein Interview nach Beendigung der Unterrichtsreihe durchgeführt.
Die Stichprobe setzt sich aus elf Lehrkräften zusammen, welche mittels *Theoretical Sampling* und nach dem Kriterium der empirischen Sättigung ausgewählt wurden, um möglichst aussagekräftige Ergebnisse gewinnen zu können (Kuckartz, 2018). Die Audiodateien der Interviews werden transkribiert und mittels qualitativer Inhaltsanalyse nach Kuckartz (2018)

ausgewertet. Eine ausführlichere Beschreibung des Forschungsdesigns und des Auswerteprozesses ist bei Breuer, Vogelsang und Reinhold (2018) nachzulesen.

Ergebnisse

Aus den Befunden kann abgeleitet werden, dass die verschiedenen Bedingungsfaktoren der Materialnutzung ein komplexes Wirkgefüge darstellen, welches als eine doppelte Angebots-Nutzungsstruktur auf der Ebene der Bereitstellung der Unterrichtskonzeption und auf der Ebene der Implementierung im Unterricht modelliert werden kann (vgl. Kunter et al., 2011; Schrader et al., 2020). Daher werden im Folgenden die Forschungsfragen in Orientierung an eine Angebots-Nutzungsstruktur zwischen der bereitgestellten Unterrichtskonzeption und der Nutzung durch die teilnehmenden Lehrkräfte beantwortet.

Welche Merkmale der Unterrichtskonzeption haben Einfluss auf die Implementierung?

Die bereitgestellte Unterrichtskonzeption MILQ bildet im Sinne des Modells als Unterrichtsvorschlag für die Quantenphysik ein Angebot für Lehrkräfte. Die teilnehmenden Lehrkräfte üben aufgrund des hohen Anforderungsniveaus, des hohen Umfangs und der mangelnden Lehrplankongruenz Kritik an MILQ. Die Einschätzungen der Lehrkräfte diesbezüglich fallen allerdings individuell sehr unterschiedlich aus. Positiv bewerten die teilnehmenden Lehrkräfte unterrichtsnahe Elemente wie Aufgaben oder Simulationen, wobei sich verschiedene Personen hierbei oftmals auf unterschiedliche Elemente aus MILQ beziehen. Es ist bezeichnend, dass die empirische Wirksamkeit von MILQ keinerlei Einfluss auf die Beurteilung der Lehrkräfte hat. Die stark individuell geprägte Rezeption von MILQ erschwert allgemeingültige Rückschlüsse auf implementationsförderliche Materialmerkmale.

Welche Personenmerkmale beeinflussen das Nutzungsverhalten von MILQ?

Diese individuellen Unterschiede in der Nutzung des Materialangebots lassen auf einen großen Einfluss von Personenmerkmalen schließen. Wesentliche Einflussfaktoren stellen die Vorstellungen zum Lehren und Lernen der teilnehmenden Lehrkräfte dar, welche deren Wahrnehmung filtern und somit deren Auswahl von Elementen aus MILQ steuern. Weiterhin beeinflusst die fachdidaktische Reflexionstiefe den Grad der analytischen Durchdringung von MILQ. Vorstellungen zur Materialnutzung, die für einen sehr autonomen Umgang mit und eine selbstständige Zusammenstellung von Materialien stehen, wirken sich hingegen hemmend auf die Implementierung des zugrundeliegenden Konzepts von MILQ aus.

Welche Rahmenbedingungen beeinflussen den Implementationsprozess?

Das Materialnutzungsverhalten der Lehrkräfte wird weiterhin durch externe Rahmenbedingungen beeinflusst. Curriculare Vorgaben durch den Lehrplan sind insbesondere bei der Beurteilung von Aufgaben und dem Anforderungsniveau für die teilnehmenden Lehrkräfte handlungsleitend. Weiterhin fördert der Mangel an Realexperimenten zur Quantenphysik in der Regel die Implementierung der in MILQ enthaltenen Simulationen, wohingegen sich begrenzte zeitliche Ressourcen implementationshinderlich auswirken.

Gibt es Interaktionseffekte zwischen Merkmalen untereinander?

Es werden Interaktionseffekte zwischen Bedingungsfaktoren sowohl innerhalb der drei Bereiche *Angebot*, *Nutzung* und *Kontext* als auch darüber hinaus beobachtet. Bspw. geben Lehrkräfte mit einer handlungssteuernden Einstellung Experimenten gegenüber häufiger als andere Lehrkräfte fehlende Realexperimente zur Quantenphysik als die Nutzung

beeinflussende Rahmenbedingung an, was darauf schließen lässt, dass das, was als Rahmenbedingung wahrgenommen wird, von den Vorstellungen der Lehrkraft beeinflusst wird. Ferner bilden die curricularen Vorgaben durch den Lehrplan eine zentrale Rahmenbedingung und darüber hinaus ein wichtiges Materialnutzungskriterium für die teilnehmenden Lehrkräfte. Nichtsdestotrotz behandeln mehrere Lehrkräfte Themen, etwa die Verschränkung von Quantenobjekten, über den Lehrplan hinaus, was zudem die Bedeutsamkeit von (eigenen) curricularen Vorstellungen in Bezug auf die verfolgten Unterrichtsziele zeigt. Aufgrund des komplexen Zusammenspiels verschiedener Bedingungsfaktoren können kaum belastbare Aussagen über den Einfluss einzelner Faktoren getroffen werden. Es erscheint vielmehr die Betrachtung ganzer Merkmalsgruppen sinnvoll.

Können typische Handlungsmuster abgeleitet werden?
Für eine nähere Charakterisierung der einzelnen Fälle wird daher eine Rekonstruktion interindividueller Handlungsmuster angestrebt. Trotz großer individueller Unterschiede in den Personenmerkmalen und in der Rezeption von Unterrichtsmaterialien kann der Umgang mit MILQ der teilnehmenden Lehrkräfte mit zwei verschiedenen Handlungsmustern beschrieben werden. Dem einen Handlungsmuster werden drei Lehrkräfte zugeordnet, welche als aufgeschlossene Pragmatiker bezeichnet werden können. Es handelt sich hierbei um erfahrene Lehrkräfte, die wenig Bedarf an zusätzlichen Materialien zur Quantenphysik haben, da sie mit ihrem bisherigen Unterricht zur Quantenphysik zufrieden sind. Dementsprechend setzen sie sich zwar beiläufig interessiert, aber wenig zeitintensiv mit MILQ auseinander. Sie sehen keinen Mehrwert in einer Implementierung von MILQ im Vergleich zu ihrem sonstigen Vorgehen, weshalb sie MILQ nicht in ihrem Unterricht umsetzen.
Das zweite Handlungsmuster beschreibt das Vorgehen der restlichen acht teilnehmenden Lehrkräfte, den Innovationsinteressierten. Diese Lehrkräfte sind didaktisch innovationbereit und weisen daher eine hohe Motivation für die Auseinandersetzung mit MILQ auf. Allerdings fehlen ihnen die Fähigkeiten bzw. die Möglichkeiten für eine systematische Auseinandersetzung, sodass sie sich ebenfalls lediglich heuristisch mit MILQ auseinandersetzen. Trotz einer gewinnbringenden Einschätzung von MILQ implementieren sie es lediglich oberflächlich, indem sie gezielt ausgewählte Elemente in ihren Unterricht integrieren. Folglich wird das fachdidaktische Innovationspotential von MILQ von allen teilnehmenden Lehrkräften nicht erkannt, sodass ein Transfer in die Schulpraxis misslingt.

Fazit
Die festgestellten Schwierigkeiten im Transfer fachdidaktischer Innovation in Schule können mithilfe der von Helsper (2004) formulierten konstitutiven Antinomien pädagogischen Handelns erläutert werden. Demnach handelt es auch bei der Materialnutzung sich um Spannungsfelder grundsätzlicher Art, welche immer einen Aushandlungsprozess bedürfen. Eine geringe Wertschätzung evidenzbasierter Praxis durch Lehrkräfte kann demzufolge auf die Begründungsantinomie zurückgeführt werden, da eine Legitimierung getroffener Entscheidungen beim Handeln unter Druck nicht möglich ist. Weiterhin kann anhand der Symmetrieantinomie die asymmetrische Beziehung von Forschenden und Lehrkräften in Bezug auf eine fachdidaktische Innovation erklärt werden. Die Forschenden sind den Lehrkräften diesbezüglich aufgrund ihrer Wissensbestände und ihrer Ressourcen überlegen – es bedarf jedoch symmetrischer Verhältnisse, um Problemlösungen zu entwickeln. Letzteres hängt mit der Antinomie von Autonomie und Heteronomie zusammen, wonach Unterrichtsmaterialien Lehrkräften Anleitung und zugleich Entscheidungsspielräume bieten

sollten. Für einen produktiven Umgang mit diesen Spannungsfeldern im Sinne eines gelingenden Transfers fachdidaktischer Innovation ist noch weitere Forschung notwendig.

Literatur

Arias, A., Smith, S., Davis, E., Marino, J.-C., & Palincsar, A. (2017). Justifying Prediction: Connecting Use of Educative Curriculum Materials to Students' Engagement in Science Argumentation. Journal of Science Teacher Education, 28 (1), 11-35

Breuer, J., Vogelsang, C., & Reinhold, P. (2018). Implementation fachdidaktischer Innovation am Beispiel des Münchener Unterrichtskonzepts zur Quantenmechanik. In V. Nordmeier & H. Grötzebauch (Hrsg.), PhyDid B, Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung Würzburg 2018, 133-139

Breuer, J., Vogelsang, C. & Reinhold, P. (2020). Implementation und Nutzung von Unterrichtsmaterialien im schulischen Unterricht. PhyDid A, 19 (1), 12-22

Burde, J.-P. (2018). Konzeption und Evaluation eines Unterrichtskonzepts zu einfachen Stromkreisen. Berlin: Logos

Davis, E., Janssen, F., & van Driel, J. (2016). Teachers and Science Curriculum Materials: Where We Are and Where We Need to Go. Studies in Science Education, 52 (2), 127-160

Helsper, W. (2004). Antinomie, Widersprüche, Paradoxien: Lehrerarbeit – ein unmögliches Geschäft? Eine strukturtheoretisch-rekonstruktive Perspektive auf das Lehrerhandeln. In B. Koch-Priewe, F.-U. Kolbe & J. Wildt (Hrsg.), Grundlagenforschung und mikrodidaktische Reformansätze zur Lehrerbildung. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 49-98

Kuckartz, U. (2018). Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung. Weinheim: Beltz.

Kunter, M., Kleickmann, T., Klusmann, U., & Richter, D. (2011). Die Entwicklung professioneller Kompetenz von Lehrkräften. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum & M. Neubrand (Hrsg.), Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Münster: Waxmann, 55-68

Möller, K. (2010). Lehrmittel als Tools für die Hand der Lehrkräfte. Ein Mittel zur Unterrichtsentwicklung? In Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung, 28 (1), 97-108

Müller, R. (2003). Quantenphysik in der Schule. Berlin: Logos

Remillard, J. (2005). Examining Key Concepts in Research on Teachers' Use of Mathematics Curricula. Review of Educational Research, 75 (2), 211-246

Roehrig, G., Kruse, R., Kern, A. (2007). Teacher and School Characteristics and Their Influence on Curriculum Implementation. Journal of Research in Science Teaching, 44 (7), 883-907

Schrader, J., Hasselhorn, M., Heteisch, P., & Goeze, A. (2020). Stichwortbeitrag Implementationsforschung: Wie Wissenschaft zu Verbesserungen im Bildungssystem beitragen kann. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft , 23 (1), 9-59

Tobias, V. (2010). Newton’sche Mechanik im Anfangsunterricht. Berlin: Logos

Vos, M., Taconis, R., Jochems, W., Pilot, A. (2011). Classroom Implementation of Context-based Chemistry Education by Teachers: The Relation between Experiences of Teachers and the Design of Materials. International Journal of Science Education, 33 (10), 1407-1432

Frederik Bub[1] [1]Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Thorid Rabe[1]

Physik ist Mathe mit Technik? - Typologien aus einer Interviewstudie

Physik & Technik-Beziehungen im Kontext von Physikunterricht

Physik und Technik stehen in einem engen Wechselverhältnis und prägen Gesellschaft, Wirtschaft und Umwelt maßgeblich mit (Tala, 2009). Im Sinne von Nature of Science und Scientific Literacy soll naturwissenschaftlicher Unterricht ein konzeptionelles Verständnis der beiden Domänen entwickeln und zur Mitgestaltung befähigen (Graube, 2014, S. 137; McComas, 2002). Die Ansätze Socioscientific Issues und Bildung für nachhaltige Entwicklung können als Leitperspektiven Physikunterricht neuorientieren an aktuellen, globalen Herausforderungen und dabei die Rolle von Physik und Technik zum Gegenstand machen (Vesterinen et al., 2014; Schroeter et al., 2016). Hierbei ist die Rolle der Lehrperson essentiell (Sadler et al., 2006; Aikenhead et al., 1987; Fleming, 1987).

Methodologische Fundierung durch die Dokumentarische Methode

Im Rahmen dieser Studie wurden die impliziten Orientierungen von Physiklehrkräften zu dem dargestellten Themenfeld rekonstruiert. Für die Analyse wurden 19 leitfadengestützte Interviews mit Physik- und Techniklehrkräften geführt. Der Leitfaden bestand aus offenen Stimuli zu den Themen Berufsbiographie, Physik & Technik, Verantwortung und Unterricht. Die Interviews dauerten zwischen 21 und 58 Minuten und wurden in fachdidaktischen und erziehungswissenschaftlichen Interpretationsgruppen analysiert. Gegenstandstheoretisch orientiert sich die Studie an der Konzeption von Lehrer*innenwissen nach Neuweg (2015). Dieser stellt dem expliziten Professionswissen, welches durch die Ausbildung angeeignet wurde, einen impliziten, erfahrungsbasierten Wissensanteil gegenüber. Diese impliziten, handlungsleitenden Strukturen können methodologisch mit der Dokumentarischen Methode erschlossen werden (Nohl, 2017). Hierbei werden aus der Sequenzanalyse von kommunikativen Daten (hier: Interviews) „zentrale Orientierungsfiguren oder (Sinn-) Muster herausgearbeitet und im fallübergreifenden wie fallinternen Vergleich abstrahiert“ (Nentwig-Gesemann, 2013, S. 297). Die identifizierten Vergleichsdimensionen (Typiken) bilden in der Summe eine mehrdimensionale Typologie, welche die fallübergreifenden Muster der Bearbeitung der Lebenswirklichkeit abbildet. In dieser Studie wurden grundlegenden Typiken, welche sich auf eine allgemeine Lebenspraxis beziehen, unterschieden von fachspezifischen Typiken, welche qua Profession die Praxis der Physiklehrpersonen strukturieren.

Ergebnisse: Typik zur physikalischen und technischen Bildung

Ein Überblick über die charakteristischen Ausprägungen der fachspezifischen Typik „Physik & Technik“ ist in Tabelle 1 gegeben. Als kontrastierende Eckfälle dienen hier Frau Lehmann, Herr Groß und Herr Schwarz. Die im Folgenden aufgeführten Zitate dienen der Illustration des übergreifenden Erzählmusters, welches nicht nur an einzelnen Passagen, sondern über diese hinweg strukturgebend ist.

Tabelle 1: Typik "Physik & Technik" mit charakteristischen Merkmalen und Eckfällen

		TYPIK		
		Handwerk	**Weltverstehen**	**Reinheit**
CHARAKTERISTIKA	Positiver Horizont	Orientierung an **praktischen** Tätigkeiten	Orientierung am **Verständnis** der technischen Umwelt durch Physik	Orientierung an **existentialistischen, epistemologischen** Fragen
	Weltverhältnis	Umwelt als etwas G**estaltbares**	Umwelt als etwas **Durchschaubares**	(Um-) Welt als **Faszinosum**
	Physikunterricht	Physikunterricht wird als **theorielastig** empfunden	Physikunterricht dient der **Erklärung der Technik** (als angewandter Physik)	Physikunterricht **scheitert** am Anspruch der **Welterklärung**
	Eckfälle	Frau Lehmann	Herr Schwarz	Herr Groß

Auf die Einstiegsfrage, wie es dazu gekommen ist, dass sie Physiklehrerin geworden ist, erzählt Frau Lehmann zunächst von der Wendezeit und der schwierigen Arbeitsmarktsituation. Sie führt aus, dass sie über eine *„Umlenkung“* ins Lehramt „reingerutscht“ sei. Hierauf fragt der Interviewer nach konkreten Erlebnissen, welche Frau Lehmann *„vielleicht stark mit Physik verbinde[t].“* Frau Lehmann antwortet mit einer Erzählung aus ihrer Schulzeit: *„Wir hatten damals noch richtig Werken, oder praktische Tätigkeiten im Unterricht. Das gibt‘s ja heut kaum noch am Gymnasium […] es war nie so der Traumberuf oder der Wunsch unbedingt Mathe- Physiklehrer zu werden.“* Frau Lehmann verbindet die Frage nach Physik-Erlebnissen direkt mit Erfahrungen im praktischen Bereich. Sie beschreibt das angestrebte Ideal der *„praktische[n] Tätigkeiten im Unterricht,“* welches vom Physikunterricht nicht erfüllt wird. Dieser sagt sie später im Interview, sei *„eher das Theoretische, wo man erklärt, Begriff erklärt, rechnet, (.) Formelzeichen, Einheiten, ‘ne Gleichung.“* Sie beschreibt ausführlich den Umgang mit Material und Werkzeugen, welchen sie heute nur noch an *„Schulen für Abbrecher“* verortet. Auch die praktische Erfahrung der Drechsler, welche als *„Neulehrer“* an ihrer Schule tätig waren, werden durchweg positiv konzipiert. Die Erfahrung von Selbstbestimmtheit und Selbstwirksamkeit in einer *„richtigen Werkstatt“* wird von Frau Lehmann kontrastiert mit einer oberflächlichen, schlagwortartigen Erzählung von Physikunterricht, welcher wenig *„lebensnah“* und von Rahmenrichtlinien bestimmt ist.

In der gleichen Phase des Interviews antwortet Herr Groß auf die Frage nach prägenden Erlebnissen ebenfalls mit einer Erzählung aus der eigenen Schulzeit: *„also was mich immer wahnsinnig so fasziniert hat auch so in der Schule war schon so, ja Relativität und Raumzeit und schwarze Löcher. vor allem so diese Kosmologie.“* Seine Faszination für *„philosophische Fragen“* und das Wunder der eigenen Existenz beschreibt Groß noch an mehreren Stellen im Interview, macht hierbei aber immer wieder klar, dass diese Fragen *„Randgebiete“* darstellen – sowohl im Physikunterricht, als auch in seinem Studium. Natur

ist hierbei etwas Faszinierendes, das bestaunt und bewundert wird. Die Rolle der Mathematik ist bei Herrn Groß eine ambivalente – einerseits ist sie der Schlüssel für die *„interessanten Fragen“*, aber *„wenn man nicht so viel von der Theorie weiß, iss‘es schöner.“* Natur wird mit der mathematischen Beschreibung berechenbar und verliert damit ihre Faszination. Technische Aspekte im Physikunterricht werden von Groß nur als Mittel zum Zweck gesehen, die Motivation bei den Schüler*innen stiften sollen. Für Herrn Groß ist die Erklärung der Alltagswelt jedoch nicht relevant.
Zwischen diesen beiden Positionen lässt sich Herr Schwarz verorten. Dieser antwortet direkt auf die Einstiegsfrage, wie es dazu kam, dass er Physiklehrer geworden ist, dass er schon immer wissen wollte, *„wie die Dinge, die so passieren, warum sie passieren und wie sie funktionieren.“* An Beispielen bringt Herr Schwarz dann die Funktionsweise eines Krans und eines Autos. Physik wird von Herrn Groß konzipiert als Mittel, die technisch geprägte Lebenswelt zu verstehen. Es scheint für den Typus des Weltverstehens keinen Widerspruch zwischen physikalischer und technischer Bildung zu geben. Technik wird dabei jedoch verkürzt auf die Metapher der „Anwendung“ oder „Umsetzung“ von Physik. Technikspezifische Prozesse, Aspekte und Zusammenhänge werden so vernachlässigt.

Einordnung in mehrdimensionale Typologie und Ausblick
Die rekonstruierte Typologie (Abb. 1) ist über die fünf bereits analysierten Fälle hinweg tragfähig und erlaubt einen Einblick in strukturelle Ähnlichkeiten und Kontraste innerhalb des Samples. Es zeigt sich, dass die Typik des „Weltverstehens“ in vielfältiger Kombination mit anderen Typiken auftritt, wobei alle eher eine gestaltende Position vertreten. Die Typiken der „Reinheit“ und des „Handwerks“ dagegen sind zunächst nur bei fatalistischen und pflichtbewussten Positionen zu finden. Eine vertiefende Analyse des Typus „Weltverstehen“ soll noch aufklären, ob sich hier weitere Untertypen identifizieren lassen.

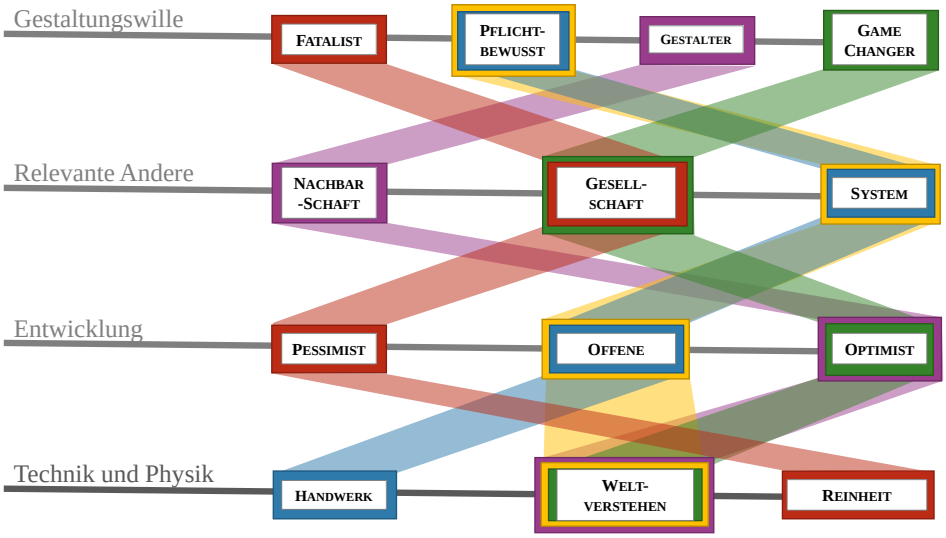


Abb.1: Mehrdimensionale Typologie mit den drei grundlegenden Typiken "Gestaltungswille", "Relevante Andere", "Entwicklung" und der fachspezifischen Typik "Technik und Physik.“ Abgebildete Fälle: Frau Lehmann (blau), Herr Groß (rot), Herr Jäger (grün), Herr Schwarz (lila) und Herr Schuhmacher (gelb)

Literatur

Aikenhead, Glen S.; Fleming, Reg W.; Ryan, Alan G. (1987): High-school graduates‘ beliefs about science-technology-society. I. methods and issues in monitoring student views. In: Sci. Ed. 71 (2).

Fleming, Reg W. (1987): High-school graduates‘ beliefs about science-technology-society. II. the interaction among science, technology and society. In: Sci. Ed. 71 (2), S. 163–186. DOI: 10.1002/sce.3730710204.

Graube, Gabriele (2014): Wissenschaft und Technik. Zur Reflektion von Technoscience und Interdisziplinarität in der Allgemeinbildung. In: Journal of Technical Education 2 (1), S. 129–148.

McComas, William F. (2002): The Nature of Science in Science Education. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers (5).

Nentwig-Gesemann, Iris (2013): Die Typenbildung der dokumentarischen Methode. In: Ralf Bohnsack, Iris Nentwig-Gesemann und Arnd-Michael Nohl (Hg.): Die dokumentarische Methode und ihre Forschungspraxis. Grundlagen qualitativer Sozialforschung. 3., aktualisierte Aufl. Wiesbaden: Springer VS.

Neuweg, Georg Hans (2015): Das Schweigen der Könner. Gesammelte Schriften zum impliziten Wissen. 1. Aufl. Münster: Waxmann Verlag GmbH.

Nohl, Arnd-Michael (2017): Interview und Dokumentarische Methode. Anleitungen für die Forschungspraxis. 5., aktualisierte und erweiterte Auflage. Wiesbaden: Springer VS (Lehrbuch).

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.

Schroeter, Burkhard; Bernholt, Sascha; Härtig, Hendrik; Klinger, Udo; Parchmann, Ilka (2016): Naturwissenschaftlicher Unterricht (Biologie, Chemie, Physik). In: Engagement Global (Hg.): Orientierungsrahmen für den Lernbereich Globale Entwicklung im Rahmen einer Bildung für nachhaltige Entwicklung. Bonn, S. 332–356.

Vesterinen, Veli-Matti; Manassero-Mas, María-Antonia; Vázquez-Alonso, Ángel (2014): History, Philosophy, and Sociology of Science and Science-Technology-Society Traditions in Science Education: Continuities and Discontinuities. In: Michael R. Matthews (Hg.): International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching. Dordrecht: Springer Netherlands, S. 1895–1925.

Thomas Schubatzky[1]
Claudia Haagen-Schützenhöfer[1]

[1]Universität Graz

Können wir SchülerInnen gegen Klimawandel-Desinformationen „impfen“?

„Fake News“ oder Desinformationen sind in unserer sogenannten „post-truth“ Ära zunehmend verbreitet. „Post-truth“ meint, dass die Öffentlichkeit vermehrt falsche Anschuldigungen oder die völlige Ablehnung von Fakten toleriert (Lewandowsky, Ecker & Cook, 2017): Man stelle sich eine Welt vor, in der nicht Expertenwissen den öffentlichen Diskurs zu naturwissenschaftlichen Themen wie dem Klimawandel oder einer globalen Pandemie bestimmt, sondern diejenigen, die den größten Einfluss etwa auf sozialen Medien ausüben. Diese Aussage ist natürlich sehr überspitzt, dennoch verlassen sich insbesondere Jugendliche zunehmend auf soziale Medien als primäre Quelle für (natur-)wissenschaftliche Informationen (z.B. Matsa, Silver, Shearer & Walker, 2018). Einige Studien weisen sogar darauf hin, dass Jugendliche in webbasierten Medien genauso häufig auf Desinformationen vertrauen wie auf zutreffende Nachrichten (Tseng, 2018; Wineburg, McGrew, Breakstone & Ortega, 2016). In diesem Zusammenhang ist es von besonderer Bedeutung, dass SchülerInnen naturwissenschaftlich begründete Behauptungen von Desinformationen und „Fake News“ in sozialen Medien oder im Internet unterscheiden können (Kiili, Laurinen & Marttunen, 2008).

Inokulationstheorie

Einen effektiv erscheinenden Ansatz, um dem Einfluss von Desinformationen proaktiv entgegenzuwirken, stellt die Inokulationstheorie dar, die bereits in den 1960er Jahren in ihren Grundzügen entwickelt wurde (McGuire & Papageorgis, 1962). Die Grundidee dabei ist, dass Individuen gegen Desinformationsangriffe auf ihre Haltungen „geimpft“ werden können, ähnlich wie Individuen auch gegen ein Virus immunisiert werden können (Banas & Rains, 2010; Compton, 2013). Dies geschieht, indem Personen vorab das notwendige Handwerkszeug erlangen, um (Des-)Informationen kritisch zu hinterfragen und auf ihren Inhalt zu überprüfen. Eine derartige Inokulation besteht aus drei wesentlichen Schritten. Im ersten Schritt wird eine vermeintliche „Bedrohung“ eingeführt, indem Personen gewarnt werden, dass sie auf Desinformationen treffen können, die ihre bereits bestehende Haltung in Frage stellen können. Anschließend werden ein oder mehrere (abgeschwächte) Beispiele dieser (falschen) Informationen präsentiert und im dritten Schritt direkt widerlegt. Dieser Prozess wird auch als „refutational pre-emption“ oder insgesamt als „prebunking“ bezeichnet (van der Linden, Leiserowitz, Rosenthal & Maibach, 2017).

Die Effektivität derartiger Inokulationen wurde bisher in mehreren Studien bei Erwachsenen untersucht, auch im Klimawandelkontext (z.B. Cook, Lewandowsky & Ecker, 2017; van der Linden et al., 2017). Jüngste Untersuchungen haben sogar gezeigt, dass eine aktive Inokulation von Erwachsenen im Rahmen eines Smartphone-Spiels die wahrgenommene Reliabilität von Tweets, in der mehrere Desinformationsstrategien eingebettet sind, signifikant verringert (Roozenbeek & van der Linden, 2019). Das Potenzial und auch die Grenzen der Inokulationstheorie für die Naturwissenschaftsdidaktik sind bisher aber noch unerschlossen. Wir haben daher als ersten Schritt im Rahmen einer experimentellen Online-Studie die Effektivität einer derartigen Inokulation zum Thema Klimawandel bei österreichischen Jugendlichen untersucht.

Studiendesign

Das Studiendesign ähnelt durchgeführten Untersuchungen bei Erwachsenen in den USA (Cook et al., 2017; van der Linden et al., 2017) und wurde in einem between-within-subject-Design mit fünf unterschiedlichen Interventionsgruppen, denen die Jugendlichen randomisiert zugeordnet wurden, mit der Software Limesurvey umgesetzt (siehe Abbildung 1). Als abhängige Variablen in der Studie dienten einerseits der wahrgenommene wissenschaftliche Konsens bezüglich des Klimawandels (zu schätzen auf einer Skala von 0% bis 100%) und die Sicherheit in dieser Schätzung des wissenschaftlichen Konsens (einzuschätzen auf einer Likert-Skala von (1) Ich bin mir gar nicht sicher bis (7) Ich bin mir sehr sicher).

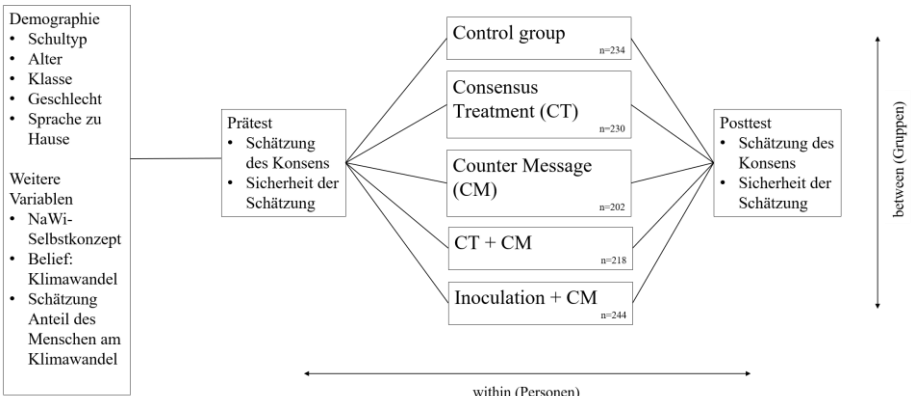


Abbildung 1:Studiendesign der experimentellen Online-Studie

Die Kontrollgruppe musste nach dem Prätest ein Worträtsel lösen. Die Gruppe „Consensus Treatment (CT)“ las einen Text zum wissenschaftlichen Konsens zum Klimawandel und bekam danach ein Tortendiagramm zu sehen, in dem auf den vorherrschenden wissenschaftlichen Konsens hingewiesen wurde (van der Linden, Leiserowitz, Feinberg & Maibach, 2014). Die Gruppe „Counter Message (CM)“ wurde mit Klimawandel-Desinformationen in Form der Oregon Petition (Oregon Petition Project, 2020) konfrontiert, die sich in vorangegangenen Studien als wirkungsvolle Desinformation herausgestellt hatte (van der Linden et al., 2017). Die Gruppe „CT+CM“ wurde mit dem Consensus Treatment als auch den Desinformationen konfrontiert. Die fünfte Interventionsgruppe „Inoculation + CM“ bekam gemeinsam mit einem Tortendiagramm zum Konsens einen Inokulationstext zu lesen, der sich an die oben beschriebene Struktur einer Inokulation hält. Danach wurde auch diese Gruppe mit den Desinformationen konfrontiert. Die Umfrage wurde im April 2020 von insgesamt 1651 Jugendlichen zumindest teilweise ausgefüllt. Nach Überprüfung der Datensätze auf Basis a priori festgelegter Ausschlusskriterien (Unaufmerksamkeit, Ausfüllzeit, Manipulationschecks, Ausreißer, Abbruch) besteht der finale Datensatz aus 1066 ausgefüllten Fragebögen. Die Jugendlichen waren dabei zwischen 14 und 19 Jahre alt (M_{Alter} = 15,5), 63% gaben als Geschlecht weiblich an, 36% männlich, 1% identifizierte sich als divers. Die Wohnorte der Jugendlichen verteilten sich auf alle neun österreichischen Bundesländer.

Ergebnisse

In einer aus Platzgründen verkürzten Darstellung lassen sich drei zentrale deskriptive Ergebnisse formulieren. Insgesamt gaben rund 96% der SchülerInnen an, dass sie der Meinung sind, dass der menschenverursachte Klimawandel stattfindet. Dies steht in guter

Übereinstimmung mit dem wissenschaftlichen Konsens, der meist mit 97% beziffert wird (Cook et al., 2016). Der mittlere wahrgenommene Konsens in der Klimawissenschaft der SchülerInnen liegt im Mittel jedoch nur bei rund 81%, sodass hier nach wie vor eine eindeutige Unterschätzung des tatsächlichen Konsens vorliegt. In Abbildung 2 sind die Ergebnisse der unterschiedlichen Treatments auf den wahrgenommenen Konsens dargestellt. Unter Berücksichtigung relevanter Kovariaten wurde anhand einer ANCOVA ein mittler Effekt der Treatmentgruppen von $\eta^2 = .22$ festgestellt F(4,1066) = 105.70, p < .0001.

Mithilfe von Tukey-HSD-Tests wurden Unterschiede zwischen den Treatment-Gruppen untersucht. Als ein ausgewähltes Ergebnis zeigte sich dabei, dass das Inokulations-Treatment in unserem Fall signifikant besser vor dem Einfluss von Desinformationen schützt als die reine Konfrontation mit Fakten (CT+CM), p<.001. Es gelang ProbandInnen der Inokulationsgruppe also offenbar signifikant besser, sich kritisch mit den präsentierten Desinformationen auseinanderzusetzen. Außerdem ergibt sich zwischen der Inoculation+CM-Gruppe und der CT-Gruppe kein signifikanter Unterschied, p = .624. Anhand dieser Studie konnte die Effektivität einer Inokulation also auch für österreichische Jugendliche demonstriert werden.

Für die Sicherheit in der Schätzung des Konsens ergab sich eine Effektstärke von $\eta^2 = .28$ F(4,1066) = 141.80, p < .0001.

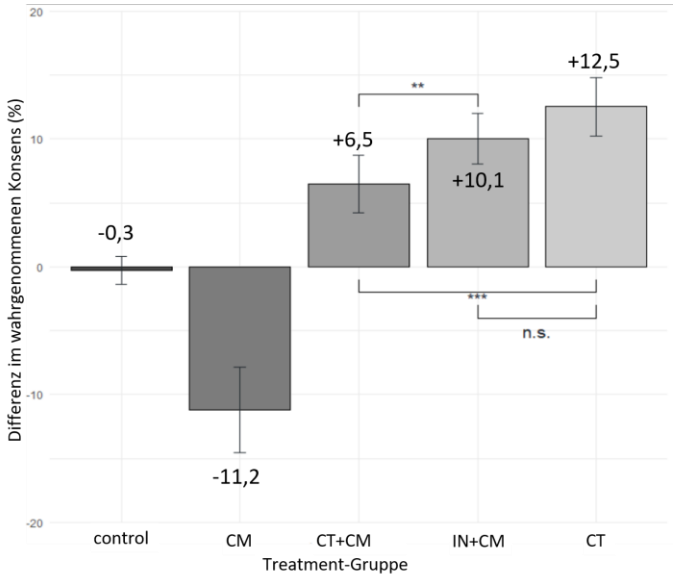


Abbildung 2: Mittlere Unterschiede im wahrgenommenen Konsens zwischen Prä- und Posttest der fünf Treatmentgruppen.

Limitationen und Ausblick

Diese Studie ist wie jede mit Limitationen behaftet. Auf Basis der Ergebnisse können keine Aussagen über die Wirkungen einer Inokulation im „echten" Leben getätigt werden, ebenso können wir nichts über eine anhaltende Dauer des Inokulationseffekts aussagen. Da es sich bei dieser Studie um eine spezifische Inokulation bzw. spezifische Desinformationen zu einem konkreten Thema handelt, können auch keine Aussagen über die Übertragbarkeit von Inokulationen auf andere Themen (wie etwa Covid-19) gemacht werden. Wir sehen diese Limitation jedoch vor allem als wichtige und spannende Anknüpfungspunkte für zukünftige Studien, an denen wir aktuell arbeiten.

Literaturverzeichnis

Banas, J. A. & Rains, S. A. (2010). A Meta-Analysis of Research on Inoculation Theory. *Communication Monographs*, *77*(3), 281–311. https://doi.org/10.1080/03637751003758193

Compton, J. (2013). Inoculation theory. *The Sage handbook of persuasion: Developments in theory and practice*, *2*, 220–237.

Cook, J., Lewandowsky, S. & Ecker, U. K.H. (2017). Neutralizing misinformation through inoculation: Exposing misleading argumentation techniques reduces their influence. *PloS one*, *12*(5).

Cook, J., Oreskes, N., Doran, P. T., Anderegg, W. R. L., Verheggen, B., Maibach, E. et al. (2016). Consensus on consensus: a synthesis of consensus estimates on human-caused global warming. *Environmental Research Letters*, *11*(4), 48002.

Kiili, C., Laurinen, L. & Marttunen, M. (2008). Students Evaluating Internet Sources: From Versatile Evaluators to Uncritical Readers. *Journal of Educational Computing Research*, *39*(1), 75–95. https://doi.org/10.2190/EC.39.1.e

Lewandowsky, S., Ecker, U. K.H. & Cook, J. (2017). Beyond Misinformation: Understanding and Coping with the "Post-Truth" Era. *Journal of Applied Research in Memory and Cognition*, *6*(4), 353–369. https://doi.org/10.1016/j.jarmac.2017.07.008

Matsa, K.-E., Silver, L., Shearer, E. & Walker, M. (2018). Western Europeans under 30 view news media less positively, rely more on digital platforms than older adults. *Pew Research Center. http://www. journalism. org/wp-content/uploads/sites/8/2018/10/PJ_2018*, *10*.

McGuire, W. J. & Papageorgis, D. (1962). Effectiveness of Forewarning in Developing Resistance to Persuasion. *Public Opinion Quarterly*, *26*(1), 24. https://doi.org/10.1086/267068

Oregon Petition Project. (2020). Verfügbar unter http://www.petitionproject.org/

Roozenbeek, J. & van der Linden, S. (2019). The fake news game: actively inoculating against the risk of misinformation. *Journal of Risk Research*, *22*(5), 570–580.

Tseng, A. S. (2018). Students and evaluation of web-based misinformation about vaccination: critical reading or passive acceptance of claims? *International Journal of Science Education, Part B*, *8*(3), 250–265.

Van der Linden, S., Leiserowitz, A., Feinberg, G. D. & Maibach, E. (2014). How to communicate the scientific consensus on climate change: plain facts, pie charts or metaphors? *Climatic Change*, *126*(1-2), 255–262.

Van der Linden, S., Leiserowitz, A., Rosenthal, S. & Maibach, E. (2017). Inoculating the public against misinformation about climate change. *Global Challenges*, *1*(2).

Wineburg, S., McGrew, S., Breakstone, J. & Ortega, T. (Stanford Digital Repository, Hrsg.). (2016). *Evaluating Information: The Cornerstone of Civic Online Reasoning*. Zugriff am 06.06.2020. Verfügbar unter http://purl.stanford.edu/fv751yt5934

Erik Heine[1]
Gesche Pospiech[1]

[1]Technische Universität Dresden

Das NoS-Potenzial wissenschaftlicher Kontroversen und dessen Nutzung

Theoretischer Hintergrund

Ein bedeutendes Ziel des Physikunterrichts ist es, Schüler*innen im Sinne einer naturwissenschaftlichen Grundbildung zu gesellschaftlicher Teilhabe zu befähigen (KMK, 2005, S. 6; KMK, 2020, S. 8). Diese angestrebte „Scientific Literacy" beinhaltet dabei auch ein adäquates Verständnis der Lernenden vom Wesen der Physik als Naturwissenschaft (Holbrook & Rannikmae, 2009; Lederman, Lederman & Antink, 2013). Vorstellungen von Schüler*innen zur *Nature of Science* (*NoS*) werden in der fachdidaktischen Forschung jedoch insgesamt als eher unangemessen beurteilt (Lederman, 2007). Höttecke (2001) sieht als Ursache der bestehenden Defizite die Darstellung physikalischer Gesetze oder Theorien als unveränderliche Wissensbestände bei gleichzeitiger Vernachlässigung sozialer Aspekte des naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozesses im Physikunterricht.
Im Widerspruch dazu sind beispielsweise die Vorläufigkeit wissenschaftlichen Wissens sowie Aushandlungsprozess bei der Genese von Erkenntnissen natürliche Bestandteile wissenschaftlicher Praxis und zeigen sich in wissenschaftlichen Kontroversen. Diese haben in den Naturwissenschaften einen festen Platz (Dascal, 2006, S. 36; Weitze und Liebert 2006, S. 13), während sie in der Schule allerdings kaum abgebildet werden (Nehrdich, 2011, S. 15). Da wissenschaftliche Kontroversen mit der Unsicherheit bestehenden Wissens, der Subjektivität beim Interpretieren von Daten oder allgemein den Grenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisse konfrontieren können, aber auch die Vielfalt an Untersuchungsmethoden und Ansätzen sowie die Entwicklung hin zu neuen Theorien veranschaulichen, stellt sich die Frage, inwiefern Lehrkräfte dieses Potenzial wissenschaftlicher Kontroversen für den Physikunterricht nutzen können, um Schüler*innen ein angemessenes Bild von *NoS* zu vermitteln.

Forschungsfragen

Weil die Nutzung des *NoS*-Potenzials wissenschaftlicher Kontroversen im Physikunterricht abhängig von den (zukünftigen) Lehrkräften sein wird, soll deren Perspektive anhand folgender Forschungsfragen untersucht werden:

- Welche *NoS*-Aspekte werden von den Befragten im Zusammenhang mit einer wissenschaftlichen Kontroverse im Unterrichtskontext thematisiert?
- Gibt es dabei Unterschiede zwischen Lehrkräften und Lehramtsstudierenden?

Methode

Zur Klärung der Forschungsfragen wurde eine explorative Laborstudie mit 33 Physiklehrkräften und 21 Physiklehrmatsstudierenden durchgeführt. Unter den teilnehmenden Lehrkräften (28 Gymnasium, 3 Berufsbildende Schulen, 2 Sonstige) befanden sich sowohl einige mit bereits langjähriger Erfahrung in der Sekundarstufe II, als auch Lehrkräfte, die noch nicht in der gymnasialen Oberstufe unterrichtet haben. Die Studierenden des Lehramts für Gymnasien befanden sich überwiegend im 8. Fachsemester.
Als Kontext der Untersuchung wurde die Kontroverse um die Geschwindigkeitsabhängigkeit der Masse bzw. den Begriff der „relativistischen Masse" ($m(v) = \gamma \cdot m_0$) in der Speziellen

Relativitätstheorie gewählt (z. B. Millette, 2017; Hecht, 2009; Jammer, 2000), da die Thematik aufgrund der Verortung in Lehr- und Bildungsplänen schulrelevant ist und für die Teilnehmenden auf geeignetem Niveau dargestellt werden kann.
In der Studie setzten sich die Teilnehmenden zunächst selbstständig mit zwei verschiedenen, gegensätzlichen Fachpositionen zur Verwendung der relativistischen Masse auseinander. Anschließend wurden vier Textvignetten zu Situationen im Schulkontext eingesetzt, um unter anderem zu analysieren, welche *NoS*-Aspekte von den Teilnehmenden dabei im Zusammenhang mit Physikunterricht thematisiert werden. Die so erhobenen schriftlichen Antworten wurden mithilfe der inhaltlich strukturierenden qualitativen Inhaltsanalyse nach Kuckartz (2018) ausgewertet.

Ergebnisse
Die Antworten zu den Textvignetten konnten in einem induktiv-deduktiv gebildetem Kategoriensystem (Abb. 1) erfasst werden, das sich mit einer Intercoder-Übereinstimmung im Vorhandensein der Kategorien von insgesamt 76% bewähren konnte.

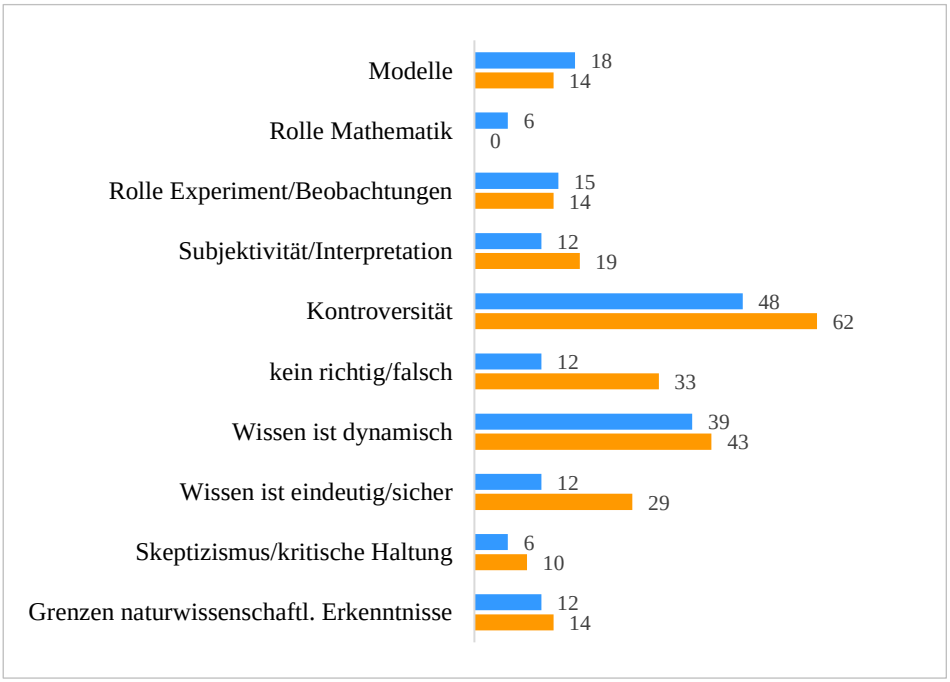


Abb. 1: Kategoriensystem und Anteil der Physiklehrkräfte bzw. Physiklehramtsstudierenden mit mindestens einer Codierung in der jeweiligen Kategorie in Prozent

Das Kategoriensystem zeigt, welche *NoS*-Aspekte von den Teilnehmenden im Unterrichtskontext (Vignetten) thematisiert werden (Forschungsfrage 1). Darunter finden sich Aspekte, die zu einem adäquaten *NoS*-Verständnis von Schüler*innen beitragen könnten, wie die *Subjektivität* wissenschaftlichen Wissens, insbesondere beim Interpretationsprozess von Daten, oder die immanenten *Grenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisse*.
Bei der Kategorie *kein richtig/falsch* ergibt sich der deutlichste quantitative Unterschied im Anteil der Lehrkräfte und Studierenden mit dieser Kategorie. Hierbei wird ausgedrückt, dass eine eindeutige Differenzierung in „richtig“ und „falsch“ in der Physik als Naturwissenschaft nicht angewendet werden kann. Eine mögliche Erklärung für die ungleiche Frequentierung

könnte eine größere Offenheit der Studierenden gegenüber den unterschiedlichen kontroversen Fachpositionen sein, die sich insgesamt im Datenmaterial widerspiegelt.
Im Folgenden werden die beiden am häufigsten vorkommenden Kategorie *Kontroversität* und *Wissen ist dynamisch* näher beleuchtet.

Kontroversität
Diese Kategorie besitzt zwei Unterkategorien (Abb. 2). Als „schwacher" Aspekt von Kontroversität in der Wissenschaft wurde die Kategorie *Meinungsvielfalt* gebildet, in der beispielsweise das Coding „*beide Meinungen zur Zeit in der Wissenschaft vertreten*" eingeordnet wurde, da hier das Vorkommen unterschiedlicher Fachmeinungen zu einem physikalischen Sachverhalt ausgedrückt wird. Aussagen, wie „*Ich würde sagen, dass diese beiden gegenteiligen Meinungen momentan unter den Physikern kontrovers diskutiert werden, es noch keine einheitliche ˛neue´ Lehrmeinung gibt.*", in denen stärker die diskursive Verhandlung von Erkenntnisse unter Wissenschaftlern betont wird, sind der Kategorie *Kontroversen/Diskurse* zugewiesen. Bei dieser Unterkategorie zeigt sich ebenfalls ein klarer Unterschied zwischen Lehrkräften und Studierenden, der konsistent zu den Häufigkeitsverhältnissen der Kategorie *kein richtig/falsch* erklärt werden kann.

Wissen ist dynamisch
Zu dieser Kategorie gehören die beiden *NoS*-Aspekte *Entwicklung* wissenschaftlicher Erkenntnisse (z. B. *„darauf verwiesen werden, dass sich bestimmte Erkenntnisse entwickeln"*) und *Vorläufigkeit* wissenschaftlichen Wissens (z. B. „*auch in der Physik ist nicht alles abschließend geklärt*"), deren Häufigkeiten unter den Teilnehmenden in Abbildung 3 dargestellt sind. Beide Kategorien wurden logisch unterschieden, da bei einer (kumulativen) Weiterentwicklung wissenschaftlichen Wissens nicht zwangsläufig geltende Erkenntnisse verworfen werden. *Vorläufigkeit* wird im Vergleich zu den Studierenden von einem geringeren Anteil der Lehrkräfte thematisiert. Allerdings überwiegt der Studierendenanteil mit Codierungen im als kritisch anzusehenden Bereich *Wissen ist eindeutig/sicher* (Abb. 1).

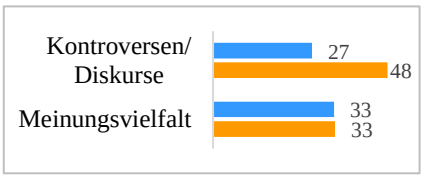


Abb. 2: Unterkategorien der Kategorie Kontroversität

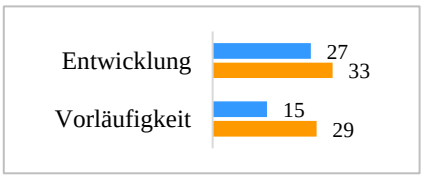


Abb. 3: Unterkategorien der Kategorie Wissen ist dynamisch

Fazit
Anhand der Codierung der Textvignetten wird sichtbar, dass die Auseinandersetzung mit wissenschaftlichen Kontroversen im Physikunterricht zur Thematisierung vielfältiger, wichtiger *NoS*-Aspekte führt und damit Potenzial hat, positiv auf die *NoS*-Vorstellungen von Schüler*innen wirken zu können. Da einige *NoS*-Aspekte jedoch häufig nur bei einem kleinen Teil der Befragten codiert werden konnten und diese Aspekte mitunter explizit sowie reflexiv im Unterricht behandelt werden müssten, ist ein Lernerfolg der Schüler*innen im Bereich von *NoS* nicht ohne Weiteres zu erwarten. Für eine gezielte Nutzung wissenschaftlicher Kontroversen als *NoS*-Lerngelegenheit, sollten Lehrkräfte in Fortbildungen geschult werden, um das *NoS*-Potenzial wissenschaftlicher Kontroversen tatsächlich auszuschöpfen, sie als Diskussionsanlass und Lerngelegenheit im Unterricht einsetzen zu können.

Literatur

Dascal, M. (2006). Die Dialektik in der kollektiven Konstruktion wissenschaftlichen Wissens. In Liebert, W.-A., Weitze, M.-D. (Hrsg.): Kontroversen als Schlüssel zur Wissenschaft? Wissenskulturen in sprachlicher Interaktion. Bielefeld: transcript Verlag, 19-38

Hecht, E. (2009). Einstein never approved of relativistic mass. In The Physics Teacher 47, 336-341

Holbrook, J., Rannikmae, M. (2009). The Meaning of Scientific Literacy. In International Journal of Environmental & Science Education 4(3), 275-288

Höttecke, D. (2001). Die Vorstellungen von Schülern und Schülerinnen von der "Natur der Naturwissenschaften". In ZfDN 7, 7-23

Jammer, M. (2000). Concepts of Mass in Contemporary Physics and Philosophy. Princeton: Princeton University Press

KMK (2005). Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (Hrsg.). Beschlüsse der Kultusministerkonferenz. Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10). München: Luchterhand

KMK (2020). Sekretariat der Kultusministerkonferenz (Hrsg.). Bildungsstandards im Fach Physik für die Allgemeine Hochschulreife. Berlin, Bonn

Kuckartz, U. (2018). Qualitative Inhaltsanalyse: Methoden, Praxis, Computerunterstützung. 4. Auflage. Weinheim Basel: Beltz Juventa

Lederman, N. G. (2007). Nature of Science: Past, Present, and Future. In Abell, S. K., Lederman, N. G. (Hrsg.): Handbook of research on science education. Mahwah: Lawrence Erlbaum, 831-880

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. In International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology 1(3), 138-147

Millette, P. A. (2017). On Time Dilation, Space Contraction, and the Question of Relativistic Mass. In Progress in Physics 13(4), 202-205

Nehrdich, T. (2011). Kontroversität. Neue Herausforderungen für eine aktuelle Geographiedidaktik. In GW-Unterricht 124, 15-25

Weitze, M.-D., Liebert, W.-A. (2006). Kontroversen als Schlüssel zur Wissenschaft – Probleme, Ideen und künftige Forschungsfelder. In Liebert, W.-A., Weitze, M.-D. (Hrsg.): Kontroversen als Schlüssel zur Wissenschaft? Wissenskulturen in sprachlicher Interaktion. Bielefeld: transcript Verlag, 7-18

Tanja Mutschler[1]
David Buschhüter[1]
Jan Schröder[2]
Josef Riese[2]
Andreas Borowski[1]

[1]Universität Potsdam
[2]RWTH Aachen

Theoriekonformität von Unterrichtsplanungen im Fach Physik vor und nach dem Praxissemester

Motivation

Unterschiedliche Videostudien zeigen Probleme in der Strukturierung von Physikunterricht auf. Besonders problematisch seien dabei das mühsame fragend-entwickelnde Vorgehen (Seidel & Prenzel, 2004), die wenigen Wiederholungen (Beerenwinkel & Börlin, 2014) und die vergleichsweise kurzen Anwendungsphasen (Geller, 2015; Trendel et al., 2008). Bei diesen beobachteten Problemen deuten sich negative Auswirkungen auf den Lernerfolg, die Motivation und das Interesse der Schüler:innen an (Trendel et al., 2007). Obwohl fachdidaktische Lösungsansätze vorhanden sind, gelingt der Transfer in die Schulpraxis scheinbar nicht. Diese Diskrepanz weist auf einen möglichen Bruch in der Lehrkräftebildung hin, in der das Praxissemester eine bisher ungeklärte Rolle bezüglich der Entwicklung lehramtsspezifischer Handlungskompetenzen einnimmt (vgl. Zorn, 2020; König & Rothland, 2018). Um den Bruch innerhalb der Wirkkette der Lehrkräftebildung näher zu verorten, untersucht die vorliegende Studie die Theoriekonformität studentischer Unterrichtsplanungen vor und nach dem Praxissemester.

Theorie

Das Ziel des Lehramtsstudiums ist die Ausbildung von Professionswissen, welches kompetentes Handeln in Unterrichtssituationen ermöglichen soll (Vogelsang et al., 2019). Dabei wirken die drei Professionswissensfacetten Fachwissen, Pädagogisches Wissen und Fachdidaktisches Wissen im Sinne des Refined Consensus Models of PCK (Carlson et al., 2019) auf die unterrichtlichen Handlungskompetenzen Reflektieren, Planen und Unterrichten. Bezogen auf die zu Beginn angesprochenen problematischen Unterrichtsmuster stellt das Planen den Ankerpunkt für mögliche Lösungsansätze dar. In diesem Zusammenhang ist die Basismodelltheorie von Oser et al. (Oser & Baeriswyl, 2001; Oser & Patry, 1990; Oser & Sarasin, 1995) eine zielführende Instruktionstheorie, da sie Strukturierungsvorgaben auf Tiefenstrukturebene anbietet. Um im Sinne der Basismodelltheorie ein Lehrziel zu erreichen, müssen vorgegebene Handlungskettenschritte, die am natürlichen Lernprozess der Schüler:innen ausgerichtet sind, von der Lehrkraft initiiert werden. Die Autor:innen konnten unter Rückbezug auf lernpsychologische Theorien 12 Basismodelle herausarbeiten. Dabei haben sich drei Basismodelle als essentiell für den Physikunterricht herausgestellt: Lernen durch Eigenerfahrung, Problemlösen und Konzeptbildung (Reyer, 2004; Geller, 2015), wobei Zeitanteile an letzterem in den beobachteten Unterrichtsstunden deutlich überwiegen (Trendel et al., 2007).

Erste Studien deuten auf die Wirksamkeit der Basismodelltheorie hin (vgl. Oser & Sarasin, 1995; Geller et al., 2014). Maurer (2016) konnte für basismodellkonformen Unterricht einen Effekt auf den Lernerfolg nachweisen. Vor allem Schüler:innen mit unterdurchschnittlichem Vorwissen profitieren von basismodellkonformer Unterrichtsgestaltung (Maurer, 2016). Studien zum Einsatz von Lehrerfortbildungen zur Basismodelltheorie weisen auf weitere positive Effekte z.B. bei den Unterrichtshandlungen hin (Wackermann, 2008; Zander, 2016).

Damit die angesprochenen Schwierigkeiten aufgelöst werden, muss Unterricht basismodelltheoriekonform gestaltet sein. Die Basismodelltheorie ist an vielen Universitäten zwar Teil der fachdidaktischen Ausbildung, bisher ist aber unklar, inwieweit das Wissen über die

Theorie tatsächlich von Studierenden zur Unterrichtsgestaltung angewandt wird und wie sich dieses Verhalten über das Praxissemester entwickelt. Die daraus abgeleitete Forschungsfrage lautet: Inwiefern sind die Planungen der Studierenden vor und nach dem Praxissemester basismodelltheoriekonform?

Design

Die vorliegende Studie ist Teil des ProfileP+-Projekts (Vogelsang et al., 2019) und nutzt die gesammelten Daten des Planungsperformanztests von Schröder et al. (2020). Innerhalb des 60-minütigen Tests waren die Studierenden dazu aufgefordert, eine Unterrichtsstunde zum dritten Newtonschen Axiom zu planen. Neben einem tabellarischen Verlaufsplan sollten die Testteilnehmenden auch auf weitere Aspekte eingehen z.B. themenspezifische Schüler:innenvorstellungen, geplante Experimente und Aufgabenstellungen, sowie eine Skizze des Tafelbilds. Der Test wurde vor und nach dem Praxissemester an vier Standorten (Aachen, Bremen, Paderborn, Potsdam) eingesetzt.

Für die Analyse wurden die Verlaufspläne zunächst in ein Textdokument übertragen und mit Informationen zu Experimenten und Aufgabenstellungen, sowie dem Tafelbild ergänzt. Anschließend wurden die Phasen in Einzelhandlungen zerlegt und den Handlungskettenschritten des Basismodells Konzeptbildung (entsprechend dem festgelegten Lernziel) zugeordnet. Das verwendete Kodiermanual entstand in Anlehnung an Krabbe et al. (2015) und weist eine Beurteilendenübereinstimmung von Cohen‘s $\kappa = .81$ auf. Im finalen Analyseschritt wurde überprüft, wie lernförderlich die Handlungskettenschritte in den studentischen Unterrichtsplanungen umgesetzt wurden. Zur Beurteilung dieser Umsetzungsqualität wurde ein Kategoriesystem entwickelt (Buschhüter et al., 2020), das gemäß Mayring (2010) induktiv-skalierend aufgebaut ist und sich an vorherigen Arbeiten orientiert (Wackermann 2008; Wackermann et al. 2010) (weighted Cohen’s $.57 \leq \kappa \leq .87$ für die dargestellten Kategorien). Die Stichprobe umfasst 126 Unterrichtsplanungen (63 Prä-Post-Paare).

Ausgewählte Ergebnisse

In keinem der untersuchten Merkmale zeigen sich signifikante Unterschiede über das Praxissemester ($.15 \leq p \leq .82$). Die Unterrichtsplanungen sind im Mittel (M=1.44, SD=0.80) vollständig bezogen auf die Handlungskettenschritte, zeigen aber deutliche Mängel in der Umsetzungsqualität, die durch eine Einordnung in verschiedene Niveaustufen beurteilt wurde. Im Folgenden werden ausgewählte Ergebnisse (s. Abb. 1) näher beschrieben:

Vorhandensein der Handlungskettenschritte

Zum Prä-Zeitpunkt sind 2/3 der Planungen vollständig bezüglich der Handlungskettenschritte (Niveau 2). Bei ca. 20% der Teilnehmenden fehlt die Anwendungsphase (Niveau 1). Dieses Bild bleibt auch nach dem Praxissemester erhalten.

Aktivierung von Vorwissen

Bereits vor dem Praxissemester wird von knapp 70% der Studierenden kein relevantes Vorwissen wiederholt bzw. wird nur über ein Präkonzept aktiviert (Niveau 0). Auch nach dem Praxissemester bleibt die Mehrheit auf der niedrigsten Umsetzungsstufe.

Wissensquelle des Prototyps

Mehr als die Hälfte der Studierenden stellen zum Prä-Zeitpunkt nicht ersichtlich dar, wie das theoretische Wissen über das Konzept generiert wird (Niveau 1). Ein weiteres Drittel plant für diese Phase ein (mehr oder weniger) gelenktes Unterrichtsgespräch (Niveau 2). Nur zwei Personen erreichen das höchste Niveau, in dem die Quelle des Theoriewissens deutlich dargestellt wird (z.B. über eine Lehrkraftserklärung oder einen Lehrbuchtext). Über das Praxissemester zeigen sich keine signifikanten Veränderungen bezüglich dieses Merkmals. Lediglich

wechseln annähernd die gleiche Anzahl an Studierenden zwischen dem ersten und zweiten (bzw. zweiten und ersten) Niveau.

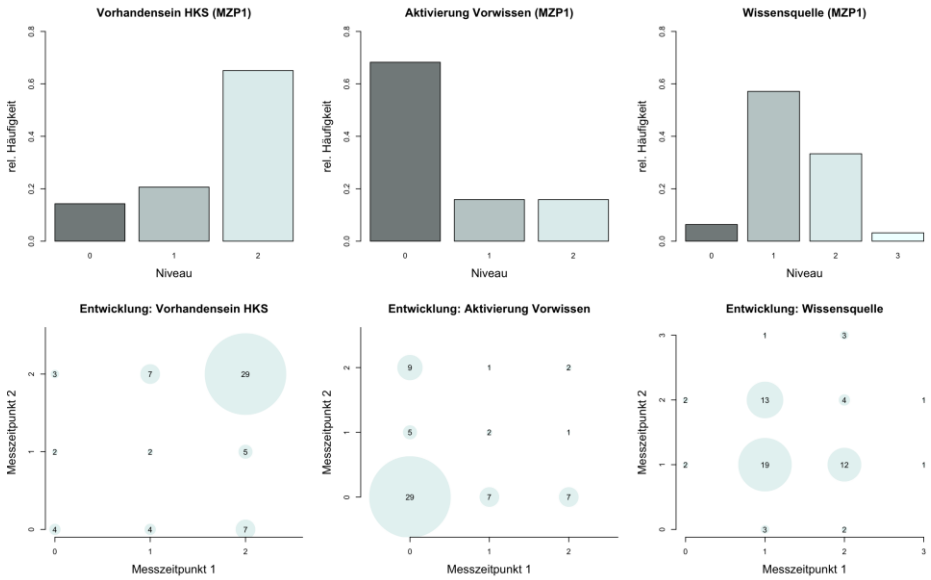


Abbildung 1 - Umsetzung der verschiedenen Kategorien zum Prä-Zeitpunkt (obere Zeile) und Entwicklung über das Praxissemester (untere Zeile)

Diskussion

Fasst man die Ergebnisse zusammen, ist zu erkennen, dass die studentischen Unterrichtsplanungen nach Durchlauf der universitären Theorieausbildung eine gute Grundstruktur aufweisen, diese aber mit deutlichen Problemen in der Umsetzungsqualität verbunden ist. In den Planungen zeigen sich problematische Vorgehensweisen, die analog bereits von vergangenen Videostudien zu deutschem Physikunterricht dokumentiert wurden. Sowohl die mühsamen fragend-entwickelnden Erarbeitungsphasen (vgl. Seidel & Prenzel, 2004; Trendel et al., 2008) als auch die geringe Anzahl an Vorwissenswiederholungen (vgl. Beerenwinkel & Börlin, 2014) und Anwendungsphasen (vgl. Geller 2015; Trendel et al., 2008) dominieren in den studentischen Unterrichtsplanungen. Das Praxissemester scheint dabei keinen messbaren Einfluss auf die Basismodelltheoriekonformität der Planungen zu haben. Es ist anzunehmen, dass der angesprochene Bruch der Wirkkette bereits vor dem Praxissemester einsetzt und die Ergebnisse damit auf mögliche Lücken in der universitären Ausbildung hinweisen. Folgend der Strukturdefizit- bzw. Metaprozesserklärung nach Stender (2014) kann (und sollte) universitäre Lehre verschiedene Ansätze verfolgen, den Brüchen entgegenzuwirken. Zum einen sollten Anwendungs- und Transferphasen verstärkt ausgebaut werden, um prozedurales Wissen zu generieren und so Studierende bei der Entwicklung unterrichtlicher Handlungskompetenzen zu unterstützen. Weiterhin wäre zu untersuchen, inwieweit konkurrierende Lerntheorien bzw. unterschiedliche Vorstellungen zu Konstruktivismus sowie andere Filtervariablen (vgl. Gess-Newsome, 2015; Carlson et al., 2019) verantwortlich für die beobachteten Unterrichtsstrukturen sind. Dementsprechend müsste universitäre Lehre stärker auf Einstellungen und affektiv-motivationale Aspekte angehender Lehrkräfte ausgerichtet werden.

Literatur

Beerenwinkel, A. & Börlin, J. (2014). Surface Level: Teaching Time, Lesson Phases and Types of Interaction. In J. Fischer, H. E., Labudde, P., Neumann, K., Viiri, J. (Hrsg.), *Quality of Instruction in Physics Comparing Finland, Switzerland and Germany* (S. 65–79). Münster, New York: Waxmann.

Buschhüter, D., Mutschler, T., Schröder, J., Riese, J. & Borowski, A. (2020). Basismodelle in Unterrichtsplanungen im Praxissemester Physik. In: S. Habig (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Wien 2019, S. 447-450. Universität Duisburg-Essen.

Carlson, J. & Daehler, K. R., Alonzo, A., Barendsen, E., Berry, A., Borowski, A. et al. (2019). The Refined Consensus Model of Pedagogical Content Knowledge in Science Education. In Hume, A., Cooper, R. & Borowski, A. (Eds.). Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science, p. 77-92. Singapore: Springer.

Geller, C., Neumann, K. & Fischer, H.E. (2014). A Deeper Look inside Teaching Scripts: Learning Process Orientations in Finland, Germany and Switzerland. In Fischer, H. E., Labudde, P., Neumann, K., Viiri, J. (Eds.), Quality of Instruction in Physics Comparing Finland, Switzerland and Germany, S. 81-92. Münster, New York: Waxmann.

Geller, C. (2015). Lernprozessorientierte Sequenzierung des Physikunterrichts im Zusammenhang mit Fachwissenserwerb. Eine Videostudie in Finnland, Deutschland und der Schweiz. Berlin: Logos.

Gess-Newsome, J. (2015). A model of teacher professional knowledge and skill including PCK: Results of the thinking from the PCK Summit. In Berry, A., Friedrichsen, P. & Loughran, J. (Eds.), Re-examining Pedagogical Content Knowledge in Science Education, p. 28-42. New York: Routledge.

König, J. & Rothland, M. (2018). Das Praxissmester in der Lehrerbildung: Stand der Forschung und zentrale Ergebnisse des Projekts Learning to Practice. In König, J., Rothland, M. & Schaper, N. (Hrsg.), Learning to Practice, Learning to Reflect? Ergebnisse aus der Längsschnittstudie LtP zur Nutzung und Wirkung des Praxissmester in der Lehrerbildung, S. 1-62. Wiesbaden: Springer.

Krabbe, H., Zander, S. & Fischer, H.E. (2015). Lernprozessorientierte Gestaltung von Physikunterricht: Materialien zur Lehrerfortbildung. Münster: Waxmann.

Maurer, C. (2016). Strukturierung von Lehr-Lernsequenzen. Universität Regensburg: Dissertation. Zugriff unter: https://epub.uni-regensburg.de/33741/1/Dissertation_Maurer_final.pdf

Mayring, P. (2010). Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken (11. Auflage). Weinheim, Basel: Beltz.

Oser, F. & Baeriswyl, F.J. (2001). Choreographies of Teaching: Bridging Instruction to Learning. In V. Richardson (Hrsg.), Handbook of Research on Teaching, S. 1031–1065. Washington: American Educational Research Association.

Oser, F. & Sarasin, S. (1995). Basismodelle des Unterrichts: Von der Sequenzierung als Lernerleichterung. Abgerufen von: https://publishup.uni-potsdam.de/frontdoor/index/index/docId/410

Reyer, T. (2004). Oberflächenmerkmale und Tiefenstrukturen im Unterricht. Exemplarische Analysen im Physikunterricht der gymnasialen Sekundarstufe. Berlin: Logos.

Schröder, J., Riese, J., Vogelsang, C. et al. (2020). Die Messung der Fähigkeit zur Unterrichtsplanung im Fach Physik mit Hilfe eines standardisierten Performanztests. ZfDN. https://doi.org/10.1007/s40573-020-00115-w

Seidel, T. & Prenzel, M. (2004). Muster unterrichtlicher Aktivitäten im Physikunterricht. In Doll, J. & Prenzel, M. (Hrsg.), Bildungsqualität von Schule: Lehrerprofessionalisierung, Unterrichtsentwicklung und Schülerförderung als Strategien der Qualitätsverbesserung, S. 177-194. Münster: Waxmann.

Stender, A. (2014). Unterrichtsplanung: Vom Wissen zum Handeln. Theoretische Entwicklung und empirische Überprüfung des Transformationsmodells der Unterrichtsplanung. Berlin: Logos.

Trendel, G., Wackermann, R. & Fischer, H. E. (2007). Lernprozessorientierte Lehrerfortbildung in Physik. ZfdN 13, 9-31.

Trendel, G., Wackermann, R. & Fischer, H. E. (2008). Lernprozessorientierte Fortbildung von Physiklehrern. Zeitschrift für Pädagogik 3, 322-340.

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. Zeitschrift für Pädagogik 4, 473-491.

Wackermann, R. (2008). Überprüfung der Wirksamkeit eines Basismodell-Trainings für Physiklehrer. Berlin: 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.

Zander, S. (2016). Lehrerfortbildung zu Basismodellen und Zusammenhänge zum Fachwissen. Berlin: Logos.

Zorn, S. K. (2020). Professionalisierungsprozesse im Praxissemester begleiten: Eine qualitativ-rekonstruktive Studie zum Bilanz- und Perspektivgespräch. Wiesbaden: Springer.

Christoph Kulgemeyer[1]
Maren Kempin[2]
Anna Weißbach[1]

[1]Universität Paderborn
[2]Universität Bremen

Entwicklung von Professionswissen und Reflexionsfähigkeit im Praxissemester

Praxisphasen werden in der ersten Phase der Ausbildung von Lehrkräften eine Vielzahl an Aufgaben zugeschrieben. Sie sollen beispielsweise bewirken, dass sich Personen in die Rolle als Lehrkraft einfinden können oder dabei helfen den „Theory-Practice-Gap“ zu überwinden, indem theoretisches Wissen in qualitätshaltiges Unterrichtshandeln überführt wird. Gleichermaßen sollen sie zur Entwicklung des Professionswissens beitragen und dienlich dabei sein, die Fähigkeit zur Reflexion von Unterricht zu entwickeln (z.B. Ulrich et al., 2020). Ob diese Vielzahl an Zielen allerdings erreicht werden kann, ist empirisch wenig geklärt. Es gibt wenige Längsschnittstudien, die die Fähigkeitsentwicklung betrachten – und wenn es sie gibt, beruhen sie in der Regel auf Selbsteinschätzungsbögen. Insbesondere die letzten beiden genannten Ziele stehen zudem in einem besonderen Verhältnis zueinander: Reflexionsfähigkeit und Professionswissen sind nämlich in einer gegenseitigen Abhängigkeit voneinander. Einerseits ist Reflexionsfähigkeit ein *Ziel* der Praxisphase – und beim Reflektieren soll Professionswissen genutzt werden. Reflektieren ist schließlich eine Handlung von Lehrkräften, bei der Professionswissen Disposition sein soll. Andererseits ist Reflexionsfähigkeit ein *Mechanismus* – gelungene Reflexionen sollen der Weg sein, wie aus Praxiserfahrung Professionswissen entwickelt wird (McAlpine et al., 1999, S. 116). In diesem Beitrag soll diese gegenseitige Abhängigkeit der Entwicklung von Professionswissen und Reflexionsfähigkeit im Praxissemester Physik betrachtet werden. Im Projekt ProfiLe-P+ wurden dazu Performanztests prä und post dem Praxissemester eingesetzt, sodass Entwicklungen von Fähigkeiten direkt abgebildet werden konnten. Dadurch kann ein Kernelement des Refined Consensus Model of PCK geprüft werden: die Entwicklung von personal PCK aus enacted PCK (Carlson et al., 2020).

Begriffliche Eingrenzung von Reflexionsfähigkeit

Der Begriff der Reflexion und – daran anschließend – der Reflexionsfähigkeit wird in der Literatur nicht einheitlich verwendet (z.B. Aufschnaiter, Fraij und Kost, 2019). Das macht es u.a. auch schwierig, zu überprüfen, ob die der Reflexionsfähigkeit zugeschriebenen Effekte erreicht werden können. Der hier beschriebenen Studie wurde ein recht breiter Reflexionsbegriff zugrunde gelegt. Reflexion in diesem Sinne ist die „theoriebasierte Analyse von Unterricht mit dem Ziel, die Unterrichtsqualität zu verbessern und/oder die Professionalität von Lehrkräften zu entwickeln“ (Kempin, Kulgemeyer & Schecker, 2020). Dieser Reflexionsbegriff umfasst also sowohl Selbst- als auch Fremdreflexion und somit – anders als z.B. der nur auf internale Zielstellungen fokussierte Begriff von Aufschnaiter, Fraij und Kost (2019) – internale und externe Zielstellungen.

Das Refined Model of PCK als theoretische Rahmung

Theoretischer Bezug der Studie ist das Refined Consensus Model of PCK. Es wurde von einer internationalen Gruppe von Expertinnen und Experten entwickelt, um den Begriff des

pedagogical content knowledge (PCK) besser fassen zu können. Drei Grundannahmen des Modells, die für die vorliegende Studie wichtig sind, sollen hier genannt werden:

1. PCK umfasst drei verschiedene Bereiche, die sich darin unterscheiden, wie nah sie am Handeln der Lehrkraft sind. Das *collective PCK* ist das gesammelte PCK einer Gemeinschaft von Wissenden, wie es z.B. in einem Lehrbuch steht. Das *personal PCK* ist das verbalisierbare PCK einer Person. Das *enacted PCK* ist das nicht mehr verbalisierbare PCK, wie es nur in Handlungen beobachtet werden kann. Im Sinne des Kompetenzmodells von Blömeke, Gustafsson und Shavelsson (2015) kann man sagen, dass das personal PCK Disposition des enacted PCK ist, während das collective PCK – z.B. durch Lerngelegenheiten an der Universität – zu personal PCK überführt werden muss, bevor es nutzbar im Handeln ist.
2. Das collective PCK umfasst sowohl Aspekte wie Wissen über das Curriculum oder Wissen über Schülervorstellungen als auch Fachwissen und pädagogisches Wissen. Das ist ein wesentlicher Unterschied zum Begriff des fachdidaktischen Wissens nach kontinentaleuropäischer Prägung. PCK ist im Sinne des Modells also näher am übergreifenden Begriff des Professionswissens, das wiederum Fachwissen, fachdidaktisches Wissen und pädagogisches Wissen inkludiert.
3. Die Beziehung zwischen personal PCK und enacted PCK ist wechselseitig. Das personal PCK ist Disposition für enacted PCK (z.B. wird in Erklärhandlungen Professionswissen verwendet) – das enacted PCK wiederum ist Lerngelegenheit für personal PCK. Der Mechanismus, wie aus der praktischen Erfahrung persönliches Wissen wird, soll Reflexion über die Praxiserfahrung sein. Während es für die Rolle des personal PCK als Disposition von enacted PCK zumindest erste Studien gibt, die diese Verbindung nachweisen können (Kulgemeyer et al., 2020), gilt dies für die Rolle der Reflexion als Mittler zwischen enacted PCK und personal PCK nicht.

Untersuchungsziele und Design der Studie

Die vorgestellte Studie greift diesen dritten Punkt auf. Es soll zunächst untersucht werden:

1. Trägt Reflexionsfähigkeit zur Entwicklung von personal PCK im Praxissemester bei?

Zur Untersuchung dieser Forschungsfrage wurden längsschnittlich über das Praxissemester sowohl personal PCK (Fachwissen, fachdidaktisches Wissen, pädagogisches Wissen) als auch Reflexionsfähigkeit mit einem handlungsnahen Testinstrument (s.u.) erhoben. Als Kontrollvariablen lagen u.a. über einen Fragebogen zum Praxissemester Daten zu Lerngelegenheiten im Praxissemester vor (vor allem zur Anzahl der unterrichteten Stunden, Anzahl der hospitierten Stunden, Intensität der Reflexionsgespräche mit mentorierenden Lehrkräften und Universitätsdozierenden operationalisiert durch die Anzahl der angesprochenen Themen).

Um die Frage zu untersuchen, wird folgende Annahme getroffen: wenn Personen mit höherer Reflexionsfähigkeit in das Praxissemester gehen, sind sie erfolgreicher in der Lage, aus Praxiserfahrung personal PCK zu entwickeln. Wenn die Forschungsfrage positiv beantwortet werden soll, muss also ein Einfluss der Reflexionsfähigkeit vor dem Praxissemester auf die Entwicklung des Professionswissens über das Praxissemester messbar sein.

Der zweite Teil der Studie besteht aus einer Explorationsstudie zu folgender Frage:

2. Welche Faktoren könnten die Entwicklung von Reflexionsfähigkeit im Praxissemester begünstigen?

Dazu werden alle gemessenen Größen betrachtet und überprüft, welche davon einen messbaren Einfluss auf die Entwicklung von Reflexionsfähigkeit haben.

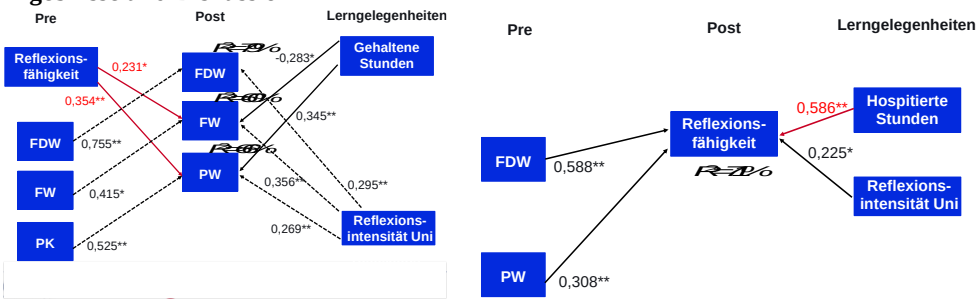
Beide Forschungsfragen werden mit Strukturgleichungsmodellen (robust MLE) überprüft.

Stichprobe und eingesetzte Instrumente

Die Stichprobe besteht aus Studierenden des Lehramts Physik von vier Universitäten. Mit dem Reflexionstest wurden 68 Studierende vor dem Praxissemester und 59 nach dem Praxissemester gemessen. Von 48 Personen liegen dabei komplette Datensätze vor. Dies ist sicherlich an der Grenze, ab der nur noch große Effekte statistisch aufgelöst werden können – allerdings ist der Interventionszeitraum mit einem Semester genügend groß, um Effekte in dieser Größenordnung zu ermöglichen.

Für die Reflexionsfähigkeit wurde der Test von Kempin, Kulgemeyer und Schecker (2020) verwendet. Darin wird ein Dialog mit einem fiktiven Mitpraktikanten simuliert, der Feedback zum eigenen Unterricht (Thema: Vom dritten Axiom zum Impulserhaltungssatz) erhalten möchte. Es werden dann Unterrichtsausschnitte gezeigt und die Stunde von Anfang bis Ende reflektiert. Die Studierenden geben das Feedback verbal, die Unterrichtsstunde wurde geskriptet und gefilmt, sodass typische Probleme enthalten sind (z.B. beim Umgang mit Schülervorstellungen, im Classroom Management und in fachlichen Fragen). Die audiographierten Antworten werden mit einem Kodiermanual (sehr gute Übereinstimmung dreier Rater, Gwets AC_1 = 0,884) über das zugrundeliegende Modell (siehe Kempin, Kulgemeyer & Schecker (2020)) in ein Maß für Reflexionsfähigkeit überführt. Die Tests zum Fachwissen, fachdidaktischen Wissen und pädagogischen Wissen wurden in der Studie von ProfiLe-P übergreifend verwendet (.76 < α < .84) (Vogelsang et al., 2019).

Ergebnisse und Diskussion



Die Strukturgleichungsmodelle erreichen ausreichende Modellgüteparameter. Angegeben sind hier standardisierte Regressionskoeffizienten. Das linke Modell (zu FF1) legt nahe, dass die Reflexionsfähigkeit vor dem Praxissemester vermutlich wichtig dafür ist, wie das personal PCK wächst – jedenfalls konnte es für die Bereiche CK und PK beobachtet werden. Der Einfluss auf das Wachstum des fachdidaktischen Wissens im engeren Sinne liegt unterhalb der Signifikanzgrenze. Die Ergebnisse stützen also das Refined Consensus Model.

Im rechten Strukturgleichungsmodell (zu FF2) zeigt sich, dass die Anzahl der hospitierten Stunden zentral für das Wachstum der Reflexionsfähigkeit ist (zur Erinnerung: hier wurde Fremdreflexion gemessen). Die Reflexionsgespräche mit den mentorierenden Lehrkräften sind insgesamt unbedeutend, ein Grund dafür könnte sein, dass diese unzureichend für die Rolle ausgebildet sind. Die Reflexionsgespräche mit den Universitätsdozierenden allerdings scheinen sehr wichtig zu sein – sowohl für das Wachstum der Reflexionsfähigkeit als auch für das Wachstum des personal PC.

Literatur

von Aufschnaiter, C., Fraij, A. & Kost, D. (2019). Reflexion und Reflexivität in der Lehrerbildung. Herausforderung Lehrer_innenbildung, 2(1), 144–159.

Carlson at. al. (2020). 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 (pp. 77–92). Singapore: Springer.

Blömeke, S., Gustafsson, J.-E. & Shavelson, R. J. (2015). Beyond Dichotomies. Zeitschrift für Psychologie, 223(1), 3–13.

Kempin, M., Kulgemeyer, C. & Schecker, H. (2020). Wirkung von Professionswissen und Praxisphasen auf die Reflexionsfähigkeit von Physiklehramtsstudierenden. In S. Habig (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Kompetenz in der Gesellschaft von morgen (pp. 439-442). Essen: Universität Duisburg-Essen.

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 DOI: 10.1002/tea.21632, 1-29.

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, XXIX(2), 113–144.

Vogelsang, C., Borowski, A., Buschhüter, D., Enkrott, P., Kempin, M., Kulgemeyer, C. et al. (2019). Entwicklung von Professionswissen und Unterrichtsperformanz im Lehramtsstudium Physik. Analysen zu valider Testwertinterpretation. Zeitschrift für Pädagogik, (4), 473–491.

Ulrich I., Klingebiel F., Bartels A., Staab R., Scherer S., Gröschner A. (2020) Wie wirkt das Praxissemester im Lehramtsstudium auf Studierende? Ein systematischer Review. In: Ulrich I., Gröschner A. (Hrsg.) Praxissemester im Lehramtsstudium in Deutschland: Wirkungen auf Studierende (pp. 1-66). Wiesbaden: Springer.

Jan Schröder[1]
Christoph Vogelsang[2]
Josef Riese[1]

[1]RWTH Aachen University
[2]Universität Paderborn

Entwicklung der Fähigkeit zur Unterrichtsplanung im Fach Physik

Einleitung und Motivation

Eine der Kernaufgaben von Lehrkräften „*ist die gezielte und nach wissenschaftlichen Erkenntnissen gestaltete Planung […] von Lehr- und Lernprozesse*“ (KMK 2019). Um angehende Lehrkräfte auf diese Aufgabe vorzubereiten, fokussiert die mehrphasige Ausbildung von Lehrkräften zunächst die Vermittlung von grundlegendem Fachwissen (FW), fachdidaktischem Wissen (FDW) und erziehungswissenschaftlichem Wissen (EW). Mit fortschreitendem Entwicklungsstand rückt die Nutzung des erworbenen Wissens zur Gestaltung qualitativ hochwertiger Lehr-Lern-Angebote in den Vordergrund. Die Annahme, dass das erworbene Professionswissen (FW, FDW, EW) für die Gestaltung von Unterricht eine Rolle spielt, spiegelt sich in Modellen zur Funktionsweise der Lehrerbildung (Terhart 2012) oder in Angebots-Nutzungs-Modellen (Helmke, 2017) wider, wie auch im Modell professioneller Kompetenz als Kontinuum (Blömeke, Gustafsson & Shavelson, 2015) oder im *Refined Consensus Model of* PCK (RCM) (Carlson & Daehler, 2019). Die Erkenntnisse zum Zusammenhang zwischen dem Wissen und der Handlungsqualität von Lehrkräften, im RCM als Übergang zwischen personal und enacted PCK aufgefasst, sind jedoch bislang eher diffus (z.B. Cauet, Liepertz, Borowski & Fischer, 2015, Vogelsang, 2014). Um mögliche Störvariablen bei der Erfassung der Handlungsqualität, wie sie z.B. bei der Videographie von Unterricht auftreten, zu reduzieren, besteht der Ansatz im Projekt *ProfiLe-P+* in der Verwendung von standardisierten Testinstrumenten zur Messung der Performanz in beruflichen Standardsituationen, wie z.B. der Unterrichtsplanung. Da das Praxissemesters als mutmaßliche Lerngelegenheit für die Umsetzung von Wissen in Handlungsfähigkeit angesehen werden kann, sollen die Entwicklung der Planungsfähigkeit und Zusammenhänge zur Entwicklung des simultan gemessenen Professionswissens untersucht werden.

Theoretischer Hintergrund

Die Unterrichtsplanung stellt eine alltägliche und zentrale Aufgabe von Lehrkräften dar (KMK, 2019). Obgleich die schriftliche Unterrichtsplanung für erfahrene Lehrkräfte schnell an Relevanz verliert, kann sie für weniger erfahrene Lehrkräfte als bedeutsam angenommen werden. Die zyklische Ausführung von Planung, Durchführung und anschließender Reflexion von Unterricht bietet dabei die Möglichkeit zur Ausbildung und Anpassung von Handlungsroutinen bzw. Handlungsskripten (Shavelson & Stern, 1981; Yinger, 1980), welche spontane und angemessene Reaktionen im Unterricht ermöglichen und z.B. bei der Planung von folgendem Unterricht als Ressource genutzt werden können (Stender, 2014). Der Planungsprozess bietet dabei die Möglichkeit, vorhandenes FW, FDW und EW für die Gestaltung von Lehr-Lern-Gelegenheiten heranzuziehen und erfüllt in Ausbildungskontexten die Zielklassen der Kreation und der Legitimation des didaktischen Arrangements (Vogelsang & Riese, 2017). Dennoch ist die Fähigkeit zur Unterrichtsplanung bisher selten untersucht worden (Wernke & Zierer, 2017). Ansätze zur Erfassung von Planungskompetenz stellen einerseits Vignettentests zur Erfassung des Wissens über Unterrichtsplanung (z.B. Baer et al., 2011) und andererseits Qualitätsanalysen realer Unterrichtsplanungen dar (z.B.

König et al., 2015). Der in ProfiLe-P+ gewählte Ansatz des Performanztests (Miller, 1990) stellt einen dritten Zugang dar, der sowohl einen hohen Grad an Standardisierung aufweisen als auch eine möglichst authentische berufliche Standardsituation darstellen soll.

Ziele

Im hier dargestellten Teilprojekt soll einerseits ein bereits entwickelter Performanztest zur Messung der Fähigkeit zur Unterrichtsplanung im Fach Physik eingesetzt werden, um die Entwicklung der Fähigkeit von Studierenden während des Praxissemesters zu messen (FF1). Darauf aufbauend soll untersucht werden, welche Zusammenhänge zu Beginn und am Ende des Praxissemesters zwischen Planungsfähigkeit (als Teil des enacted PCK) und Professionswissen (personal PCK) bestehen (FF2). Schließlich sollen Einflussfaktoren für die mögliche Veränderung der Planungsfähigkeit auf Seiten des Professionswissens und der Lerngelegenheiten im Praxissemester betrachtet werden (FF3).

Design

Zur Untersuchung der formulierten Forschungsfragen wurden im Gesamtprojekt an vier deutschen Universitäten jeweils vor und nach dem Praxissemester (Δt = 4,5 Monate) Instrumente zur Messung von FW (Enkrott et al., 2019), FDW (Riese, Gramzow & Reinhold, 2017), EW (Riese, 2009) sowie der Planungsfähigkeit (Schröder et al., 2020) eingesetzt. Außerdem wurde demographische Daten der Probanden erhoben und zum zweiten Messzeitpunkt ein Fragebogen zum Umfang und zu Betreuungsverhältnissen während des Praxissemesters eingesetzt. Bei dem Performanztest zur Erfassung der Planungsfähigkeit besteht die Aufgabe der Probanden in der Planung einer Stunde Physikunterrichts zum Inhalt des dritten Newtonschen Axioms für eine fiktive Lerngruppe. Die Dokumentation der schriftlichen Planungen erfolgt anhand eines vorstrukturierten Planungspapiers, auf dem Informationen zu fachlichen und fachdidaktischen Grundlagen, zu möglichen Schülervorstellungen, geplanten Experimenten, Aufgaben und Fragestellungen sowie zum geplanten Tafelbild zu vermerken sind. Außerdem soll das didaktische Arrangement begründet und ein Verlaufsplan angefertigt werden. Die Bewertung der Planung erfolgt mithilfe eines Kodiersystems aus N=45 dichotomen Kategorien und der Bildung des Gesamtscores durch Summenbildung. Die für N=52 Planungen bestimmte Urteilerübereinstimmung ergab sich über alle Kategorien hinweg zu 87,6 % (κ = 0,69). Eine genauere Beschreibung des Testinstruments und zu unternommenen Validierungsschritten finden sich bei Schröder et al. (2020). Im Gesamtprojekt konnten für N=68 Probanden Daten des Planungstests im Längsschnitt erhoben werden. Aufgrund er hohen Testbelastung von bis zu 300 Minuten bei Teilnahme an allen Erhebungen pro Messzeitpunkt wurden die Instrumente zum Professionswissen über etwa zwei Wochen verteilt, was zu variierenden Teilnehmerzahlen bei den verschiedenen Instrumenten führte. Vollständige Datensätze (Planung, FW, FDW, EW, Personenvariablen) liegen für N=42 Personen vor.

Ergebnisse

Die normierte Gesamtpunktzahl der N=68 Probanden, welche den Planungstest zu beiden Messzeitpunkten bearbeiteten, betrug vor dem Praxissemester M_1=46,9% (SD=13,9%) und zum Ende des Praxissemesters M_2=52,7% (SD=15,1%). Die Entwicklung der Gesamtpunktzahl ist signifikant (t(67)=-2,76, p=0,008) mit einer eher kleinen Effektstärke von d=0,34. Die Zusammenhänge zwischen Gesamtscore im Planungstest und dem Professionswissen sind in Tab. 1 dargestellt.

*Tab. 1 Bivariate Korrelation zwischen Bereichen des Professionswissens und der gemessenen Planungsfähigkeit. *: p<0,05; **: p<0,01.*

Pearson's r	Planungsfähigkeit MZP1	Planungsfähigkeit MZP2
FW ($N_{MZP1} = 67$, $N_{MZP2} = 56$)	-0,014 (ns)	-0,198 (ns)
FDW ($N_{MZP1} = 74$, $N_{MZP2} = 71$)	0,318**	0,325**
EW ($N_{MZP1} = 55$, $N_{MZP2} = 71$)	0,356**	0,247*

Die Bereiche des Professionswissens entwickeln sich über das Praxissemester jeweils signifikant (d_{FW}=0,33**, d_{FDW}=0,46***, d_{EW}=0,75***), obwohl für das Professionswissen keine expliziten Lerngelegenheiten vorgesehen sind. Zur Überprüfung des Einflusses des Professionswissens (PrW) auf die Entwicklung der Planungsfähigkeit wurde zunächst ein gleichgewichteter Gesamtscore aus FW, FDW und EW gebildet und zu beiden Messzeitpunkten die synchrone Korrelation zwischen PrW und Planungsfähigkeit (vertikale Verbindung in Abb. 1) sowie die Autokorrelation zwischen beiden Konstrukten bestimmt (horizontale Verbindung in Abb. 1). Die Werte der Autokorrelation sind bei Betrachtung der jeweiligen Entwicklung der Teilkonstrukte nicht überraschend. Die ausbleibende Signifikanz der synchronen Korrelation lässt sich auf die fehlenden Zusammenhänge zwischen FW und Planungsfähigkeit zurückführen. Die partiellen Korrelationen (Diagonalen in Abb. 1) zeigen zwar, dass das PrW zum ersten MZP einen signifikanten Zusammenhang zur Planungsfähigkeit zum zweiten MZP unter Kontrolle der Planungsfähigkeit zum ersten MZP aufweist, jedoch ist der alternative Zusammenhang (Einfluss der Planungsfähigkeit auf Entwicklung des PrW) nicht hinreichend unterschiedlich. Damit kann zumindest das aggregierte PrW nicht als Ursache der Entwicklung angesehen werden, wobei spezifische Zusammenhänge für das FDW noch zu prüfen sind. Die Anzahl der selbst unterrichteten und der hospitierten Unterrichtsstunden innerhalb des Praxissemester korreliert nicht mit dem Zuwachs der Planungsfähigkeit, jedoch zeigt sich für die Anzahl selbst unterrichteter Stunden im Bereich Mechanik ein Zusammenhang von r=0,26*.

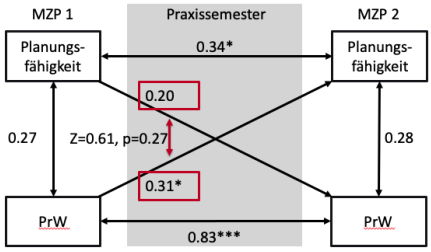


Abb. 1 Cross-Lagged-Panel- Design (CLPD) zwischen Professionswissen und Planungsfähigkeit.

Fazit

Für die mithilfe eines Performanztests gemessene Fähigkeit zur Unterrichtsplanung konnte eine signifikante Zunahme geringer Effektstärke über das Praxissemester nachgewiesen werden (FF1), allerdings können Testwiederholungseffekte bisher nicht ausgeschlossen werden. Trotz der ebenfalls vorliegenden Entwicklung des Professionswissens und den punktuellen Zusammenhängen zwischen Wissen und Planungsfähigkeit (FF2) konnten keine kausalen Zusammenhänge zwischen einem globalen Wissensscore und der Entwicklung der Planungsfähigkeit nachgewiesen werden (FF3). Hier stehen weitere Analysen speziell für das FDW aus. Zwischen der Anzahl selbst gehaltener Unterrichtstunden im Inhaltsbereich des Performanztests und dem Testscore der Planungsfähigkeit zeigte sich hingegen ein schwacher Zusammenhang (r=0,26*). Die Entwicklung professioneller Kompetenz bzw. von pPCK sowie ePCK konnte so zwar über das Praxissemester nachverfolgt werden, jedoch konnten Wirkmechanismen noch nicht hinreichend geklärt werden.

Literatur

Baer, M., Kocher, M., Wyss, C., Guldimann, T., Larcher, S., & Dörr, G. (2011). Lehrerbildung und Praxiserfahrung im ersten Berufsjahr und ihre Wirkung auf die Unterrichtskompetenzen von Studierenden und jungen Lehrpersonen im Berufseinstieg. *Zeitschrift Für Erziehungswissenschaft*, 14(1), 85–117.

Blömeke, S., Gustafsson, J. E., & Shavelson, R. J. (2015). Beyond dichotomies: Competence viewed as a continuum. *Zeitschrift Für Psychologie*, Vol. 223.

Cauet, E., Liepertz, S., Borowski, A., & Fischer, H. E. (2015). Does it matter what we measure? Domain-specific professional knowledge of physics teachers. *Schweizerische Zeitschrift für Bildungswissenschaften*, 37(3), 462–479.

Carlson, J., & Daehler, K. R. (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. 77–92). Singapore: Springer.

Enkrott, P., Buschhüter, D., Borowski, A., & Fischer, H. E. (2019). Modellierung und Entwicklung von Fachwissen angehender Physiklehrkräfte. In C. Maurer (Ed.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe* (S. 349–352). Universität Regensburg.

Helmke, A. (2017). *Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität - Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts*. Seelze: Klett-Kallmeyer.

König, J., Buchholtz, C., & Dohmen, D. (2015). Analyse von schriftlichen Unterrichtsplanungen: Empirische Befunde zur didaktischen Adaptivität als Aspekt der Planungskompetenz angehender Lehrkräfte. *Zeitschrift Für Erziehungswissenschaft*, 18(2), 375–404.

Kultusministerkonferenz. (2019*). Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften* (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.12.2004 i. d. f. vom 16.05.2019).

Miller, G. E. (1990). The Assessment of Clinical Skills/Competence/Performance. *Academic Medicine*, 65(9, September Supplement), 63–67.

Riese, J. (2009). *Professionelles Wissen und professionelle Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften*. Berlin: Logos.

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.

Schröder, J., Riese, J., Vogelsang, C., Borowski, A., Buschhüter, D., Enkrott, P., … Schecker, H. (2020). Die Messung der Fähigkeit zur Unterrichtsplanung im Fach Physik mit Hilfe eines standardisierten Performanztests. https://doi.org/10.1007/s40573-020-00115-w

Shavelson, R. J., & Stern, P. (1981). Research on Teachers' Pedagogical Thoughts, Judgments, Decisions, and Behavior. Review of Educational Research, 51(4), 455–498.

Stender, A. (2014). *Unterrichtsplanung: Vom Wissen zum Handeln*. Berlin: Logos.

Terhart, E. (2012). Wie wirkt Lehrerbildung? Forschungsprobleme und Gestaltungsfragen. *Zeitschrift für Bildungsforschung*, 2(1), 3–21.

Vogelsang, C. (2014). *Validierung eines Instruments zur Erfassung der professionellen Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften*. 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 Kompetenzbereic*h?! (S. 47–61). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Wernke, S., & Zierer, K. (Eds.). (2017). *Die Unterrichtsplanung: Ein in Vergessenheit geratener Kompetenzbereich?*! Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Yinger, R. J. (1980). A Study of Teacher Planning. *The Elementary School Journal*, 80(3), 107–127. https://doi.org/10.1097/EDE.0b013e3181

Philipp Bitzenbauer[1] [1]FAU Erlangen-Nürnberg
Jan-Peter Meyn[1]

Förderung eines funktionalen Modellverständnisses Lernender in der Quantenphysik

Ausgangslage

Die Kenntnis darüber, welche Vorstellungen Lernende zu verschiedenen Konzepten und Phänomenen entwickeln, ist anerkanntes Forschungsziel der Physikdidaktik. Bezogen auf die Quantenphysik zeigen sich mechanistische Denkweisen als zentrale Lernbarriere (Petri & Niedderer, 1998; Müller, 2003; Taber, 2005; Krijtenburg-Lewerissa et al. 2017). Dies führt dazu, dass Lernende gerade in der Quantenphysik oft kein elaboriertes Modellverständnis entwickeln, sondern Schwierigkeiten haben bei der Abstraktion weg von der durch ein Modell zu beschreibenden Realität: In der Quantenphysik werden Modelle von Lernenden dann oft insofern gedeutet, als dass sie Replikaten der Wirklichkeit entsprechen

Ubben und Heusler (2019) studierten den Übergang mentaler Modelle Lernender von einer Konkretheit hin zu der oben beschriebenen Abstraktheit am Beispiel der Atomhülle genauer. Im Rahmen einer Fragebogenstudie (N = 3108) extrahierten sie faktorenanalytisch zwei unabhängige Faktoren zur Beschreibung mentaler Modelle der Teilnehmenden an der Studie: die Gestalt und die Funktionalität. Unter der Gestalttreue verstehen die Autoren der Arbeit dabei, „inwieweit physikalische Modelle als gestalttreue Abbilder der Realität gesehen werden“ (Ubben, 2020). Mit der Funktionalität soll hingegen zum Ausdruck kommen, dass eine Funktion bzw. eine Menge von Funktionen des Modells als realitätstreu betrachtet werden. Die Unabhängigkeit dieser beiden Faktoren ermöglichte Ubben und Heusler die Unterscheidung von vier Verständnistypen mentaler Modelle, jeweils in Abhängigkeit der Ausprägung von Gestalt- und Funktionalitätstreue. Die Beschreibungen zu den einzelnen Verständnistypen wurden von Ubben (2020) detailliert dargelegt.

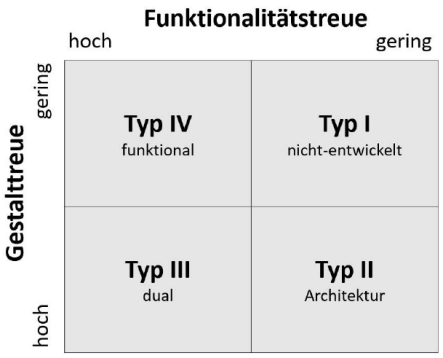


Abb. 1: Trägt man die beiden Faktoren Funktionalitätstreue und Gestalttreue gegeneinander auf, so ergeben sich vier mögliche Verständnistypen mentaler Modelle.

Forschungsdesign und Forschungsfragen

Es verbleibt unter anderem die Klärung der Frage, inwiefern die extrahierten Verständnistypen mentaler Modelle (vgl. Abb. 1) über die Atomhülle hinaus auf weitere Aspekte der Quantenphysik verallgemeinert werden können. Zur Annäherung an die Klärung dieser Frage wurde eine Fragebogenstudie mit $N = 118$ Schülerinnen und Schüler der gymnasialen Oberstufe durchgeführt. Als Fragebogen konnte auf einen Vorstellungsfragebogen von Müller (2002) zurückgegriffen werden; dieser ermöglicht die Erhebung von Schülervorstellungen zu verschiedenen Konzepten der Quantenphysik mit Hilfe von Aussagen, welche die Teilnehmenden auf einer fünfstufigen Ratingskala (1 = stimmt völlig, …, 5 = stimmt gar nicht) bewerten (z.B. „*In der Quantenphysik ist es möglich, dass ein Quantenobjekt klassisch wohldefinierte Eigenschaften, wie den Ort, nicht besitzt.“*). Die Ergebnisse hierzu berichten wir weiter unten.

Außerdem stellt sich aus unterrichtspraktischer Sicht die Frage, wie die Förderung und Unterstützung der Entwicklung mentaler Modelle hin zu einem funktionalen Modellverständnis gelingen kann – gerade in der Quantenphysik. Dazu wurden $N = 25$ Schülerinnen und Schüler (ohne Vorwissen in Quantenphysik) zu verschiedenen Aspekten der Quantenphysik interviewt, nachdem sie zur Einführung in die Quantenphysik das Erlanger Unterrichtskonzept zur Quantenoptik erlebt haben. Es gibt nämlich eine begründete Hoffnung, dass mit diesem Konzept eine Förderung des funktionalen Modellverständnisses erfolgreich sein kann: großer Wert wird nämlich auf die Unterscheidung zwischen dem gelegt, wie ein Modell aussieht und dem, was es repräsentiert (Ubben & Heusler, 2019).

Infobox

Das Erlanger Unterrichtskonzept zur Quantenphysik für die gymnasiale Oberstufe dient der Einführung in die Quantenphysik in vier Unterrichtsstunden. Das Experiment aus der bahnbrechenden Publikation „Experimental evidence for a photon anticorrelation effect on a beamsplitter" von Grangier et al. (1986) liegt dem Konzept inhaltlich zu grunde. Anhand von technischen Aspekten und Ergebnissen quantenoptischer Realexperimente gelangen die Lernenden auf direktem Wege zu den Wesenszügen der Quantenphysik.

Abb. 2: Infobox zum Erlanger Unterrichtskonzept zur Quantenoptik (Bitzenbauer & Meyn, 2020a). Details zum Konzept findet man bei (Bitzenbauer & Meyn, 2020b).

Ergebnisse der Fragebogenuntersuchung

Das Kasier-Mayer-Olkin-Kriterium als Maß der Stichprobeneignung liegt bei $.71$ und damit oberhalb des kritischen Werts von $.50$ (Field, 2013). Auch der Bartlett-Test auf Sphärizität spricht dafür, dass die erhobenen Daten für eine explorative Faktorenanalyse geeignet sind ($\chi^2(45) = 198.86, p < .001$). Die explorative Faktorenanalyse mit anschließender Varimax-Rotation wurde mit SPSS 25 durchgeführt und impliziert die Extraktion zweier Faktoren, die zusammen 44.4% der Gesamtvarianz aufklären. Die einzelnen Items weisen hohe Faktorladungen auf. Nur ein Item besitzt eine Sekundärladung, die betragsmäßig oberhalb von $.30$ liegt. Inhaltlich findet man in den beiden Faktoren diejenigen aus der Studie von Ubben und Heusler wieder. Dies spricht dafür, dass sich diese beiden unabhängigen Faktoren mentaler Modelle auf weitere Konzepte der Quantenphysik – also über die Atomhülle hinaus – verallgemeinern lassen. Auch eine konf. Faktorenanalyse bestätigt gute Modellpassung ($\chi^2/df = 1.380$, $CFI = 0.934$, $RMSEA = 0.048$, $SRMR = 0.057$).

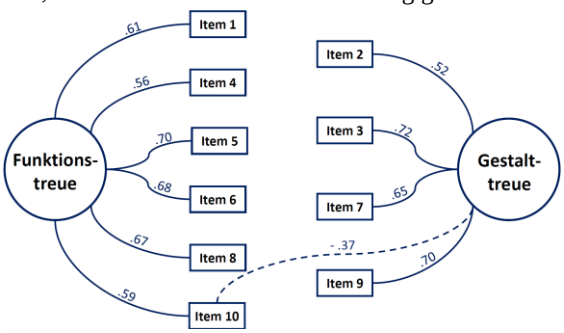


Abb. 3: Die beiden extrahierten Faktoren sowie die Faktorladungen der jeweiligen Items.

Ein Beispiel für ein Item, das dem Faktor Gestalttreue zugeordnet ist, ist Item 2: "*Die augenblickliche Position eines Photons zwischen Quelle und Detektor ist nicht prinzipiell unbestimmt, sondern dem Experimentator unbekannt.*" Item 6 stellt ein Beispiel für eines aus dem Faktor Funktionstreue dar: „*Wenn das Photon im Interferometer zum Detektor fliegt, nimmt es einen ganz bestimmten Weg, auch wenn ich ihn nicht bestimmen kann.*"

Ergebnisse der Interviewstudie

In den 25 - 45 Minuten dauernden leitfadengestützten Interviews wurden die Probanden zu den Wesenszügen der Quantenphysik (Küblbeck & Müller, 2003) befragt. Die Schülerantworten wurden mit Hilfe deduktiv und induktiv gebildeter Kategorien mittels qualitativer Inhaltsanalyse ausgewertet. In diesem Beitrag wird beispielhaft auf die Ergebnisse

zur Eigenschaft Ort in der Quantenphysik eingegangen. Die Schülervorstellungen wurden u.a. mit Fragen, wie der Folgenden erhoben, welche von Müller (2003) übernommen wurde: „*Jemand behauptet, dass ein Photon im Doppelspalt-Experiment immer entweder durch den rechten oder durch den linken Spalt geht. Wie würdest du ihn widerlegen?*“
Mittels hierarchisch-agglomerativer Clusteranalyse unter Verwendung der Linkage-Methode von Ward (Strauss & Maltzitz, 2017) mit Manhatten Distanz konnten hinsichtlich der Eigenschaft Ort in der Quantenphysik vier primäre Vorstellungstypen identifiziert werden. Ohne auf statistische Details einzugehen, sollen diese vier Vorstellungstypen nachfolgend kurz beschrieben werden.

1. Cluster *Elaborierter Eigenschaftsbegriff (5/25)*: Schülerinnen und Schüler dieses Clusters besitzen eine sehr elaborierte Vorstellung zum Eigenschaftsbegriff in der Quantenphysik. Alle Befragten dieses Clusters lehnen eine permanente Lokalisierung von Quantenobjekten ab und betonen die Bedeutung der Präparation.
2. Cluster *Indifferenter Eigenschaftsbegriff (8/25):* Zwar ist die Präparation von Eigenschaften in der Quantenphysik den Lernenden bewusst, allerdings gibt es auch Äußerungen, die für indifferente Vorstellungen sprechen: Drei Viertel der Befragten dieses Clusters nutzen nämlich Trajektorien von Quantenojekten mehr oder weniger explizit, um quantenphysikalische Phänomene oder Experimente zu beschreiben.
3. Cluster *Naiver Eigenschaftsbegriff (6/25):* Bei den Befragten in diesem Cluster sind mechanistische Denkweise hartnäckig, denn alle 6 Befragten dieses Clusters nutzen Trajektorien von Quantenojekten mehr oder weniger explizit, um quantenphysikalische Phänomene oder Experimente zu beschreiben oder behaupten, dass eine permanente Lokalisierung von Quantenobjekten daran scheitert, dass eine Ortsbestimmung schwierig
4. Cluster *Quantenobjekte als Wellen nicht lokalisiert (6/25):* Die Präparation von Eigenschaften in der Quantenphysik wird aber von allen Befragten erwähnt. Allerdings spricht keiner der Befragten dieses Clusters über die Zustandsänderung bei Messung. Oft wird die fehlende Lokalisierbarkeit mit Argumenten des Dualismus begründet; Quantenobjekte wären demnach als Wellen nicht lokalisierbar.

Diskussion

Die in der Interviewstudie gefundenen Vorstellungstypen können mit den eingangs vorgestellten Verständnistypen mentaler Modelle von Ubben (2020) identifiziert werden (vgl. Abb. 4). Dies liefert ein Indiz dafür, dass eine Einführung Lernender in die Quantenphysik mittels des Erlanger Konzepts dazu geeignet ist, um das funktionale Modellverständnis Lernender zu fördern: immerhin ein Fünftel der Lernenden kann nach einer gerade einmal vier Unterrichtsstunden umfassenden Einführung dem funktionalen Verständnistypen zugeordnet werden.

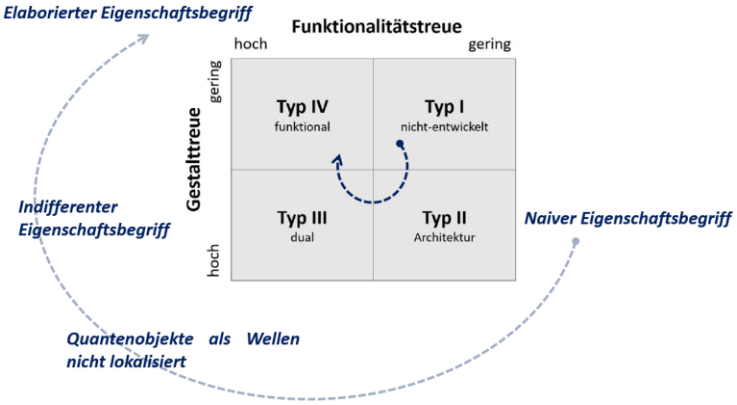


Abb. 4: Verknüpfung der Vorstellungs-cluster zum Eigenschaftsbegriff und den Verständnistypen mentaler Modelle.

Literatur

Bitzenbauer, P., Meyn, J.-P. (2020a). A new teaching concept on quantum physics in secondary schools. In: Physics Education **55** 055031

Bitzenbauer, P., Meyn, J.-P. (2020b). Inhaltsvalidität eines Testinstruments zur Erfassung deklarativen Wissens zur Quantenoptik. Erscheint in: PhyDid B, Beiträge zur Frühjahrstagung Bonn 2020.

Field, A. P. (2013). Discovering statistics using IBM SPSS statistics: And sex and drugs and rock 'n' roll (4. Auflage). Los Angeles: Sage.

Krijtenburg-Lewerissa, K., Pol, H. J., Brinkman, A., Joolingen, W.R. (2017). Insights into teaching quantum mechanics in secondary and lower undergraduate education. In: Physical Review Physics Education Research, 13, 010109.

Müller, R., Wiesner, H. (2002). Teaching quantum mechanics on an introductory level. In: American Journal of Physics, 70, 200ff.

Müller, R. (2003). Quantenphysik in der Schule. Berlin: Logos Verlag.

Petri, J., Niedderer, H. (1998). A learning pathway in highschool level quantum atomic physics. In: International Journal of Science Education, 20, 1075-1088.

Strauss, T., Maltitz, M. J. (2017). Generalising Ward's Method for Use with Manhattan Distances. In: PLoS ONE 12(1).

Taber, K. S. (2005). Learning Quanta: barriers to stimulating transitions in student understanding of orbital ideas. In: Science Education, 89, 94-116.

Ubben, M., Heusler, S. (2019). Gestalt and Functionality as Independent Dimensions of Mental Models in Science. In: Research in Science Education. https://doi.org/10.1007/s11165-019-09892-y

Ubben, M. (2020). Typisierung des Verständnisses mentaler Modelle mittels empirischer Datenerhebung am Beispiel der Quantenphysik. Berlin, Logos Verlag.

Michael M. Hull[1] [1]University of Vienna
Alexandra Jansky[2] [2]CERN
Martin Hopf [1]

Reasoning Fluidly about Half-life on a Two-tier Multiple-choice Survey

Introduction

To date, researchers have documented a number of student naïve ideas regarding radioactivity (*e.g.*, Eijkelhof, 1990; Lijnse, Eijkelhof, Klaassen, & Scholte, 1990). Specific to the lifetime of radioactive materials, many students assume that if half of a radioactive substance has transformed after one half-life, then half of each individual atom making up the sample must have half-transformed (Klaassen, Eijkelhof, & Lijnse, 1990). We have also documented the naïve idea that the nucleus has a 50% likelihood to transform on the day marking the end of one half-life (Hull & Hopf, 2020). It has been argued that part of the underlying difficulty could be a failure to understand the random nature of radioactivity (Eijkelhof, 1990; Hull, Jansky, & Hopf, 2020). We have also argued that, particularly regarding these latter ideas about the timing of the fission of an individual atom, the difficulty could arise in part because of a failure to understand radioactivity as an emergent process. Using the language of Wilensky *et al.* (*e.g.*, Wilensky & Resnick, 1999), we have discussed how students demonstrate a "level confusion" when they assume that the agent level (that is, individual nuclei) and the system level (the radioactive sample) share the same property (being half-transformed after one half-life) (Hull & Hopf, 2020). More generally, a student with a level confusion might reason *"If the amount of radioactive stuff in the radioactive sample can be predicted, then the individual atom cannot exhibit randomness."* In our prior work, we have documented through both pilot interviews (N=7) and a follow-up survey (N=55) that this "level confusion" is not necessarily a stable and rigid cognitive structure, but rather something that can fluidly shift from context to context (Hull, 2019; Hull & Hopf, 2020; Hull & Nakamura, 2018). Here, we will describe our current efforts to systematize data collection for seeing how wide-spread and to what degree this context-dependency is. In particular, we have utilized two features in our survey: 1) isomorphic problems and 2) confidence ratings.

Methodology: Isomorphic Problems and Confidence Ratings

Isomorphic problems are problems that require the same conceptual understanding to answer, but have different surface features that may result in a given student answering correctly on only some of the problems. Singh argues that the reason for this fluidity in reasoning is that "problem context with distracting features can trigger the activation of knowledge that a student thinks is relevant but which is not actually applicable in that context" (Singh, 2008). In such a case where knowledge is triggered in some problem contexts but not others, it would be inappropriate to think of students as having a rigid misconception. Although the use of isomorphic problems is a relatively direct indicator of how context-sensitive a student's reasoning is, it has the disadvantage of requiring additional survey items, potentially increasing the length of the survey dramatically. The second tool we consider for indicating the robustness of a learner's ideas is that of confidence ratings. After each item in our survey, we ask the respondent how confident he or she is with the answer to that item. Hasan *et al.* (1999) have argued that confidence ratings can "differentiate between a lack of knowledge and a misconception" and Lemmer (2013) has argued that expressing confidence can "confirm

the existence of stable existing [knowledge] structures". Asking respondents for a confidence rating increases the survey length only marginally. To minimize testing time, then, we would like to use only confidence ratings, provided responses on isomorphic problems provide no additional information beyond the confidence ratings. Our current research is to investigate whether or not that is the case. That is, our present research question is: *"Is there sufficient correspondence between confidence ratings and responses to isomorphic problems that we can keep just one of the two approaches? In particular, are students who answer (in)consistently across the isomorphic problems more likely to report (a lack of) confidence?"*

Our survey utilized 3 isomorphic prompts, the "Cage" (Jansky, 2019) and "Many vs One (MvO)" prompts, which we have previously described (Hull, 2019), and the "Ant" prompt, the free response version of which is shown in Fig. 1 below. Like the Cage and MvO prompts, the Ant prompt existed first as a free response prompt. Responses were collected from N = 37 students who had already learned about radioactivity and half-life. As the first and third author had done with the Cage and MvO prompts (Hull & Hopf, 2020), the first and second author coded the responses to the Ant prompt using qualitative content analysis (Mayring, 2014). These codes were then turned into options for a two-tier multiple-choice test form. In addition, from beginning to current state of the survey creation process, a total of N=7 survey validation interviews have been conducted, resulting in relatively minor improvements. The data presented below was collected the summer semester of 2020 from N = 84 students in the 6th-8th Klasse of a local Gymnasium in Vienna.

Results

Of the 84 students who started the survey, 79 of those students answered the Ant prompt (the first of the three isomorphic problems). Of those, 75 students answered Q.1B (see Fig. 1) with "Meine Antworten würde sich nicht ändern" or "Es ändert sich nicht außer, dass der Stein nun länger Strahlung abgibt". We coded these responses as indicating a level confusion. Our research interest is to investigate whether this level confusion is a stable and robust misconception, or whether it was incorrect reasoning appearing only in this context. To that end, we compared these responses with what the same students had responded to our other two isomorphic prompts, Cage and MvO.

A total of 75 students answered all three prompts and 74 of these exhibited a level confusion on at least one of the prompts. Of these, only 25 students exhibited a level confusion consistently across all three prompts. Our first finding, then, is that most students who show evidence of a level confusion do not do so consistently; rather, this difficulty is heavily context-dependent. We now turn our attention to our research question, combining this data with the confidence ratings reported by students.

A subset of the students who answered all three prompts were also asked confidence ratings for these prompts (N=44). Of these, 43 students exhibited a level confusion on at least one of the prompts, but only 12 exhibited a level confusion consistently across all three prompts. Although this is insufficient data to answer our research question (especially since very few students expressed confidence), there seem to be just as few consistent students expressing

Iod-131 ist ein Beispiel eines radioaktiven Atoms. Eine Ameise steht, wie im Bild rechts dargestellt, neben einem Stein, der eine Menge von Iod-131 Atomen enthält. Die Ameise bewegt sich zehn Minuten lang nicht. Betrachte die Aussagen von vier Lernenden, die mit einander über die Strahlung diskutieren, die während dieser zehn Minuten die Ameise erreicht.





1A) Mit welchen dieser vier Aussagen, zu einem Stein, der eine sehr geringe Menge von Iod-131 Atomen enthält, stimmst Du überein? Warum? Mit welchen stimmst Du nicht überein? Warum? Begründe Deine Entscheidung mit 2-3 Sätzen.
1B) Wie würde sich Deine Antwort zu Frage 1A ändern, wenn der Stein anstatt einer geringen Menge, eine riesige Menge an Iod-131 enthalten würde? Warum?

Fig. 1. The free-response form of the "Ant" prompt. Responding "my answers would not change" for part B was taken to indicate a "level confusion".

confidence as there are inconsistent students expressing confidence.

Conclusions

Our prior findings suggested that the "level confusion" (Wilensky & Resnick, 1999) exhibited by students when faced with the random and emergent nature of radioactivity may not be a rigid and robust misconception; rather, it may be a manifestation of smaller knowledge pieces aligning themselves in context-sensitive ways in response to problem features that are salient to students (Singh, 2008). The findings that we have presented here involving student responses to three isomorphic prompts suggest that fluidity of student reasoning is the norm, and not the exception. We have also found that most students also express a lack of confidence in their answers. However, it does not seem to be the case that the minority of consistent students are the same minority of confident students. As such, we are cautious of using confidence ratings as a proxy for detecting misconceptions, and favor the use of isomorphic problems as it is a more direct indicator. We intend to soon acquire a larger pool of data with which we can support or refute this suspicion.

Literatur

Eijkelhof, H. M. C. (1990). *Radiation and risk in physics education* (CD[beta] Press). Retrieved from https://inis.iaea.org/search/search.aspx?orig_q=RN:22010294

Hasan, S., Bagayoko, D., & Kelley, E. L. (1999). Misconceptions and the certainty of response index (CRI). *Physics Education*, *34*(5), 294–299.

Hull, M. M. (2019). Emergent Aspects of Radioactivity: Creation of a Survey on Half-life. *GDCP Conf. Proc.*, 590–593.

Hull, M. M., & Hopf, M. (2020). Student understanding of emergent aspects of radioactivity. *International Journal of Physics & Chemistry Education*, *12*(2), 19–33.

Hull, M. M., Jansky, A., & Hopf, M. (2020). Probability-related naïve ideas across physics topics. *Studies in Science Education*, 1–39.

Hull, M. M., & Nakamura, T. (2018). Understanding Half-Life as Emergent. *GDCP Conf. Proc.*, 484–487.

Jansky, A. (2019). Die Rolle von Schülervorstellungen zu Wahrscheinlichkeit und Zufall im naturwissenschaftlichen Kontext. University of Vienna.

Klaassen, C. W. J. M., Eijkelhof, H. M. C., & Lijnse, P. L. (1990). Considering an alternative approach to teaching radioactivity. In *Relating macroscopic phenomena to microscopic particles: A central problem in secondary science education* (pp. 304–316). Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/280531228

Lemmer, M. (2013). Nature, Cause and Effect of Students' Intuitive Conceptions Regarding Changes in Velocity. *International Journal of Science Education*, *35*(2), 239–261.

Lijnse, P. L., Eijkelhof, H. M. C., Klaassen, C. W. J. M., & Scholte, R. L. J. (1990). Pupils' and mass-media ideas about radioactivity. *International Journal of Science Education*, *12*(1), 67–78. https://doi.org/10.1080/0950069900120106

Mayring, P. (2014). *Qualitative content analysis: theoretical foundation, basic procedures and software solution*. Retrieved from https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-395173

Singh, C. (2008). Assessing student expertise in introductory physics with isomorphic problems. II. Effect of some potential factors on problem solving and transfer. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, *4*(1), 010105.

Wilensky, U., & Resnick, M. (1999). Thinking in levels: A dynamic systems approach to making sense of the world. *Journal of Science Education and Technology*, *8*(1), 3–19. Retrieved from https://link.springer.com/article/10.1023/A:1009421303064

Bianca Watzka[1] [1]Ludwig-Maximilians-Universität München

Wirksamkeit einer Lehrerfortbildung zu webbasierten Lernmaterialien

Abstract
Die Evaluationsergebnisse einer zweitägigen Lehrerfortbildung mit Praxiscoaching zur Entwicklung und zum Einsatz webbasierter Lernmaterialien zeigen, dass es vor der Fortbildung deutliche Unterschiede zwischen Alterskohorten im Vorwissen über Designkriterien multimedialer Lernangebote gibt. Durch die Fortbildung gleicht sich das Wissen in den Altersgruppen an, was durch verschiedene Prädiktoren vorhergesagt werden kann – ein Beispiel ist die Häufigkeit der in der Praxis aufgetretenen Probleme.

Ausgangslage und Theorie

Die frei zugängliche Software H5P ermöglicht das Erstellen interaktiver, webbasierter Lernmaterialien ohne Programmierkenntnisse. Mittels intuitiv bedienbaren Formatvorlagen können schnell und unkompliziert verschiedene Aufgabentypen realisiert und für Schülerinnen und Schüler zugänglich gemacht werden. Das Erstellen qualitativ hochwertiger online Lernmaterialien ist zwar technisch einfacher geworden, setzt aber u.a. Wissen über das Instruktionsdesign multimedialer Lernmaterialien und deren Einsatz in der Praxis voraus. Bisher ist nicht ausreichend geklärt, inwieweit Lehrkräfte die Designkriterien kennen und inwieweit sie diese beim Erstellen webbasierter Lerninhalte anwenden können. Abhilfe können Lehrerfortbildungen schaffen, die dann als erfolgreich gelten, wenn sie sich über die Lehrkräfte positiv auf den Bildungserfolg der Schülerinnen und Schüler auswirken.
Verschiedene Metaanalysen zeigen im Allgemeinen, dass sich erfolgreiche Lehrerfortbildungen positiv auf das Lernen der Schüler und Schülerinnen auswirken können (Franklin, 2015; Besser, Leiss, & Blum, 2015; Blank, & de las Alas, 2009; Hattie, 2009; Darling-Hammond, Chung Wei, Andree, Richardson, & Orphanos 2009; Timperley, Wilson, Barrar, & Fung, 2007). Lipowsky (2010) beschreibt vier Ebenen, auf die sich Fortbildungen auswirken können. Ebene eins betrifft die Wirkung einer Fortbildung auf die Einstellungen, Akzeptanz und Wahrnehmung der Teilnehmenden gegenüber dem Fortbildungsinhalt und dessen Praxisrelevanz. Ebene zwei bezieht sich auf den Wissenserwerb und die Kompetenzentwicklung der Lehrkräfte. Auf Ebene drei sind die Auswirkungen der Fortbildung auf das unterrichtliche Handeln der Lehrkräfte zu finden. Auf der vierten Ebene werden die Effekte der Fortbildung auf den Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler betrachtet. Auf allen vier Ebenen erfolgreiche Fortbildungen weisen verschiedene Merkmale auf (Rzejak, Künsting, Lipowsky, Fischer, Dezhgahi und Reichardt 2014). Zu nennen sind hier die Dauer einer Fortbildung, die Vertiefung diagnostischen Wissens, das Erfahren von Wirkungen eigenen Handelns, die Verschränkung von Input-, Erprobungs- und Reflexionsphase, das Erhalten von Feedback, die Zugehörigkeit zu einer Lerngemeinschaft und die Orientierung an Merkmalen guten Unterrichts (Lipowsky, 2011).

Forschungsfragen

Nachfolgend liegt der Schwerpunkt dieses Beitrags auf nur einer ausgewählten Frage.
Wie entwickelt sich das Wissen über das Erstellen und Design webbasierter, multimedialer Lernmaterialien im Verlauf einer online Fortbildung?

Methode
Die Lehrerfortbildungen fanden online zwischen März 2020 und August 2020 insgesamt 39 mal statt. Davon wurden 16 Fortbildungen evaluiert.

Ablauf: Die Fortbildungen bestanden jeweils aus den drei Phasen: (1) drei-stündige Lernphase, (2) zwei- bis drei-wöchige Praxisphase mit Coaching und (3) drei-stündige Lern- und Reflexionsphase. In der ersten Phase wurden die Teilnehmenden hinsichtlich der Designkriterien multimedialer Lernmaterialien instruiert. Dazu wurden die Kriterien in einem 60-minütigen Vortrag allgemein und an Beispielen konkretisiert vorgestellt. Im zweiten, 90-minütigen Teil der ersten Phase wurden unter Anleitung des Dozenten synchron mittels H5P webbasierte Lernmaterialien erstellt und anhand der Designkriterien bewertet. Am Ende der ersten Phase fand eine 30-minütige Reflexion über die Anwendung von Designkriterien und das Erstellen von webbasierten Lernmaterialien statt. Die zweite Phase der Fortbildung stellte die Praxisphase mit Coaching dar. Die Teilnehmenden erstellten in dieser Phase selbst webbasierte Lernmaterialien und setzten diese in ihrem regulären Unterricht ein. Das Coaching erfolgte per E-Mail und wurde von den Teilnehmenden abhängig von ihrem Bedarf in Anspruch genommen. Inhalte des Coachings waren ein Feedback zu den erstellten Lernmaterialien und die Unterstützung bei Problemen mit der H5P-Software oder dem Bereitstellen der Lernmaterialien. In den ersten 30 Minuten der dritten Phase stellten sich die Lehrkräfte gegenseitig besonders gelungene, selbst entwickelte webbasierte Lernmaterialien vor. Anschließend fand ein 2-stündiger Workshop zum Erstellen fortgeschrittener webbasierter Lernmaterialien statt. Die Fortbildung schloss mit einer 30-minütigen Reflexion der gemachten Erfahrungen.

Stichprobe: An den 16 evaluierten Fortbildungen nahmen insgesamt 325 Lehrkräfte verschiedener Bundesländer, Schularten und Fachrichtungen teil. Gerundet waren 40 % der Teilnehmenden weiblich und 60 % männlich. Von allen Teilnehmenden waren 12 % Studierende, 3 % Grundschullehrkräfte, 31 % Real- oder Haupt-/Mittelschullehrkräfte und 59 % Gymnasiallehrkräfte. 80 % der Teilnehmerinnen und Teilnehmer gab an, mind. ein naturwissenschaftliches Fach zu unterrichten (Physik, Biologie, Chemie, NwT). Das Altersspektrum streute breit und deckte alle Phasen der Lehrerbildung angefangen von Studierenden bis zu vor kurzem pensionierten Lehrkräften ab. Von den Teilnehmenden waren 12 % unter 30 Jahre alt, 18 % zwischen 30 und 34 Jahre alt, 25 % zwischen 35 und 39 Jahre alt, 21 % zwischen 40 und 44 Jahre alt, 12 % zwischen 45 und 49 Jahre alt, 6 % zwischen 50 und 54 Jahre alt, 3 % zwischen 55 und 59 Jahre, 3 % 60 Jahre oder älter. Fast 20 % der Teilnehmerinnen und Teilnehmer gaben an, noch nie selbst H5P-basierte Lerninhalte erstellt und oder eingesetzt zu haben. 67 % der Teilnehmerinnen und Teilnehmer gaben an, frei zugängliche H5P-basierte Lernmaterialien aus dem Internet im Unterricht eingesetzt zu haben. Nur 12 % erklärten, vor der Fortbildung schon selbst H5P-Lerninhalte erstellt zu haben.

Erhebungsinstrumente: Vor, während und nach der Fortbildung wurde jeweils das TPACK (vgl. Koehler, Mishra, Kereluik, Shin & Graham, 2014), die Einstellungen und Akzeptanz gegenüber webbasierten Lernmaterialien (vgl. Mayer & Girwidz, 2019) sowie das Wissen über Designkriterien multimedialer Lernmaterialien und H5P erfasst. Während der Praxisphase protokollierten die Lehrkräfte in standardisierten Protokollen, welche webbasierten Lernmaterialien sie selbst erstellten, welche Probleme dabei auftraten und wie häufig sie sie in der Praxis einsetzten.

Literatur

Besser, M., Leiss, D. & Blum, W (2015). Theoretische Konzeption und empirische Wirkung einer Lehrerfortbildung am Beispiel des mathematischen Problemlösens. *Journal für Mathematik Didaktik, 36*, 285–313.

Blank, R. K. & de las Alas, N. (2009). Effects of Teacher Professional Development on Gains in Student Achievement, Council of Chief State School Officers, Washington, DC.

Darling-Hammond, L., Chung Wei, R., Andree, A., Richardson, N. & Orphanos, S. (2009). Professional learning in the learning profession: A status report on teacher development in the United States and abroad. Stanford, CA: Stanford University, National Staff Development Council.

Franklin, A. (2015). A meta-analysis on the impact of professional development programs for K-12 mathematics teachers on students' achievement. https://www.semanticscholar.org/paper/A-Meta-Analysis-on-The-Impact-of-Professional-for-Franklin/691478cc443b24c4be64b998b3224ed11afd2d90

Hattie, J. (2009). Visible learning. A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement. London: Routledge.

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, and M. J. Bishop (Hrsg.), Handbook of Research on Educational Communications and Technology (S. 101-111). New York: Springer.

Lipowsky, F. (2010). Lernen im Beruf – Empirische Befunde zur Wirksamkeit von Lehrerfortbildung. In F. H. Müller, A. Eichenberger, M. Lüders & J. Mayr (Hrsg.), *Lehrerinnen und Lehrer lernen. Konzepte und Befunde zur Lehrerfortbildung*. Münster: Waxmann Verlag GmbH, 51-72.

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, Front. Educ., 31.07.2019.

Rzejak, D., Künsting, J., Lipowsky, F., Fischer, E., Dezhgahi. U., & Reichardt, A. (2014). Facetten der Lehrerfortbildungsmotivation – eine faktorenanalytische Betrachtung, *Journal for educational research online, 1(6*), 139-159.

Timperley, H., Wilson, A., Barrar, H. & Fung, I. (2007). Teacher professional learning and development best evidence synthesis iteration (BES). Wellington: Ministry of Education.

Anja Kranjc Horvat[1,2]
Jeff Wiener[2]
Sascha Schmeling[2]
Andreas Borowski[1]

[1]Universität Potsdam
[2]CERN

Delphi Study on Learning Goals of Professional Development Programmes

Motivation

Advances in scientific and educational research are entering various national high-school curricula. Often, such curricular updates can overwhelm teachers (OECD, 2019). Therefore, diverse professional development programmes (PDPs) for teachers to expand their professional knowledge are crucial for successful implementation of curricular changes (Banilower et al., 2007; Borko, 2004; Greene et al., 2013; Hewson, 2007; Luft & Hewson, 2014; OECD, 2019; Pena-Lopez, 2009). Effective PDPs need to have clearly defined learning goals, that are considered important by all relevant stakeholder groups (Guskey, 2000; Loucks-Horsley et al., 2010; Villegas-Reimers, 2003). However, studies on learning goals of PDPs rarely include more than one stakeholder group.

Theory: Learning Goals of Professional Development Programmes

The great majority of studies on learning goals of PDPs includes teachers as the only stakeholder group (e.g. Park Rogers et al., 2010). Research scientists as facilitators of PDPs with no educational background are only included in a few studies (e.g. Gentsch, 1999). Furthermore, the opinions of educational researchers and government representatives are seldom included. Therefore, the views of educational researchers and government representatives can only be deduced from the recommendations in the literature in educational research (e.g. Borko, 2004) or national policies (e.g. Loeb et al., 2009), respectively. Previous research suggests that collaboration between different PDP stakeholders can lead to more effective PDPs (Kennedy, 2007; Park Rogers et al., 2007). Yet, studies sparsely include more than one group of stakeholders.

The learning goals of studies that include various stakeholder groups can be categorised into the three dimensions of professional knowledge: content knowledge (CK), pedagogical content knowledge (PCK), and pedagogical knowledge (PK). Here, it was found that the enhancement of CK was mentioned most often by all stakeholder groups as a learning goal (e.g. Borko, 2004; Gentsch, 1999; Park Rogers et al., 2010). Similarly, enhancement of PCK was also frequently mentioned by all stakeholder groups (e.g. Borko, 2004; Loeb et al., 2009; Park Rogers et al., 2010; Schuster & Carlsen, 2009). In contrast, the enhancement of PK was only included as a learning goal of PDPs in some studies with teachers (e.g. Park Rogers et al., 2010) and one study with educational researchers (Smith & Gillespie, 2007).

Research Questions

- Which learning goals and objectives of professional development programs (PDPs) for in-service high-school science teachers at science research institutions are perceived as the most important by the relevant stakeholders?
- What differences and similarities between the expectations of different groups of stakeholders regarding the learning goals and objectives of PDPs for in-service high-school science teachers at science research institutions can be identified?

Methodology

To answer the research questions, we conducted a conventional Delphi study. A conventional Delphi study is an iterative method to gather experts' judgements on a particular topic (Osborne et al., 2003). Our Delphi study was conducted in the context of PDPs at CERN, the European Organization for Nuclear Research.

The stakeholder groups in our study, shown in Table 1, included various experts with knowledge of CERN and its PDPs. The Delphi study framework allowed them to interact anonymously and everyone's ideas were valued equally. The stakeholders participated in three rounds of questionnaires. As the results of each round were the basis for subsequent rounds, we present the intermediate results together with the methodology of the first two rounds.

The Delphi study started with the first-round open-ended question: "What are the goals and objectives of professional development programs at CERN and similar large research institutions?". The stakeholders' answers were analysed using the inductive thematic analysis. Here, the majority of the themes emerged from the first 15 responses. The analysis concluded with seven themes. The initial inter-rater agreement of the analysis was 80% and rose to 100% after discussion. For completeness, one theme was added based on Enkrott et al. (2017). Hence, the first round concluded with a list of eight learning goals, shown in Figure 1.

In the second round, the stakeholders rated the learning goals from the first round on a 6-point Likert-type scale ranging from "(1) Very unimportant" to "(6) Very important". The analysis showed a significant ceiling effect, with more than 64% of stakeholders rating all learning goals as at least "(3) Slightly important". Additionally, two new learning goals emerged from the stakeholders' comments, as shown in Figure 1.

In the third round, the stakeholders ranked the ten learning goals from the second round from least important to most important. In the analysis, the learning goals were grouped into three ranking groups, namely the high, medium, and low importance groups. The grouping was based on the position of the median rank of the goal with respect to the interquartile range of the entire list, as shown in Figure 1. The distances between the adjacent ranking groups were tested using the Mann-Whitney test. The stakeholder agreement in the overall ranking was analysed using Kendall's coefficient of concordance. The agreement on the individual goal ranking was analysed using the Kruskal-Wallis test, followed by Dunn's test with the Bonferroni adjustment. Additionally, stakeholder's comments were thematically analysed.

Table 1. The number of stakeholders in each of the groups in the three rounds. The numbers changed due to adding new stakeholders (teachers) and different response rates.

Panel	**1st Round**	**2nd Round**	**3rd Round**
Physics Education Researchers	28	31	32
Country Delegates	16	11	12
Research scientists	18	14	11
Teachers	19	45	43
Total	81	101	98

Results

First, the Mann-Whitney test on the ranking groups showed statistically significant differences between both high and medium ($W = 38254$, $p << .001$), and medium and low importance groups ($W = 213384$, $p << .001$) with strong effect sizes ($r = 0.56$ and $r = 0.63$, respectively). Next, Kendall's coefficient of concordance showed a high level of agreement between all stakeholders ($W = 0.90$, $p < .01$). Furthermore, the Kruskal-Wallis test showed significantly

different rankings of the stakeholders only on one goal, namely the "Learn about connections between different fields of science" (X^2 = 12.8, p = .005). The difference has a medium effect size (E^2 = 0.132). The Dunn's test showed that teachers ranked this goal significantly higher than education researchers (Z = -3.49, p << .001; p = 0.003 with Bonferroni adjustment).
Last, the analysis of the stakeholders' comments required no additional learning goals to be added to the list. The only important theme emerging from the comments showed that the stakeholders found it difficult to rank the learning goals due to their similar importance.

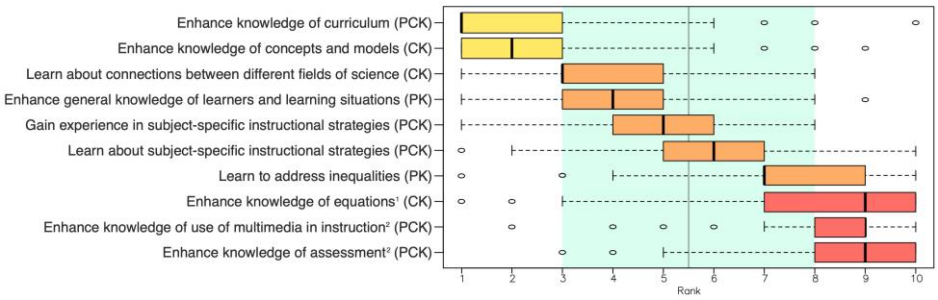


Figure 1: The boxplot shows the ranking of the learning goals. The green area represents the interquartile range of the whole list. The yellow bars indicate the high importance goals, orange bars indicate medium importance goals, and red bars indicate low importance goals. [1]The goal was added based on Enkrott et al. (2007) after the first round. [2]The goals were added from the stakeholders' comments after the second round.

Discussion, Conclusions and Outlook

The ranked list of learning goals of PDPs in Figure 1 shows the most important learning goals for PDPs at particle physics research institutions as perceived by the relevant stakeholders. This list of learning goals can be considered complete, as the stakeholders have not expressed the need to add any more learning goals after the last round of the study. Most learning goals on the list falls under either PCK or CK, with both being present also in the highest-ranked group. The PK goals are less prominent and lower-ranked, which is congruent with previous studies. Furthermore, the analysis of the comments in the last round of the questionnaire showed that the stakeholders believe PK should rather be addressed in institutions that are specialised in pedagogy. With the abundance of experts in content, research institutions should rather focus on enhancing teachers' CK. However, the prevalence of PCK calls for a stronger role of educational experts in the design and facilitation of PDPs at large research institutions.
Additionally, our study found that the stakeholder groups strongly agree on the learning goals of PDPs at large research institutions. Only the learning goal "Learn to connect the different fields of science" was ranked significantly higher by the teachers compared to the other stakeholder groups. Here, the teachers could find this more important as they are less familiar with the topic of particle physics and thus require more examples to learn how to make this relatively challenging topic more relevant for students. Further studies are needed to determine whether this difference would be reduced in a different context.
Our study marks the first step in closing the literature gap in the multi-stakeholder analysis of the learning goals of PDPs. The results of this study can be generalised to other research institutions in particle physics, as their stakeholder groups are likely the same. However, research in different fields of science is required before further generalisations can be made.
The outcomes of our study provide a good basis for the design and evaluation of PDPs at CERN and similar laboratories. Indeed, the hierarchy of the learning goals could influence the design of future PDPs at CERN and particle physics research institutions worldwide.

Literature

Banilower, E. R., Heck, D. J., & Weiss, I. R. (2007). Can professional development make the vision of the standards a reality? The impact of the national science foundation's local systemic change through teacher enhancement initiative. Journal of Research in Science Teaching, 44(3), 375–395. https://doi.org/10.1002/tea.20145

Borko, H. (2004). Professional development and teacher learning: Mapping the terrain. Educational Researcher, 33(8), 3–15. https://doi.org/10.3102/0013189X033008003

Gentsch, K. L. H. (1999). Science education goals: Views from scientists and teachers. Journal of Elementary Science Education, 11(1), 61–68. https://doi.org/10.1007/BF03173791

Greene, B. A., Lubin, I. A., Slater, J. L., & Walden, S. E. (2013). Mapping changes in science teachers' content knowledge: Concept maps and authentic professional development. Journal of Science Education and Technology, 22(3), 287–299. https://doi.org/10.1007/s10956-012-9393-9

Guskey, T. R. (2000). Evaluating Professional Development. Corwin Press, Inc.

Enkrott, Patrick, Buschhüter, David & Borowski, Andreas (2018). Modeling and Development of Professional Content Knowledge of Pre-Service Physics Teachers. In: C. Maurer (Hrsg.), *Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht- normative und empirische Dimensionen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Regensburg 2017.* (S. 896). Universität Regensburg. https://gdcp-ev.de/?p=2804

Hewson, P. W. (2007). Teacher professional development in science. In Handbook of Research on Science Education (Vol. 1, pp. 1179–1203). Routledge.

Kennedy, A. (2007). Continuing professional development (CPD) policy and the discourse of teacher professionalism in Scotland. Research Papers in Education, 22(1), 95–111. https://doi.org/ 10.1080/02671520601152128

Loeb, S., Miller, L. C., & Strunk, K. O. (2009). The state role in teacher professional development and education throughout teachers' careers. Education Finance and Policy, 4(2), 212–228.

Loucks-Horsley, S., Stiles, K. E., Mundry, S., Love, N., & Hewson, P. W. (2010). Designing professional development for teachers of science and mathematics (3rd ed., Expanded ed). Corwin Press.

Luft, J. A., & Hewson, P. W. (2014). Research on teacher professional development programs in science. *Handbook of research on science education*, *2*, 889-909.

OECD. (2019). TALIS 2018 results (Volume 1): Teachers and School Leaders as Lifelong Learners. Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD). https://doi.org/10.1787/1d0bc92a-en

Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R., & Duschl, R. (2003). What "ideas-about-science" should be taught in school science? A Delphi study of the expert community. Journal of Research in Science Teaching, 40(7), 692–720. https://doi.org/10.1002/tea.10105

Park Rogers, M. A., Abell, S., Lannin, J., Wang, C., Musikul, K., Barker, D., & Dinkman, S. (2007). Effective professional development in science and mathematics education: Teachers' and facilitators' views. International Journal of Science and Mathematics Education, 5(3), 507–532. https://doi.org/10.1007/s10763-006-9053-8

Pena-Lopez, I. (2009). Creating Effective Teaching and Learning Environments: First Results from TALIS. Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD). www.oecd.org/edu/talis/firstresults

Schuster, D. A., & Carlsen, W. S. (2009). Scientists' teaching orientations in the context of teacher professional development. Science Education, 93(4), 635–655. https://doi.org/ 10.1002/sce.20310

Smith, C., & Gillespie, M. (2007). Research on professional development and teacher change: Implications for adult basic education. Review of Adult Learning and Literacy, 7(7), 205–244.

Villegas-Reimers, E. (2003). Teacher professional development: An international review of the literature. International Institute for Educational Planning. http://www.iiep.unesco.org/en/publications-en

Ann-Kathrin Joswig-Käfer[1]
Josef Riese[1]

[1]RWTH Aachen University

Längsschnitt Physikdidaktischen Wissens: Ursachen für Veränderungen

Ausgangslage und Ziele des Projekts

In den letzten Jahren wurde sich im Rahmen der Lehrerbildungsforschung und insbesondere im Fach Physik vermehrt der Aufgabe gewidmet, verschiedene Aspekte des Professionswissens einer Lehrkraft mit Hilfe schriftlicher Testinstrumenten zu erfassen (z.B. Tepner et al., 2012; Kröger, Neumann & Petersen, 2013; Riese et al., 2015). Physikspezifische Projekte, die sich dabei der Messung fachdidaktischen Wissens angenommen haben, verfolgten neben der Entwicklung und Erprobung geeigneter Testinstrumente beispielsweise das Ziel, Zusammenhänge des fachdidaktischen Wissens mit beobachteter Unterrichtsqualität (z.B. ProwiN: Cauet, 2016) oder mit unterrichtsnahen Fähigkeiten der zugehörigen Lehrkraft, wie dem Planen von Physikunterricht, zu identifizieren (z.B. ProfiLe P+: Vogelsang et al., 2019). Darüber hinaus wurde auch die zeitliche Veränderung des fachdidaktischen Wissens im Verlauf der Lehramtsausbildung untersucht (vgl. ebd.). Allerdings ist noch nicht belastbar geklärt, inwieweit längsschnittlich gemessene Veränderungen in physikdidaktischen Wissenscores auf die erfolgreiche Nutzung konkreter physikspezifischer Lehrveranstaltungen bzw. auf einzelne Inhalte und Themen der entsprechenden Veranstaltungen zurückzuführen sind. Allgemein sind die Faktoren, die gegebene Testantworten bzw. Antwortänderungen (im Längsschnitt) beeinflussen, noch nicht hinreichend geklärt. Das in diesem Beitrag beschriebene Projekt setzt dort an und verfolgt das Ziel, Ursachen für Veränderungen im Antwortverhalten, dass aus der Bearbeitung eines physikdidaktischen Wissenstests im Prä-Post-Design resultiert, bei Physiklehramtsstudierenden mit Hilfe von qualitativen Einzelinterviews aufzuklären. Darüber hinaus sollen Gründe für gegebene Testantworten beider Testzeitpunkte identifiziert und die Bedeutung der im Test adressierten physikalischen Inhaltsbereiche (Mechanik, Elektrizitätslehre und Optik) genauer untersucht werden.

Fachdidaktisches Wissen

Das fachdidaktische Wissen ist in der deutschsprachigen Lehrerausbildung von besonderer Bedeutung (KMK, 2019). Bereits im Verlauf ihres Lehramtsstudiums besuchen Studierende neben fachlichen und erziehungswissenschaftlichen Ausbildungselementen verschiedene speziell auf ihr Fach zugeschnittene fachdidaktische Lernangebote. In der Literatur findet sich fachdidaktisches Wissen in Strukturmodellen zur *professionellen Handlungskompetenz* einer Lehrkraft unter dem Aspekt des Professionswissens wieder (z.B. Baumert & Kunter, 2006). In solch hierarchisch angeordneten Strukturmodellen steht es als eigenständiger Wissensbereich des Professionswissens meist auf gleicher Ebene wie das Fachwissen und das pädagogische Wissen. Die Beschreibung einzelner Inhalte des fachdidaktischen Wissens erfolgt häufig durch sogenannte Facetten. Für die Domäne der Naturwissenschaften zählen hierzu unter anderem das Wissen über *Schülervorstellungen*, *Experimente* oder *Instruktionsstrategien* (vgl. z.B. Chan, Rollnick & Gess-Newsome, 2019; Magnusson, Krajcik & Borko, 1999; Reinhold, Riese & Gramzow, 2017). Neben der Domänenspezifizität wird dem fachdidaktische Wissen in der Literatur oftmals auch eine Fach- bzw. Themenspezifität (TSPCK; z.B. Mavhunga & Rollnick, 2013; Veal & MaKinster, 1999) zugeschrieben.

Um physikspezifisches fachdidaktisches Wissen erfassen zu können, wurden in den letzten Jahren vermehrt schriftliche Kompetenz- bzw. Wissenstests entwickelt. Entsprechende Instrumente finden sich in Projekten, wie z.B. KiL (Kröger, Neumann & Petersen, 2013) ProfiLe-P (Riese et al., 2015) ProwiN (Tepner et al., 2012) oder QuiP (Olszewski, 2010). Die dort konzipierten Tests weisen im gegenseitigen Vergleich Unterschiede in ihrer Anlage auf und weichen beispielsweise in der Auswahl der verwendeten fachdidaktischen Facetten oder in der Wahl und Anzahl der zugrunde gelegten physikalischen Inhaltsbereiche voneinander ab (z.B. nur ein physikalischer Inhaltsbereich bei ProfiLe P/ P+, mehrere physikalische Inhaltsbereiche bei KiL). Dabei erhöht die Beschränkung auf einen physikalischen Fachinhalt offenbar die Chance, empirisch fundierte Teilskalen auf Ebene der im Test adressierten fachdidaktischen Facetten zu messen (vgl. Riese, Gramzow & Reinhold, 2017). Werden jedoch Entwicklungsverläufe im physikdidaktischen Wissen über einen längeren Zeitraum der Ausbildung hinweg untersucht oder Vergleiche zwischen verschiedenen Studiengängen und Hochschulstandorten bezüglich des physikdidaktischen Wissens der Studierenden angestrebt, stellt sich die Frage, inwieweit eine Messung unter Beachtung lediglich eines Inhaltsbereichs bzw. einer beschränkten Anzahl an physikalischen Themen im Test valide möglich ist.

Forschungsfragen

In diesem Projekt sollen mit Hilfe einer längsschnittlichen Untersuchung zum physikdidaktischen Wissen und unter Einbezug qualitativer Einzelinterviews den Fragestellungen nachgegangen werden, ob sich 1) physikspezifisches fachdidaktisches Wissen im Verlauf eines Vorbereitungssemesters zum Praxissemester verändert, ob 2) die gemessene Veränderung in unterschiedlichen im Test adressierten physikalischen Inhaltsbereichen variiert und 3) welche Gründe für gegebene Testantworten oder Antwortänderungen im Prä-Post-Vergleich von Studierenden bei freier Kommentierung ihrer Antworten genannt werden.

Studiendesign

Die zugehörigen Studien fanden im Rahmen des Masterstudiengangs Physik Lehramt (Gy/Ge) der RWTH Aachen University statt. Der Untersuchungszeitraum umfasste die circa 15-wöchige Vorlesungszeit des Vorbereitungssemesters zum Praxissemester, in der die Studierenden zwei physikdidaktische Seminare besuchten, in welchen ausschließlich die physikalischen Inhaltsbereiche Elektrizitätslehre und Optik angesprochen wurden. Charakteristisch für diesen Ausbildungsabschnitt ist, dass der Fokus auf fachdidaktischen und bildungswissenschaftlichen Veranstaltungen liegt.

Die Prä-Post-Erhebungen des physikdidaktischen Wissens konnten in insgesamt drei Jahrgängen erfolgen. Die Studien sind in den Wintersemestern 2017/18 (N= 10 Studierende), 2018/19 (N= 14 Studierenden) und 2019/20 (N= 14 Studierenden) durchgeführt worden. Zur Erhebung des physikdidaktischen Wissens diente der im Projekt weiterentwickelte fachspezifische paper-pencil-Test aus ProfiLe-P mit Items zu den physikalischen Inhaltsbereichen Mechanik, Elektrizitätslehre und Optik (vgl. Joswig & Riese, 2018). Der Ablauf der Untersuchung erfolgte in allen drei Jahrgängen nahezu identisch, lediglich die qualitativen Einzelinterviews von circa 60 bis 90 Minuten pro Studierendem wurden nur im Anschluss an die Post-Befragungen der ersten beiden Kohorten geführt. Um zu beantworten, ob und inwiefern eine Veränderung im physikdidaktischen Wissen im Verlauf des Vorbereitungssemesters stattgefunden hat, wurden die insgesamt 76 vorliegenden Testhefte der drei Jahrgänge (38 Prä- und 38 Posthefte) mit Hilfe des Kodiermanuals bepunktet und anschließend statistisch ausgewertet.

Vorläufige Ergebnisse

Eine Übersicht über die Ergebnisse des zweiseitigen gepaarten t-Tests sind in Tab.1 einzusehen. Anhand dieser Werte ist erkennbar, dass sich sowohl im Gesamtscore als auch in den Teilscores der Inhaltsbereiche Optik und Elektrizitätslehre signifikante Zuwächse im physikdidaktischen Wissen über den Untersuchungszeitraum hinweg mit mittlerer Effektstärke abzeichnen. Nur im Bereich Mechanik zeigt sich kein signifikanter Effekt. Allerdings ist die Skalenreliabilität lediglich für den gesamten Test (α_C =0.73) und den Inhaltsbereich E-Lehre (α_C =0.70) zufriedenstellend (Optik und Mechanik α_C <0.5).

Tab. 1: Ergebnisse des zweiseitigen gepaarten t-Test (Prä-Post-Erhebung) hinsichtlich des Gesamtscores und der Teilscores der drei physikalischen Themenfelder

	Differenz Mittelwert	Sd	sig (2-seitig)	Cohen's d |d|
Score gesamt (N=37)	2.49	3.87	< 0.001	0.64
Optik (N=37)	0.96	2.37	0.019	0.41
Mechanik (N=37)	-0.23	2.76	0.616	0.08
E-Lehre (N=38)	1.83	3.12	< 0.001	0.59

Dieses Bild ist wahrscheinlich primär auf die Gestaltung der physikdidaktischen Lerngelegenheiten des Untersuchungszeitraums zurückzuführen, da in beiden Seminaren lediglich Inhalte aus den Bereichen Elektrizitätslehre und Optik behandelt wurden und auf den Einbezug des Themas Mechanik bewusst verzichtet wurde. Dieses Ergebnis liefert damit Indizien dafür, dass sich das fachdidaktische Wissen nicht als Ganzes verändert, die Veränderung erfolgt offenbar innerhalb einzelner fachlicher (physikalischer) Inhaltsbereiche, die in den jeweiligen Lerngelegenheiten angesprochen werden. Dies spricht explizit für eine Messung, die inhaltlich auf die jeweilige Lerngelegenheit abgestimmt ist. Im Hinblick auf die Aussagenkraft der Ergebnisse ist zu beachten, dass im Rahmen des Projekts nur eine begrenzte Anzahl an Physiklehramtsstudierenden der RWTH Aachen befragt werden konnte.

Die Auswertung der 24 qualitativen Einzelinterviews erfolgte mit MAXQDA durch eine qualitative Inhaltsanalyse in Anlehnung an Mayring (2015). Dazu wurde ein mehrstufiges Kategoriensystem entwickelt, welches 10 Oberkategorien und insgesamt 50 Unterkategorien enthält, in denen geäußerte Gründe für die im Test gegebenen Antworten bzw. Antwortänderungen codiert wurden. Dazu zählen beispielsweise konkrete Elemente von Lerngelegenheiten aus den Bereichen Universität, Schule oder Alltag und darüber hinaus auch testspezifische Besonderheiten (z.B. einzelne Formulierungen/Begriffe im Test) und Wiederholungseffekte der Testung (Prä-Test als Lerngelegenheit für den Post-Test). Ein Einblick in die vorläufige Auswertung der Interviews bestätigt die Vermutung, dass die physikdidaktischen Seminare im Untersuchungszeitraum und die darin behandelten Themen eine positive Veränderung im gemessenen physikdidaktischen Wissen bewirken. Kategorien zu physikdidaktischen Lerngelegenheiten am Lernort Universität während des Vorbereitungssemesters wurden häufiger (relative Betrachtung) in Verbindung mit Testantworten codiert, die eine Verbesserung anstelle einer Verschlechterung im Testscore bewirkten.

Hinweis: Das Projekt „Gemeinsam verschieden sein in einer digitalen Welt – Lehrerbildung an der RWTH Aachen (LeBiAC)“ wird im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert (FKZ: 01JA1813).

Literatur

Baumert, J., & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 9 (4), 469–520

Cauet, E. (2016). Testen wir relevantes Wissen? Zusammenhang zwischen dem Professionswissen von Physiklehrkräften und gutem und erfolgreichem Unterrichten. Berlin: Logos

Chan, K. K. H., Rollnick, M., & Gess-Newsome, J. (2019). A Grand Rubric for Measuring Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge. In A. Hume, R. Cooper & A. Borowski (Eds.), Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science. Singapore: Springer, 251-270

Joswig, A., & Riese, J. (2018). Die Entwicklung des fachdidaktischen Wissens im Lehramtsstudium Physik. In C. Maurer (Hrsg.), Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht – normative und empirische Dimensionen. GDCP. Jahrestagung in Regensburg 2017. Universität Regensburg, 707-710

Kröger, J., Neumann, K., & Petersen, S. (2013). Messung professioneller Kompetenz im Fach Physik. In S. Bernholt (Hrsg.), Inquiry-based Learning - Forschendes Lernen. GDCP. Jahrestagung in Hannover 2012. Kiel: IPN, 533-535

Kultusministerkonferenz (KMK) (2019). Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung (Beschluss der KMK vom 16.10.2008 i. d. F. vom 16.05.2019)

Magnusson, S., Krajcik, J., & Borko, H. (1999). Nature, sources and development of pedagogical content knowledge for science teaching. In J. Gess-Newsome & N. G. Lederman (Eds.), Examining pedagogical content knowledge. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 95–132

Mavhunga, E., & Rollnick, M. (2013). Improving PCK of Chemical Equilibrium in Pre-service Teachers. African Journal of Research in Mathematics, Science and Technology Education, 17 (1-2), 113-125

Mayring, P. (2015). Qualitative Inhaltsanalyse Grundlagen und Techniken. Weinheim und Basel: Beltz

Olszewski, J. (2010). The impact of physics teachers' Pedagogical content knowledge on teacher action and student outcomes. Berlin: Logos

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. Berlin: Logos, 39-56

Riese, J., Gramzow, Y., & Reinhold, P. (2017). Die Messung fachdidaktischen Wissens bei Anfängern und Fortgeschrittenen im Lehramtsstudiengang Physik. ZFDN, 23, 99-112. DOI 10.1007/s40573-017-0059-2

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 Pädagogik. Weinheim: Beltz, 55 - 79

Tepner, O., Borowski, A., Dollny, S., Fischer, H. E., Jüttner, M., Kirschner, S., Leutner, D., Neuhaus, B. J., Sandmann, A., Sumfleth, E., Thillmann, H., & Wirth, J. (2012). Modell zur Entwicklung von Testitems zur Erfassung des Professionswissens von Lehrkräften in den Naturwissenschaften. ZfDN, 18, 7–28

Veal, W. R., & MaKinster, J. G. (1999). Pedagogical Content Knowledge Taxonomies. Electronic Journal of Science Education, 3 (4)

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

Clemens Milker[1]
David Jugel[1]

[1]TU Dresden

Inklusiver Unterricht im Kontext professionskooperativer Diagnostik

Während sich tradierte Diagnostik stets im Dilemma zwischen Fördern und Selektieren (Römer, 2017, S. 237) bewegt, erkennt sie inklusionssensible Didaktik als Grundbaustein subjektorientierten Unterrichts (Feuser, 1989, S. 27). Denn nur wenn die Bedürfnisse Lernender mit verstehendem Blick (Langner & Jugel, 2019) anerkannt werden, kann ein Möglichkeitsraum zwischen den Individuen eines Lehr-Lernverbandes entstehen. Dabei gilt es, fachliche wie auch pädagogisch-psychologische diagnostische Fragen zu stellen (Milker, 2020). Auf dieser Basis kann ein individualisiertes *und* kooperatives Lehr-Lernsetting orientiert am Gemeinsamen Gegenstand (Feuser, 1989) entstehen.
Der Artikel beschreibt ein interdisziplinäres Schulprojekt, bei dem Studierende gen Ende ihrer Lehramtsausbildung aus einem chemie – wie politikdidaktischem Seminar über zwei Semester diagnostische Lernumgebungen (DLU) designten, diese Daten analysierten, aufbereiteten und im Rahmen einer Projektwoche möglichst subjektorientiert fachspezifisch Unterricht umsetzten. Entlang Fragestellungen des design-based-reserch Ansatzes (Reinmann, 2005) können so Rückschlüsse gezogen werden, bzgl. Datenerfassung und -auswahl, wie Gruppeneinteilungen zwischen Subjekt- und Objektansprüchen ausgehandelt und entlang welcher Ansprüche Projektwochen geplant werden können. Eine Auseinandersetzung mit schul- und professionstheoretischen Überlegungen bleibt hier unumgänglich. Die Forschung ist an das BMBF Projekt „Schule inklusiv gestalten“ (SING) gebunden.

Seminarkonzepte
Wenngleich Inklusion spätestens seit der UN-BRK de-jure ein fester Bestandteil der Lehramtsausbildung sein sollte und de-facto eine feldreale Bedingung an den Schulen ist (deren oft fragwürdige Umsetzung hier nicht diskutiert werden kann), kommen Studierende mit sehr unterschiedlichen Beliefs (Langner, 2015) in die Seminare. Eine Auseinandersetzung mit entwicklungstheoretischen Bezugsrahmen erscheint hier als Basis unumgänglich und zeigt schnell, dass praxisorientiertes Arbeiten mit gleichzeitigem Perspektivwechsel in *einsemestrigen* Seminaren nicht umsetzbar scheint. Deshalb wurden die Seminare über zwei Semester angeboten, damit zumindest ein Teil der Studierendenschaft konstant am Projekt arbeiten konnte. Die theoretische Auseinandersetzung leitet den Inklusionsanspruch entlang kulturhistorischer sowie neuro-psychologischer Konzepte her (u.a. Jantzen, 2010; Trevarthen, 2012; Siegel, 2015). Für eine subjektorientierte Diagnostik ist das Verständnis des Konzepts der Zone der nächsten (Vygotskij, 1992) bzw. aktuellen Entwicklung (Ziemen, 2018) essentiell. Unterrichtsbeobachtungen müssen jegliches Verhalten als für das Subjekt sinnvoll voraussetzen, damit vermeintliche ‘Störungen‘ oder ‘destruktives Verhalten‘ nicht gemäß der Lehrendenperspektive als nur sanktionswürdig und außerhalb der Norm, sondern als Folge von Isolationsprozessen (Störmer, 2013) verstanden werden.
Augenmerk muss dabei auf verschiedene Kompensationsmuster (Steffens, 2019, S. 62f.) gelegt werden. Entwicklung findet demnach nur im resonanten Dialog statt (Steffens, 2020, S. 134ff.). Erst auf dieser Basis können Objektbezüge vermittelt und domänenspezifisch hinsichtlich individueller Lernausgangslagen adressiert werden. Design und Auswertung einer Diagnostik müssen sich entlang verschiedener Gütekriterien orientieren (u.a. Schäfer et al.,

2015), die über klassische Kategorien wie Objektivität, Validität und Reliabilität hinausgehen oder sich gar von ihnen entfernen. Ein flächendeckendes Kompetenzraster erscheint hier nicht zielführend; eine Lehrperson sollte in diesem Falle nicht objektiv richten, sondern als Entwicklungspartner*in der Kinder die Umweltgefüge in ihrem Sinne so analysieren, dass sie isolationsvermeidend adaptiert werden können (Jugel & Steffens, 2019, S. 108).

Design, Umsetzung und Auswertung einer DLU

Für zwei Klassen einer Oberschule wurden DLU designed, sodass 16 Stationen angeboten wurden, die in ihrem diagnostischen Potential jeweils mehr politik-, chemiedidaktische oder allgemein pädagogische Aspekte avisierten. Fachlich wurde dabei versucht, sich am Fundamentalen bzw. Elementaren der Domäne zu orientieren (Klafki, 1964, S. 298), wobei wir diese Ansätze in die Basiskonzepte und Bildungsstandards des jeweiligen Faches übersetzten. In einer Station mussten die Schüler*innen so beispielsweise aus einem EXIT-Szenario entkommen, indem sie Rätsel und Aufgaben um die Themen Laborsicherheit und -ausstattung lösten. Besonders entscheidend ist hierbei die performative Komponente, bei der Diskussionen und Kooperation an übergeordneten Fachkonzepten gespiegelt werden konnten (u.a. Scientific Literacy; Adesokan, 2015, V). Alle Stationen wurden videographiert. Um möglichst natürliche Interaktionsprozesse beobachten zu können, müssen die Stationen vor allem motivational ansprechend sein und können nicht an typische (Test)diagnostik erinnern. Zusätzlich wurde ein Fragebogen genutzt, um Präferenzen bzgl. Methodik, Sozialform und Thema vorzusondieren. Um einen sicheren Raum für Dialog und Kooperation bereiten zu können, wurde eine Netzwerkanalyse (Kuhnt & Brust, 2014) durchgeführt, um präferierte Partner*innen für kooperative Sozialformen und Ausgrenzungserfahrungen zu erheben.

Die Daten wurden explorativ nach dem didaktischen Dreischritt (Milker, 2020; vgl. Lanwer, 2006, S. 36) analysiert. Dabei übernahmen die Studierenden die ‘Patenschaft‘ für 1-3 Schüler*innen. Es entstanden 51 Schüler*innenportfolios, in denen über *Beobachten, Verstehen* und der *didaktischen Konsequenz* handlungsanweisende Hypothesen bzgl. subjektorientierter Zugänge formuliert wurden. Das Besprechen einzelner Sequenzen einer KFB vergleichbar scheint dabei stets immense professionelle Kompetenzen zu vermitteln und wirkt für das Portfolio inklusionssensibler Lehrkräfte als kaum zu überschätzen.

Es half dabei, die komplexe Datenmenge nach drei Kategorien auszuwerten:

- **Aneignungsfähigkeiten und –vorlieben** bilden die individuelle Annäherung an das Objekt ab. Ursprünglich aus der Tätigkeitstheorie (Leont’ev, 1973) stammend, bedienen wir uns des Begriffes praxisorientierter nach den Stufen des Bildungsplanes Baden-Württemberg (MKJS, 2009, S. 14 bzw. Menthe et al., 2015). Die nicht hierarchischen und niemals ausschließlich vorkommenden Kategorien sind: basal-perzeptiv, konkret-gegenständlich, bildhaft und abstrakt-begrifflich.
- **Anerkennung und Bindung** entsprechen den biographischen Erfahrungen von Sicherheit und Bestätigung (Lanwer, 2006, S. 42) und drücken sich in präferierten Sozialverbünden und Selbstwirksamkeitserwartungen aus.
- **Sinn – und Bedeutungsstrukturen** erlauben Rückschlüsse auf die Zone der nächsten Entwicklung bzgl. motivationaler, domänenspezifischer Zugänge und sind für jeden selbstgesteuerten Lernprozess Grundlage (Jugel & Steffens 2019, S. 99).

Alle Daten wurden dann an einer mindmapartigen Übersicht geclustert. Diese sollte ein Planungsinstrument darstellen, welches auf den ersten Blick ob seiner Komplexität hinderlich wirkte, aber durch Knotenpunkte klare subjektübergreifende Bedürfnisse vor allem nach Kooperation zeigte.

Projektarbeit

In der Projektplanung muss konstant zwischen Objekt- und Subjektperspektive vermittelt werden, wobei diese iterativ Impulsgeber für einzelne Planschritte sind. Nach der Datenauswertung wurden vor allem auf Sinn- und Bedeutungsstrukturen assoziierte Oberthemen gesammelt, die interdisziplinäre Zugänge beider Fächer garantierten. Diese wurden mit Unterthemen und Schlüsselfragen den Schüler*innen vorgestellt, die diese nach ihrer individuellen Interessantheit ranken sollten. Es kristallisierten sich sieben Themen heraus (z.B. Mobilität, Ernährung), die für jeweils 51 Schüler*innen die Projektgruppen bilden sollten. Nach einer thematischen Justierung der Gruppen sollten die Schüler*innen ihre drei Favoriten listen. Diese objektorientierte Planungsgrundlage wurde durch die subjektorientierte Netzwerkanalyse (Rehrl & Gruber, 2007) ergänzt, sodass nur ‘produktive‘ Bindungspartner*innen in einer Gruppe waren. Die Studierenden konnten ihre Gruppe ebenfalls frei wählen, wobei Teile sich an ihrer eigenen thematischen Präferenz orientierten und Teile weiter ihre ‘Schützlinge‘ der Diagnostik betreuen wollten.

Bei der Planung der Teilprojekte wurde auf Flexibilität geachtet, sodass sich der Gemeinsame Gegenstand im Prozess entwickeln konnte (Jugel & Milker, 2021 i.V.). Es wurde empfohlen, die notwendige thematische Vorbereitung clusterartig vorzubereiten, sodass einzelne Blöcke nach Bedarf angeordnet werden konnten; dieser Widerspruch zu bisherigen Planungsanforderungen aus Praktika und schulpraktischen Übungen wurde von vielen Studierenden anfangs als überfordernd wahrgenommen, weckten sie das Gefühl einer planerischen Ohnmacht und die Angst vor Überforderung in der konkreten Situation. Wichtigste Maßgabe war das Erstellen eines gemeinsamen (nicht zwangsläufig materiellen) Produkts, welches am letzten Projekttag unter allen Projektgruppen vorgestellt wurde und wichtig für Bindungsprozesse, Anerkennung und Selbstwirksamkeitserwartung ist.

Ausblick und Diskussion

Die Planung und Durchführung der Doppelseminare brachte zahlreiche Einblicke in die Praxis inklusionssensibler Schule. Wir sind überzeugt, dass sich die Relevanz einer subjektorientierten Diagnostik genannter Maßgaben für Inklusion bestätigte. Allerdings ist der vorgestellte Ansatz aus mehreren Gründen nicht praxistauglich: der Workload hinter dem Erstellen der Portfolios ist im Feld freilich nicht umsetzbar, hier müssen professionskooperative Ansätze gefunden werden. Außerdem veränderte die sechsmonatige Zeitdifferenz zwischen Erhebung und Anwendung der Diagnostik die Aktualität der Erkenntnisse signifikant, welches in Anbetracht rasanter Entwicklung von Heranwachsenden erwartbar war. Besonders relevant scheint das Feedback Studierender, dass die Schüler*innenportfolios bei der Planung nur hilfreich waren, wenn sie von *ihnen selbst* erstellt wurden. Dies könnte auf Forschungsansätze von Diagnostiksoftwares, die vom Kollegium gepflegt werden, dämpfend wirken. Die moralische Frage nach der Legitimität der Fülle der teils sehr persönlichen erhobenen Daten bleibt evident; welches Wissen ist für eine gute Lehrenden-Lernenden Beziehung unumgänglich, welches überschreitet oder riskiert sogar die Bindung? Der interdisziplinäre Ansatz ist zweifelsohne gemäß projektorientierten Unterrichts weiterzuführen und die Domänenvielfalt konnte für das Planen und adaptive Durchführen nur als fruchtbar bezeichnet werden. Allerdings bleibt das Dilemma, dass Studierende auf Grund ungenügender Vorkenntnisse mit dem inklusiven Projekt schon so ausgelastet scheinen, dass auf die Fachlichkeit von Seite der Dozierenden stets neu verwiesen werden musste.

Literatur

Adesokan, A. (2015). Zur Förderung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung bei Schülerinnen und Schülern mit Hörbeeinträchtigung. Dissertation. Universität zu Köln

Feuser, G. (1989). Allgemeine integrative Pädagogik und entwicklungslogische Didaktik. BEHINDERTENPÄDAGOGIK, 28 (1), S. 4-48.

Jantzen, W. (2010). Sozialwissenschaftliche und psychologische Grundlagen. 2., korr. Aufl. Weinheim: Beltz.

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. Wiesbaden: Springer VS, S. 77 – 112.

Klafki, W. (1964). Das pädagogische Problem des Elementaren und die Theorie der kategorialen Bildung. 4. Aufl. Weinheim: Julius Beltz

Kuhnt, M., & Brust, O. (2014). Low reciprocity rates in acquaintance networks of young adults: fact or artifact? Social Network Analysis and Mining, 167 (4)

Langner, A. (2015). Kompetent für einen inklusiven Unterricht. Eine empirische Studie zu Beliefs, Unterrichtsbereitschaft und Unterricht von LehrerInnen. Wiesbaden: Springer VS

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. Wiesbaden: Springer VS, S. 133–150

Lanwer, W. (2006): Diagnostik. Troisdorf: Bildungsverl. EINS.

Leont'ev, A.N. (1973). Probleme der Entwicklung des Psychischen. Berlin: Volk und Wissen

Menthe, J., Hoffmann, T., Nehring, A., & Rott, L. (2015). Unterrichtspraktische Impulse für einen inklusiven Chemieunterricht. In J. Riegert & O. Musenberg (Eds.). Inklusiver Fachunterricht in der Sekundarstufe. Stuttgart: Verlag W. Kohlhammer, S. 158–164

Milker, C. (2020). Förderung der diagnostischen Kompetenz in der Lehrer*innenbildung. In S. Habig (Ed.), Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen (GDCP), UDE, S. 274–277

MKJS (2009). Schule für Geistigbehinderte

Rehrl, M., & Gruber, H. (2007). Netzwerkanalysen in der Pädagogik. Ein Überblick über Methode und Anwendung. Zeitschrift für Pädagogik 53 (2), S. 243-264

Reinmann, G. (2005). Innovation ohne Forschung? Ein Plädoyer für den Design-Based Research-Ansatz in der Lehr-Lernforschung. Unterrichtswiss., 33 (1), S. 52–69

Römer, S. (2017). Verstehen und Vermitteln einer heilpädagogischen Diagnostik - eine hochschuldidaktische Herausforderung. In S. Römer (Ed.), Diagnostik als Beziehungsgestaltung. Berlin: F&T, 223-242

Schäfer, H., & Rittmeyer, C., & Altenrichter, B. (Eds.) (2015): Handbuch Inklusive Diagnostik. Weinheim, Basel: Beltz

Siegel, D. J. (2015). Handbuch der Interpersonellen Neurobiologie. Ein umfassender Leitfaden zum Verständnis der Funktion von Gehirn und Geist. Freiburg im Breisgau: Arbor

Steffens, J. (2019). Der Mensch lernt nicht mit einem Gehirn, sondern mit vielen Gehirnen in Gesellschaft. In A. Langner, M. Ritter, J. Steffens & D. Jugel (Eds.), Inklusive Bildung forschend entdecken. Das Konzept der kooperativen Lehrer*innenbildung. Wiesbaden: Springer VS, S. 31– 76

Steffens, J. (2020). Intersubjektivität, soziale Exklusion und das Problem der Grenze. Gießen: PV

Störmer, N. (2013). Du störst! Herausfordernde Handlungsweisen und ihre Interpretation als Verhaltensstörung. Berlin: Frank & Timme

Trevarthen, C. (2012). Intersubjektivität und Kommunikation. In O. Braun & U. Lüdtke (Eds.), Sprache und Kommunikation. Stuttgart: Kohlhammer (Behinderung, Bildung, Partizipation, Enzyklopädisches Handbuch der Behindertenpädagogik 8), S. 82–160

Vygotskij, L. (1992). Geschichte der höheren psychischen Funktionen. Münster: Lit

Ziemen, K. (2018). Didaktik und Inklusion. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht

René Dohrmann[1]
Novid Ghassemi[1]
Volkhard Nordmeier[1]

[1]Freie Universität Berlin

Curriculare Umsetzung einer inklusionsorientierten Physiklehrer*innenbildung in Deutschland

Abstract
Die Bemühungen und normativen Vorgaben zur Umgestaltung des Bildungssystems sowie zahlreiche damit verbundene Empfehlungen und administrative Vorgaben seitens der KMK sowie der HRK zum Umgang mit Heterogenität in der Schule stellen Lehrkräfte vor große Herausforderungen.
Ihnen fehlt es häufig an Förder- und Diagnosekompetenzen sowie entsprechenden Einstellungen beim Umgang mit Heterogenität – Befunde, die auch auf curriculare Defizite in der ersten Phase der Lehrkräftebildung zurückzuführen sind.
Die in diesem Beitrag vorgestellte Analyse fokussiert daher auf den aktuellen Stand der curricularen Verankerung inklusionsorientierter Inhalte in der Physiklehrer*innenbildung deutscher Hochschulen. Die Datengrundlage bieten Studien- und Prüfungsordnungen sowie Modulhandbücher von Physik-Lehramtsstudiengängen, die via ‚Hochschulkompass' der HRK recherchiert und anschließend hinsichtlich bestimmter Begriffe analysiert wurden. Erste Ergebnisse zeichnen dabei ein eher ‚ernüchterndes' und heterogenes Bild.

Grundlagendokumente

Für die hier vorgestellte Studie wurden die ‚Ländergemeinsamen inhaltlichen Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung' (KMK, 2008/2014) sowie die curricularen Vorgaben zur inhaltlichen Ausgestaltung der ‚Lehrerbildung für eine Schule der Vielfalt' (KMK & HRK, 2015), die u. a. das fachdidaktische Lehrangebot adressieren, hinsichtlich inklusionsorientierter, inhaltlicher Forderungen untersucht, um Suchbegriffe für die Analyse deutscher Hochschulcurricula für das Lehramt Physik zu identifizieren bzw. abzuleiten.

Datengrundlage und Vorgehensweise

Die Hochschulen, an denen ein Lehramtsstudium Physik aufgenommen werden kann, wurden via ‚Hochschulkompass'[1] der HRK identifiziert. Die Datengrundlage bildeten die Studien- und Prüfungsordnungen sowie die Modulhandbücher für das Lehramtsstudium Physik (Hauptfach an Gymnasien/Sekundarschulen) von 56 deutschen Hochschulen, die im Wintersemester 2019/2020 Gültigkeit besaßen. Bei der Analyse wurde auf das Gesamtstudium (Ba/Ma oder Staatsexamen) fokussiert.[2]
Um mögliche Komposita der Suchbegriffe einzuschließen, wurden bei der Analyse der Studien- und Prüfungsordnungen sowie der Modulhandbücher folgende ‚Wortstämme' verwendet: *diagnos**, *heterogen**, *inklusi**, *divers**, *differenzier**, *individu**, *förder**, *begab** und *talent**. Module und Lehrveranstaltungen, die in ihren jeweiligen Beschreibungen und Handbüchern einen der oben genannten Suchbegriffe enthalten, werden im Folgenden als ‚inklusionsorientiert' bezeichnet.

[1] (www.hochschulkompass.de)
[2] Die Universität Magdeburg wird ausgeschlossen, da der Masterstudiengang noch im Aufbau ist.

Zusätzlich zur Erfassung der Gesamtanzahl an Lehrveranstaltungen sowie der ECTS je Lehramtsstudiengang Physik, wurden der Anteil an fachdidaktischen Lehrveranstaltungen, der Anteil an fachdidaktischen Lehrveranstaltungen mit Inklusionsorientierung (Treffer bei Suchbegriff) sowie die entsprechenden ECTS[3] erfasst. Wurden die Inhalte und Ziele mit Inklusionsorientierung in den Modulbeschreibungen als Rahmung für mehrere Veranstaltungen angegeben, so wurde jeder dem Modul zugehörigen Veranstaltung eine Inklusionsorientierung zugeschrieben.[4] Bei der Analyse wurden Treffer bei den Suchbegriffen nur eingeschlossen, wenn diese in (fach)didaktischem Kontext standen und eindeutig Inklusionsbezug aufwiesen. Folgende Forschungsfragen wurden formuliert: 1. Wie groß ist der Anteil fachdidaktischer ECTS am Gesamtstudium? 2. Wie groß ist der Anteil an fachdidaktischen Lehrveranstaltungen mit inklusionsbezogenen Inhalten? 3. Wie groß ist der Anteil der Physiklehramtsstudiengänge mit inklusionsbezogenen Inhalten? 4. Welche inklusionsbezogenen Inhalte werden adressiert und wo liegen die Schwerpunkte?

Ergebnisse

Im gesamten Studienverlauf besuchen angehende Physiklehrer*innen durchschnittlich sieben fachdidaktische Lehrveranstaltungen (min: 2; max: 13), von denen sich drei mit inklusionsorientierten Inhalten auseinandersetzen. Je Hochschule wurden im Durchschnitt zwei verschiedene Suchbegriffe in den Modulbeschreibungen gefunden (Mehrfachnennungen desselben Suchbegriffs möglich) (siehe Tab. 1), wobei an 17 Hochschulen keiner der Suchbegriffe in den Modulbeschreibungen verortet werden konnte.

Tabelle 1: Anteil Fachdidaktik (ECTS und LV) am Gesamtstudium Lehramt Physik

	Mittelwert	**Median**	**Modus**	**Min**	**Max**
ECTS	104	105	107	80	132
ECTS-Fachdidaktik	22	21	18	10	39
Anzahl LV Fachdidaktik (FD)	7	7	8	2	13
Anzahl LV FD (Inkl.-Orient.)	3	3	0	0	12
Suchbegriffe je Hochschule	2,2	1,5	0	0	7

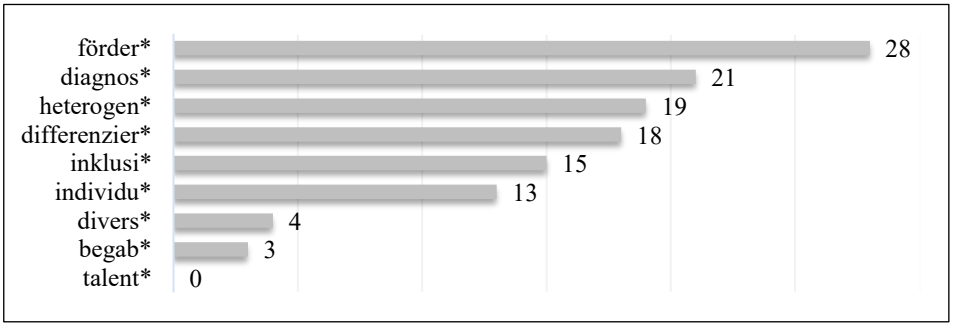


Abbildung 1: Häufigkeit der Suchbegriffe (Anzahl Hochschulen je Suchbegriff)

[3] Abschlussarbeiten wurden nicht mit einbezogen.
[4] Wahlpflichtveranstaltungen wurden bei der Analyse eingeschlossen.

In Abbildung 2 wird die Anzahl der Hochschulen je Suchbegriff dargestellt. Die Hälfte der betrachteten Hochschulen bietet Inhalte zum Thema *Förderung im Physikunterricht* im Verlauf des Physik-Lehramsstudiums an, gefolgt von den Themengebieten *Diagnostik/Diagnose* (21), *Umgang mit Heterogenität* (19) und *Differenzierung* (18). An drei Hochschulen wird *Begabungsförderung* adressiert.

Diskussion und Zusammenfassung

Die in der hier vorgestellten Analyse generierten Ergebnisse sind vorsichtig zu interpretieren. Zum Teil ist in den Modulbeschreibungen nicht explizit aufgeschlüsselt, welche Inhalte und Ziele in welchen der zum Fachdidaktikmodul gehörenden Veranstaltungen vermittelt werden. Hier wurde angenommen, dass sich die Veranstaltungen diese inhaltlich ‚teilen'. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, dass der Begriff Inklusion (Suchbegriff *inklusi**) als Oberbegriff verstanden wird und somit einzelne inklusionsorientierte Aspekte nicht extra in den Curricula aufgeführt werden. Einige Hochschulen legen in ihren Rahmenstudienordnungen für die Lehramtsstudiengänge die Grundlagen für eine inklusionsorientierte Ausrichtung. Möglicherweise ist dies der Grund für die insgesamt gering ausfallenden Treffer in Bezug auf die Suchbegriffe, da hier die Ziele bereits übergeordnet festgelegt und evtl. nicht noch einmal für den Physik-Lehramtsstudiengang expliziert wurden. Für die hier dargestellten Ergebnisse wurden Mehrfachnennungen desselben Suchbegriffs nicht gewichtet.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass zwischen den Hochschulen erhebliche Unterschiede in Bezug auf den Umfang und die inhaltliche Ausrichtung der curricularen Verankerung inklusionsorientierter Inhalte in der Fachdidaktik Physik bestehen. Zumeist sind nur einzelne Aspekte zu finden. Lediglich 18 Studiengänge adressieren explizit den Themenbereich Differenzierung und nur drei beschreiben Inhalte zur Begabungsdiagnose und -förderung.

Hohenstein et al. (2014) stellen ähnliche Ergebnisse in Bezug auf die curriculare Umsetzung der Standards in den Bildungswissenschaften fest und schließen daraus, dass die länderübergreifende Gültigkeit der Standards nicht eingehalten sei. Opalinski und Schmaltz (2020) untersuchten die Inklusionsorientierung in den Bildungswissenschaften (alle dt. Hochschulen in der Lehrkräftebildung) und stellten ebenfalls fest, dass zwischen den Hochschulen erhebliche Unterschiede in Umfang und inhaltlicher Ausrichtung der curricularen Verankerung inklusionsorientierter Inhalte bestehen.

Wenn also eine inklusionsorientierte Ausrichtung des Lehramtsstudiums eine Querschnittsaufgabe der Fachdidaktiken, Bildungswissenschaften und Fachwissenschaften ist, dann besteht weiterhin Nachholbedarf in Bezug auf den Stand der curricularen Umsetzung.

Ausblick

Im Verlauf der weiteren Ergebnisaufbereitung werden die Mehrfachnennungen der Suchstichworte sowie die Anzahl unterschiedlicher Suchbegriffe je Hochschule gewichtet, um ein differenzierteres Bild zu erhalten. Darüber hinaus werden die Curricula explizit hinsichtlich der inklusionsorientierten Zielkompetenzen analysiert. Zusätzlich ist eine Gegenüberstellung der Ergebnisse bezüglich der Bundesländer sowie der verschiedenen Abschlüsse (Sekundarschule, Berufsschule etc.) und ein Vergleich mit den Lehrkräftebildungsgesetzen geplant. Mithilfe einer Interviewstudie könnten die praktisch umgesetzten Inhalte mit Inklusionsorientierung mit den curricular festgelegten abgeglichen und so der Stand der Umsetzung aus Sicht von Studen*innen und Dozent*innen ermittelt werden.

Literatur

Hohenstein, F., Zimmermann, F., Kleickmann, T., Köller, O. & Möller, J. (2017). Sind die bildungswissenschaftlichen Standards für die Lehramtsausbildung in den Curricula der Hochschulen angekommen? Zeitschrift für Erziehungswissenschaften, 497-507.

KMK (2008/2014). Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung. Online verfügbar unter https://akkreditierungsrat.de/fileadmin/Seiteninhalte/KMK/Vorgaben/KMK_Lehrerbildung_inhaltliche_Anforderungen_aktuell.pdf, zuletzt geprüft am 07.10.2020.

KMK & HRK (2015). Lehrerbildung für eine Schule der Vielfalt. Gemeinsame Empfehlung von Hochschulrektorenkonferenz und Kultusministerkonferenz. Online verfügbar unter http://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2015/2015_03_12-Schule-der-Vielfalt.pdf zuletzt geprüft am 07.10.2020.

Opalinski, S. & Schmaltz, C. (2020, angenommen). Teacher training for inclusive education in Germany: status quo and curricular implementation. In T. Loremann, J. Goldan & J. Lambrecht (Hrsg.), Resourcing Inclusive Education – Perspectives on Funding and Professional Development.

Ulla Stubbe[1]
Ute Brinkmann[1]
Markus Prechtl[1]

[1]Technische Universität Darmstadt

Quantitative Befunde des berufsorientierenden Projekts DiSenSu

DiSenSu bietet berufsorientierende Coachings für Schülerinnen mit Migrationshintergrund und evaluiert die eingesetzten Tools (www.disensu.de, vgl. Markic, Prechtl, Hönig, Küsel, Rüschenpöhler & Stubbe, 2018). Über das Projekt wurde bereits berichtet, auch in GDCP-Tagungsbänden (Rüschenpöhler, Hönig, Küsel & Markic, 2020; Jesserich & Prechtl, 2020; Brinkmann, Kellermann & Prechtl, 2020, 2019; Prechtl & Stubbe, 2019). Erinnert sei an dieser Stelle an die Ausgangslage: Der Frauenanteil in naturwissenschaftlich-technischen Berufen ist gering und der Gender-Pay-Gap besteht fortwährend (Anger, Koppel, Plünnecke, Röben & Schüler, 2019; Destatis, 2020a; Destatis, 2019); die naturwissenschaftsbezogene Selbstwirksamkeitserwartung von Mädchen ist durchschnittlich geringer als die von Jungen und ihr Interesse an NaWi-Berufen bezieht sich primär auf den Gesundheitssektor und weniger auf (informations-)technische Anwendungen (vgl. Wirth, 2019; Schiepe-Tiska, Simm & Schmidtner, 2015); das Spektrum gewählter Berufen ist bei jungen Frauen mit Migrationshintergrund vergleichsweise schmal (Färber, Arslan, Köhnen & Parlar, 2008). DiSenSu wirbt mit individualisierten, einstündigen Coachings für NaWi-Berufe. Die das Projekt begleitende Forschung umfasst mehrere Teilstudien, unter anderem zur mentalen Rotation von Molekülstrukturen, zum begrifflichen Verständnis von Berufsaspekten und zur Persuasion von Role Models, sowie die umfangreichen Hauptuntersuchungen zur Evaluation diversitysensibler Comics (qualitative Studie) und berufsorientierender Tools (quantitative Studie). Ausgewählte Befunde der quantitativen Hauptstudie werden nachfolgend dargelegt.

Fragestellung

Ein wichtiger Fokus der Forschung zu DiSenSu betrifft den Konnex Berufswahl und Selbstwirksamkeitserwartung (SWE) von Mädchen mit Migrationshintergrund. Es wurde eruiert, wie sich äußere Einflüsse, wie Schulnoten, auf die SWE auswirken können. Weiteren zentralen Fragen widmen wir uns in anderen Publikationen.

Methodik

In die statistische Auswertung gingen die Datensätze von 279 Schülerinnen im Alter von 13 bis 19 Jahren (M = 14.96, SD = 1.24) ein, davon hatten 65.6% einen Migrationshintergrund (nach Destatis 2020b gegeben, wenn eine Person „selbst oder mindestens ein Elternteil nicht mit deutscher Staatsangehörigkeit geboren wurde“). Sie alle hatten ein einstündiges Einzelcoaching absolviert. Am Laptop gaben sie Auskunft zu demografischen Daten und zur allgemeinen SWE. Danach ordneten sie Berufsaspekte mit einer Präferenzrangliste und verglichen diese paarweise, woraus eine neue Rangliste resultierte. Sie bot Anlass für Reflexionen. Anschließend widmeten sie sich praktischen Übungen zur mentalen Rotation und Haptik (Pipettieren), bei denen fachbezogene SWE und Attributionen auf Leistungen abgefragt wurden. Alle Übungen wurden in randomisierter Reihenfolge durchgeführt. Abschließend begaben sich die Mädchen in die Beratung mit der Coachin, in der alle Resultate besprochen und Hinweise auf spezifische Karrierewege gegeben wurden.

Befunde zu Schulnoten und Selbstwirksamkeitserwartung (SWE)

Korrelationen. Die Zusammenhänge der erhobenen Schulnoten mit der allgemeinen SWE wurden mittels Korrelationen (Pearson) ermittelt. Die Korrelationen waren negativ. Bezogen auf die Kohorte heißt dies, dass niedrige (gute) Schulnoten mit hoher allgemeiner SWE zusammenhängen. Für die gesamte Stichprobe gab es schwache signifikante Korrelationen für alle Schulnoten mit der allgemeinen SWE. Für die Mädchen ohne Migrationshintergrund zeigten sich ähnliche Korrelationen mit verstärktem Effekt. Für die Korrelationen der allgemeinen SWE mit dem Notendurchschnitt des letzten Zeugnisses (r = -.409) und der Schulnote im Fach Chemie (r = -.377) steigerte sich die Effektstärke auf einen mittleren Effekt. Für die Mädchen mit Migrationshintergrund gab es eine schwache signifikante Korrelation der allgemeinen SWE und des Notendurchschnitts des Zeugnisses (r = -.162). Es scheint hier hauptsächlich Zusammenhänge für die Mädchen ohne Migrationshintergrund zu geben, die sich auf die gesamte Stichprobe auswirken. Da die Kausalität bei der Korrelation ungerichtet ist, wurden weitere Untersuchungen mittels zwei- und einfaktorieller ANOVA durchgeführt.

Gesamtmodell zweifaktorielle ANOVA. Die Gesamtmodelle der zweifaktoriellen ANOVA waren für alle Schulnoten signifikant. Für die Schulnote im Fach Deutsch gab es allerdings keine weiteren signifikanten Ergebnisse in den nachfolgenden Untersuchungen. Bei der Korrelation zeigten sich für die Schulnote im Fach Deutsch mit der allgemeinen SWE die schwächsten Effekte. Diese Effekte konnten bei den ANOVA nicht bestätigt werden.

Haupteffekt Migrationshintergrund der zweifaktoriellen ANOVA. Für alle Modelle gab es keinen signifikanten Haupteffekt des Migrationshintergrunds, obwohl die Mädchen ohne Migrationshintergrund (M = 3.96, SD = 0.48) für die allgemeine SWE signifikant höhere Werte angaben als die Mädchen mit Migrationshintergrund (M = 3.78, SD = 0.55), t(216.22) = 2.85, p = .005, r = .19.

Haupteffekt der Schulnote der zweifaktoriellen ANOVA. Für alle Modelle (außer mit der Schulnote im Fach Deutsch) gab es einen signifikanten Haupteffekt der Schulnote. Es unterschieden sich die Schülerinnen mit sehr guter Leistung signifikant von denen mit schlechter Leistung.

Interaktionseffekt der zweifaktoriellen ANOVA. Es gab einen signifikanten Interaktionseffekt der Schulnote im Fach Chemie mit dem Migrationshintergrund, F(3,269) = 4.71, p = .003, partielles η^2 = .050, n = 277. Bei genauerer Betrachtung des Effekts fällt auf, dass er auf der Schulnote *ausreichend* im Fach Chemie basiert; hier bewerteten sich die Mädchen ohne Migrationshintergrund (M = 2.33, SD = 0.00, n = 2) in der allgemeinen SWE signifikant schlechter als die Mädchen mit Migrationshintergrund (M = 3.53, SD = 0.56, n = 12), t(15) = -2.94, p = .010, r = .39. Es gab nur zwei Mädchen ohne Migrationshintergrund mit der Schulnote *ausreichend* in Chemie, die sich beide schlecht bei der allgemeinen SWE einschätzten. Da die Mädchen ohne Migrationshintergrund sich aber sonst besser in der allgemeinen SWE einschätzten als die Mädchen mit Migrationshintergrund, entsteht dieser Interaktionseffekt. Er ist aber verzerrt, da die Teilstichprobe nicht repräsentativ und zu klein ist. Schließt man die Schulnote *ausreichend* im Fach Chemie aus, so verschwindet der Interaktionseffekt und es entsteht ein Haupteffekt des Migrationshintergrunds, F(1,254) = 4.19, p = .042, partielles η^2 = .016, n = 277.

Einfaktorielle ANOVA der Untergruppen ohne und mit Migrationshintergrund. Bei den einfaktoriellen ANOVA gab es keine Effekte für die Mädchen mit Migrationshintergrund. Die Mädchen schätzten sich, unabhängig ihrer angegebenen Schulnote, ähnlich in der allgemeinen SWE ein. Bei Mädchen ohne Migrationshintergrund gab es, bis auf die Schulnote in Deutsch,

signifikante Effekte. Für den Notendurchschnitt des Zeugnisses ähnelten die Ergebnisse des Post-hoc-Tests denen der Gesamtstichprobe. Die sehr guten Schülerinnen unterschieden sich signifikant von denen mit einer schlechteren Note. Bei den Schulnoten in Mathematik und Chemie sah dies jedoch anders aus: nur Schülerinnen mit schlechten Noten unterschieden sich signifikant von denen mit besseren Noten. Allerdings waren es in beiden Fächern nur zwei Schülerinnen ohne Migrationshintergrund, die schlechte Noten angaben. Sie waren die Verursacherinnen dieses Effekts.

Zusammenfassung, Diskussion und Ausblick

Die statistische Auswertung zeigte, dass die an den DiSenSu-Coachings teilnehmenden Mädchen mit Migrationshintergrund eine geringere Einschätzung bezüglich der allgemeinen SWE und schlechtere Schulnoten hatten als die Mädchen ohne Migrationshintergrund. Dies bestätigt den Stand bisheriger Forschung (Anger, Orth & Plünnecke, 2016; Schiepe-Tiska, Simm & Schmidtner, 2015) und unterstützt die Forderung nach einem erhöhten Förderbedarf bezüglich SWE und schulischer Kompetenzen bei dieser Gruppe. Auffällig ist, dass sich die Mädchen mit Migrationshintergrund in ihrer Einschätzung der SWE bezogen auf ihre Schulnoten nicht unterschieden, während es bei den Mädchen ohne Migrationshintergrund signifikante Korrelationen zwischen Schulnote und Einschätzung gab. In den Gesprächen mit den Coachinnen trat ein Bedarf an Zuspruch hervor, insbesondere bezüglich SWE, Attributionen und Fähigkeiten. Viele Teilnehmerinnen entwickelten Vorstellungen von Karrieren, trauten sich jedoch nicht, diese weiter zu verfolgen. Oft mangelte es bei ihnen an Kontaktpersonen und Ideen, wie weiter vorzugehen sei. Zu bedenken ist in diesem Kontext, dass sozial schwächere Elternteile ihre Kinder oft nicht berufsbezogen beraten können, weil es ihnen an spezifischen Kenntnissen fehlt (vgl. Boos-Nünning & Karakasogul, 2004). Auch die eigenen Befunde deuten darauf hin. Denn für die Mädchen mit Migrationshintergrund wurden signifikante, positive Korrelationen für ihre Einschätzung der allgemeinen SWE und der wahrgenommenen Unterstützung durch die Familien ermittelt. Die Befunde zeigen, dass DiSenSu an den wesentlichen Punkten angesetzt hatte: am Aufzeigen eigener Fähigkeiten, an der Förderung der SWE und des positiven Attributionsstils (vgl. Schwarzer & Jerusalem, 2002), an Repräsentationen positiver, gender-/diversitysensibler Prototypen in Chemie und – generell – an der Ermutigung der Mädchen, eine naturwissenschaftsbezogene Karriere in Betracht zu ziehen.

Förderhinweis

Das Projekt DiSenSu (DiversitySensiblerSupport) wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter den Förderkennzeichen 01FP1725 und 01FP1726 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Publikation liegt bei den Autor/innen.

Literatur

Anger, C., Koppel, O., Plünnecke, A., Röben, E. & Schüler, R.M. (2019). MINT-Frühjahrsreport 2019 MINT und Innovationen – Erfolge und Handlungsbedarfe Gutachten für BDA, BDI, MINT Zukunft schaffen und Gesamtmetall. Köln: Institut der deutschen Wirtschaft

Anger, C., Orth, A.K. & Plünnecke, A. (2016). Bildungsmonitor 2016 – ein Blick auf die Bildungsintegration von Flüchtlingen. Köln: Institut der deutschen Wirtschaft

Brinkmann, U., Kellermann, S. & Prechtl, M. (2020). Was verstehen Jugendliche unter Begriffen zu beruflichen Präferenzen aus der MINT-Berufsorientierung? – Erfahrungen aus dem Projekt DiSenSu. In S. Habig (Hg.), Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen. GDCP, Jahrestagung Wien 2019 (S. 752-755). Univ. Duisburg-Essen

Brinkmann, U., Kellermann, S. & Prechtl, M. (2019). Was verstehen Jugendliche unter „flexibler Arbeitszeit", „Vereinbarkeit von Familie und Beruf" und weiteren Termini zur Erfassung von Berufsansprüchen in MINT? – Befunde aus einer Befragung im Rahmen des DiSenSu-Projektes. Plus Lucis, 4, S. 17-21

Boos-Nünning, U. & Karakasogul, Y. (2004). Viele Welten Leben. Lebenslagen von Mädchen und jungen Frauen mit griechischem, italienischem, jugoslawischem, türkischem und Aussiedlerhintergrund. Berlin: Bundesministerium für Familie, Senioren, Frauen und Jugend

Cheryan, S., Ziegler, S.A., Montoya, A.K. & Jiang, L. (2017). Why Are Some STEM Fields More Gender Balanced Than Others? Psychological Bulletin, 143(1), S. 1-35

Destatis (2020a). Gender Pay Gap 2019: Frauen verdienten 20% weniger als Männer – Pressemitteilung Nr. 097, 16. März 2020

Destatis (2020b). Glossar: „Migrationshintergrund"

Destatis (2019). Männerberufe, Frauenberufe? Klassische Rollenbilder bestimmen noch immer die Arbeitswelt – Pressemitteilung Nr. 009, 18. November 2019

Färber, C., Arslan, N., Köhnen, M. & Parlar, R. (2008). Migration, Geschlecht und Arbeit. Probleme und Potenziale von Migrantinnen auf dem Arbeitsmarkt. Opladen: Budrich

Jesserich, T. & Prechtl, M. (2020). Komparative Diskursanalyse zu Focus Groups zu zwei Fotostories im berufsorientierenden Projekt DiSenSu. In S. Habig (Hg.), Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen. GDCP, Jahrestagung in Wien 2019 (S. 756-759). Univ. Duisburg-Essen

Markic, S., Prechtl, M., Hönig, M., Küsel, J., Rüschenpöhler, L. & Stubbe, U. (2018). DiSenSu. Diversity Sensitive Support for Girls with Migration Background for STEM Careers. In I. Eilks, S. Markic & B. Ralle (Hg.), Building bridges across disciplines (S. 215-218). Aachen: Shaker

Rüschenpöhler, L., Hönig, M., Küsel, J. & Markic, S. (2020). The role of gender and culture in vocational orientation in science. Education Sciences, 10(9), 240

Schiepe-Tiska, A., Simm, I. & Schmidtner, S. (2015). Motivationale Orientierungen, Selbstbilder und Berufserwartungen in den Naturwissenschaften in PISA 2015. In K. Reiss et al. (Hg.), PISA 2015. Münster: Waxmann

Schwarzer, R. & Jerusalem, M. (2002). Das Konzept der Selbstwirksamkeit. In M. Jerusalem & D. Hopf (Hg.), Selbstwirksamkeit und Motivationsprozesse in Bildungsinstitutionen (S. 28-53). Weinheim: Beltz

Wang, M.-T. & Degol, J.L. (2017). Gender Gap in Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM): Current Knowledge, Implications for Practice, Policy, and Future Directions. Educational Psychology Review, 29(1), S. 119-140

Wirth, R. (2019). Berufsorientierung im außerschulischen Lernort mit chemiebezogenen Berufen im Umweltschutz: Ergebnisse einer Fragebogenstudie mit Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe I. Oldenburg: Diss., Univ. Oldenburg

Wiebke Leisen[1]
Maria Opfermann[2]
Hendrik Härtig[1]

[1]Universität Duisburg-Essen
[2]Bergische Universität Wuppertal

Wahrnehmung von Repräsentationen im Physikunterricht

Einleitung

Dem Angebots-Nutzungs-Modell von Helmke und Schrader (2019) folgend hängt die Nutzung eines - von Lehrkräften erstellten – unterrichtlichen Angebots u. a. von der individuellen Wahrnehmung und Interpretation seitens der Schülerinnen und Schüler ab. In unserem Beitrag stellen wir ein Projekt vor, das untersucht, wie Lehrkräfte und Schüler*innen Repräsentationen sowie den Umgang mit Repräsentationen im Physikunterricht jeweils wahrnehmen.
Unser Fokus liegt hierbei auf externen Repräsentationen (Ainsworth, 1999). Diese umfassen zum Beispiel Diagramme, Tabellen, Texte und Formeln, die im Fach Physik bedeutend sind und insbesondere in Versuchsprotokollen eine entscheidende Rolle spielen. Die Fähigkeit zur Interpretation und Übersetzung von Repräsentationen im Unterricht ist Ziel und Anforderung zugleich (Dreher, Leuders, Holzäpfel, 2015). Die Schüler*innen müssen die Merkmale von Repräsentationen verstehen und zwischen verschiedenen Formen übersetzen (zum Beispiel Werte aus einer Tabelle in ein Diagramm übertragen) können (Ainsworth, 1999). Insbesondere dieser Repräsentationswechsel sollte im Unterricht bewusst aufgenommen und geübt werden (Dreher, 2013), da er für Schüler*innen eine Lernschwierigkeit darstellt (Scheid et al., 2017). Aktuell ist jedoch für den Physikunterricht nicht geklärt, inwiefern die wahrgenommene Angemessenheit und eingeschätzte Häufigkeit des Angebots zum Umgang mit Repräsentationen im Physikunterricht durch die Lehrkräfte zur wahrgenommenen Angemessenheit des Angebots auf Seiten der Schüler*innen passt. Zusätzlich wünschenswert wäre eine explizite Förderung als eigenständiges Lernziel, zum Beispiel mittels Scaffolding beim Umgang mit verschiedenen Repräsentationen. Hierbei wird den Schüler*innen ein Unterstützungsgerüst an die Hand gegeben (Gibbons, 2002). Scaffolding hat sich im Unterricht bisher als effektiver als herkömmliche Unterstützungsmaßnahmen gezeigt; z.B. in der Studie von McNeill et al. (2006), in der Studierende mithilfe von Scaffolding bessere naturwissenschaftliche Erklärungen formulierten als Studierende mit einfachen Instruktionen ohne Scaffolding.

Projektziel

Ziel unserer Studie ist der Vergleich der eingeschätzten Häufigkeit zum unterrichtlichen Angebot verschiedener Repräsentationen seitens der Lehrkräfte mit deren durch die Schüler*innen bewerteten Angemessenheit. Aufbauend auf diesem Vergleich ist prospektiv eine Intervention zur expliziten Förderung des Umgangs mit Repräsentationen geplant.

Forschungsfragen

Die Studie wird von folgenden Forschungsfragen geleitet:

(FF1a) Inwiefern unterscheidet sich die eingeschätzte Häufigkeit des Angebots verschiedener Repräsentationen seitens der Lehrkräfte von der wahrgenommenen Angemessenheit des Angebots auf Seiten der Schüler*innen?

(FF1b) Inwiefern beeinflusst die Jahrgangsstufe die differenziellen Effekte in Bezug auf die eingeschätzte Häufigkeit von Lehrkräften und die wahrgenommene Angemessenheit durch die Schüler*innen?

(FF2a) Inwiefern unterscheidet sich die wahrgenommene Angemessenheit des unterrichtlichen Angebots verschiedener Repräsentationen seitens der Lehrkräfte von der wahrgenommenen Angemessenheit durch die Schüler*innen?
(FF2b) Inwiefern beeinflusst die Jahrgangsstufe die wahrgenommene Angemessenheit des Angebots verschiedener Repräsentationen durch die Lehrkräfte und Schüler*innen?

Design und Methoden
Die Forschungsfragen wurden mithilfe einer querschnittlichen Befragung von Lehrkräften und Schüler*innen beantwortet. Der genutzte Fragebogen orientierte sich am Fragebogen für Fachsprache im Biologieunterricht nach Nitz, Nerdel und Prechtl (2012). Die Stichprobe umfasste 23 Physiklehrkräfte (M_{Alter} = 45.0, *SD* = 11.3, 39.1% weiblich) und 867 Schüler*innen (M_{Alter} = 13.1, *SD* = 1.9, 49% weiblich, 48.8% männlich, 2.2% divers) der sechsten, achten und zehnten Klassenstufe von Gymnasien und Gesamtschulen in NRW.
Der Fragebogen fokussiert folgende in Subskalen aufgeteilte Repräsentationen: Diagramm, Tabelle, Text, Formel bzw. Berechnung und Wechsel zwischen Repräsentationen.

Ergebnisse
Die genutzten Subskalen erweisen sich als reliabel (Cronbachs $\alpha = [.607 \leq \alpha \leq .960]$). Eine explorative Faktorenanalyse zeigt, dass die Lehrkräfte zwischen verschiedenen Repräsentationen differenziert unterscheiden, wohingegen die Schüler*innen nur zwischen „Text“ und „anderen Repräsentationen“ unterscheiden.

In Bezug auf die erste Forschungsfrage weicht die Einschätzung der Lehrkräfte zur Häufigkeit des Angebots verschiedener Repräsentationen von der wahrgenommenen Angemessenheit des Angebots der Schüler*innen ab. Lehrkräfte schätzen, dass sie ihr Angebot überdurchschnittlich oft einsetzen ($M > 3.7$, 1 = nie, …, 5 = immer). Für die Schüler*innen ist das größtenteils, aber nicht in allen Fällen, zufriedenstellend ($M \sim 3.0$, 1 = zu wenig, …, 5 = zu viel). Diese Ergebnisse bezogen auf Forschungsfrage 1a sind im folgenden Diagramm (Abb. 1) dargestellt.

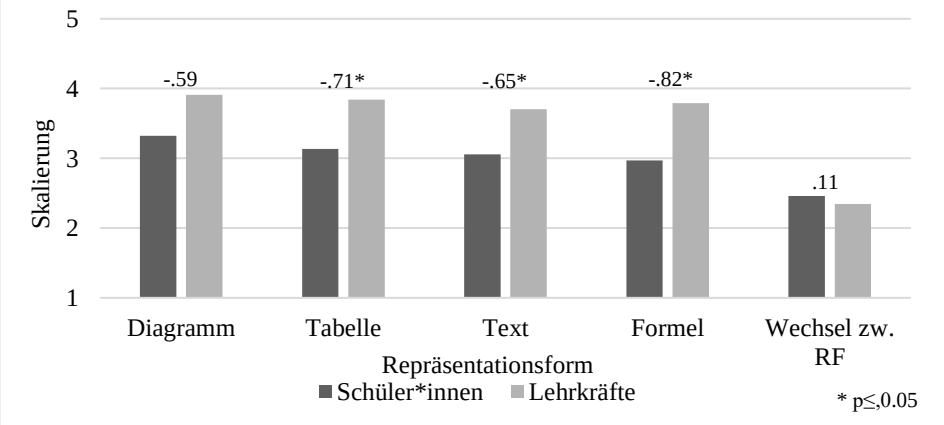


*Abbildung 1 zeigt die durchschnittlichen Werte und Differenzen zwischen den Lehrkräften zur eingeschätzten Häufigkeit des Angebots und den Schüler*innen zur wahrgenommenen Angemessenheit des Angebots.*

Der Vergleich zwischen den Klassenstufen zeigt signifikante Unterschiede zwischen der eingeschätzten Häufigkeit der Lehrkräfte und der wahrgenommenen Angemessenheit durch die Schüler*innen abhängig von der Repräsentationsform. In der sechsten Klassenstufe gibt es signifikante Differenzen bezogen auf das Lernen mit Diagrammen, Tabellen und Texten. In

der achten Klasse hingegen unterscheiden sich die eingeschätzte Häufigkeit der Lehrkräfte und die wahrgenommene Angemessenheit der Schüler*innen nur bezogen auf das Lernen mit Formeln. In der zehnten Klasse sind die Werte in all diesen vier Lernbereichen signifikant verschieden. Letztlich wird hier der Einfluss der Jahrgangsstufe erkenntlich (FF1b).
Zudem zeigen sich in Bezug auf die zweite Forschungsfrage (FF2a) zum Vergleich der wahrgenommenen Angemessenheit von Schüler*innen und Lehrkräften signifikante Unterschiede. Die Differenzen beziehen sich auf das gesamte unterrichtliche Angebot auf allen Skalen und zeigen, dass die wahrgenommene Angemessenheit für Lehrkräfte höher ausfällt als für Schüler*innen. Das heißt, dass Schüler*innen in fast allen Fällen häufiger mit verschiedenen Repräsentationen arbeiten wollen. Die Lehrkräfte hingegen nehmen ihr Angebot an Repräsentationen als genau richtig wahr.
Der Vergleich der sechsten, achten und zehnten Klassenstufen zeigt ähnliche Mittelwerte in den Klassenstufen, aber unterschiedliche Differenzen, die in Tabelle 1 dargestellt sind. Die Ergebnisse zu Forschungsfrage 2b zeigen hier signifikante Differenzen in der wahrgenommenen Angemessenheit von Lehrkräften und Schüler*innen, wobei die Intensität der Wahrnehmungsunterschiede zwischen den Klassenstufen verschieden stark ist.

Klassenstufe	**Diagramm**		**Tabelle**		**Text**		**Formel**		**Wechsel**	
	M	**SD**	***M***	**SD**	***M***	**SD**	***M***	**SD**	***M***	**SD**
6	*-.49*	1.12	*-.51*	1.07	*.11*	1.02	*-.96*	1.05	*-.13*	1.14
8	*-.23*	1.23	*-.47*	.92	*.30*	1.02	*-.24*	1.25	*.08*	1.29
10	*-.28*	.87	*-.14*	.89	*-.17*	.96	*-.27*	.88	*-.28*	.99

*Tabelle 1 zeigt die durchschnittlichen Differenzen zwischen der wahrgenommenen Angemessenheit der Schüler*innen und Lehrkräfte in den unterschiedlichen Klassenstufen.*

Zusammenfassung
Die wahrgenommene Angemessenheit bezüglich des Einsatzes und Umgangs mit Repräsentationen im Physikunterricht unterscheidet sich zwischen Lehrkräften und ihren Schüler*innen. Die Schüler*innen nehmen das Angebot der Lehrkräfte als (eher) zu wenig wahr. Sie möchten häufiger mit verschiedenen Repräsentationen arbeiten. Die Lehrkräfte nehmen ihr Angebot hingegen als genau angemessen wahr. In Bezug auf die unterschiedlichen Klassenstufen unterscheiden sich die Höhe und Intensität der Differenzen.
Dies zeigt, dass das unterrichtliche Angebot zum Umgang mit Repräsentationen von Lehrkräften und Schüler*innen jeweils unterschiedlich wahrgenommen wird. Die Studie unterstreicht somit nicht nur die Relevanz des Lernens und Lehrens mit (verschiedenen) Repräsentationen im Physikunterricht, sondern deutet auch auf einen gewissen Förderbedarf hin.

Ausblick
Aufbauend auf den Ergebnissen folgt eine Intervention zur Förderung des Umgangs mit Repräsentationen im Physikunterricht. Im Fokus steht das *Fading Out* als eine Art des *Scaffoldings*, in welchem die Intensität und Quantität der Unterstützung über die Zeit hinweg abnimmt (Pöhler, 2018). Die Studie beschränkt sich auf Tabellen, Texte, Formeln und Diagramme als wichtige Bestandteile von Versuchsprotokollen im Physikunterricht. In einer Interventionsstudie mit drei Gruppen und einem Prä-Post-Design werden Schüler*innen über eine Unterrichtsreihe hinweg Versuchsprotokolle zu einzelnen Experimenten mithilfe verschiedener Repräsentationen erstellen. Anhand der Prä- und Post-Tests wird der Einfluss von *Fading Out* auf den Fachwissenserwerb und die kognitive Belastung untersucht.

Literatur

Ainsworth, S. (1999). The functions of multiple representations. Computers & Education, 33, 131–152.

Dreher, A. (2013). Den Wechsel von Darstellungsebenen fördern und fordern oder vermeiden? In: Sprenger, J., Wagner, A. & Zimmermann, M. (Hrsg.): Mathematik lernen, darstellen, deuten, verstehen. Wiesbaden: Springer Spektrum.

Dreher, U., Leuders, T. & Holzäpfel, L. (2015). Einfluss von Präferenzen und Selbstwirksamkeitsüberzeugungen auf den Umgang mit verschiedenen Repräsentationen. In: Calouri, F., Linneweber-Lammerskitten, H. & Streit, C. (Hrsg.): Beiträge zum Mathematikunterricht. Münster: WTM-Verlag.

Gibbons, P. (2002). Scaffolding Language, Scaffolding Learning: Teaching Second Language Learners in the Mainstream Classroom. Portsmouth: Heinemann.

Helmke, A. & Schrader, F. (2019). Angebots-Nutzungs-Modell der Wirkfaktoren akademischer Leistungen. In M. A. Wirtz (Hrsg.), Dorsch – Lexikon der Psychologie. Abgerufen am 30.09.2019, von https://portal.hogrefe.com/dorsch/angebots-nutzungs-modell-der-wirkfaktoren-akademischer-leistungen/

McNeill, K., Lizotte, D. J., Krajcik, J. & Marx, R. W. (2006). Supporting Students' Construction of Scientific Explanations by Fading Scaffolds in Instructional Materials. Journal of the Learning Sciences, 15 (2), 153-191.

Nitz, S., Nerdel, C., & Prechtl, H. (2012). Entwicklung eines Erhebungsinstruments zur Erfassung der Verwendung von Fachsprache im Biologieunterricht. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 18, 117-139

Pöhler, B. (2018). Konzeptuelle und lexikalische Lernpfade und Lernwege zu Prozenten. Dortmunder Beiträge zur Entwicklung und Erforschung des Mathematikunterrichts 35. Wiesbaden: Springer.

Scheid, J., Müller, A., Hettmannsperger, R. & Kuhn, J. (2017). Erhebung von repräsentationaler Kohärenzfähigkeit von Schülerinnen und Schülern im Themenbereich Strahlenoptik. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 23 (1), 181-203.

Larissa Hahn[1]
Stefan Halverscheid[1]
Jochen Kuhn[2]
Pascal Klein[1]

[1]Universität Göttingen
[2]TU Kaiserslautern

Einfluss der Aufgabenkomplexität auf die Blickbewegungen beim Koordinieren multipler Repräsentationen im Kontext von Vektorfeldern

Für viele physikalische Konzepte gibt es kein rein abstraktes Verständnis, sodass diese meist mithilfe verschiedener Repräsentationen dargestellt werden (De Cock, 2012). Vektorfelder sind Beispiele, die sowohl graphisch, z.B. als Vektorfelddiagramm, als auch mithilfe algebraischer Formelausdrücke repräsentiert werden. Im Allgemeinen zeigten zahlreiche Studien, dass ein flexibler Umgang mit verschiedenen Repräsentationsformen einen positiven Effekt auf den Wissenserwerb und die Problemlösefähigkeiten besitzt (z.B. Even, 1998) und damit essentiell für die Entwicklung fachspezifischer Expertise ist (z.B. Van Heuvelen, 1991). In diesem Beitrag wird eine Studie vorgestellt, bei der Studierende eine Formel einem gegebenen Vektorfeld zuordnen, wobei zusätzlich das Blickverhalten der Studierenden aufgezeichnet wurde. Der Schwerpunkt der Untersuchung liegt auf der Aufmerksamkeitsverteilung der besten Studierenden für Items unterschiedlicher Komplexität.

Theoretischer Hintergrund

Zur Analyse von Lernprozessen in einer repräsentational angereicherten Lernumgebung eignen sich kognitive Lerntheorien. Die Cognitive Theory of Multimedia Learning (CTML) nach Mayer (2005) konzentriert sich dabei auf Lernprozesse im Zusammenhang mit Text (auch Formeln) und Bildern (Schnotz & Bannert, 2003). Ergänzend beschäftigt sich die Cognitive Load Theory (CLT) nach Chandler und Sweller (1991) mit der kognitiven Belastung beim Wissenserwerb (Sweller, 2010). Eine zentrale Annahme der CLT ist, dass das Niveau der intrinsischen kognitiven Belastung durch die Elementinteraktivität bestimmt wird (ebd.). Ein Element bezeichnet in diesem Zusammenhang alles, was gelernt werden muss oder gelernt wurde. Werden Extraneous und Germane Cognitive Load konstant gehalten, gilt: Je mehr Elemente interagieren, desto höher ist die Arbeitsspeicherbelastung und somit der Cognitive Load (Sweller, 2010). Im Kontext von Vektorfeldern handelt es sich bei der Dimensionalität und den (gemischten) Abhängigkeiten der Komponenten von den Koordinaten um Aspekte, die die Elementinteraktivität bestimmen (siehe Tab. 1 und Abb. 2). Eye-Tracking ermöglicht die Analyse kognitiver Vorgänge, indem Blickbewegungen als zeitlich-räumliche Dekodierung visueller Informationen verstanden werden (Rakoczi, 2012). Entsprechend der CLT ist mit steigender Komplexität und somit Elementinteraktivität eines Vektorfeldes eine sich im Blickverhalten widerspiegelnde Zunahme des Intrinsic Cognitive Load zu erwarten (Sweller, Ayres & Kalyuga, 2011).

Forschungsfrage

Welchen Einfluss hat die Komplexität der Vektorfelder auf die visuelle Aufmerksamkeit von Experten, die sich durch ausschließlich korrekte Antworten definieren?

Material und Methoden

Die Stichprobe besteht aus 147 Studierenden vor allem des ersten und zweiten Fachsemesters verschiedener Ingenieurstudiengänge an der TU Kaiserslautern. Diese absolvieren einen Eye-Tracking-Test bestehend aus einem kurzen Worked-Out Example und acht Problemlöse-Items. Währenddessen zeichnet ein stationärer Eye-Tracker (Tobii X3-120) Blickbewegungen auf. Die Expertengruppe mit acht korrekten Antworten umfasst 46 Studierende.

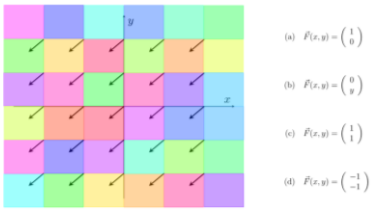


Abb. 1: AOI-Raster zur Untersuchung der betrachteten Fläche des Vektorfelddiagramms.

Für die Untersuchung der Aufmerksamkeitsverteilung werden die Vektorfelddiagramme mithilfe eines 6x6-Gitter segmentiert und jeweils bestimmt, wie viele der 36 Segmente drei oder mehr Fixationen aufweisen (Abb. 1). Unter Verwendung dieses Schwellenwertes erhalten zufällige oder unbewusste Fixationen wenig Gewicht, gleichzeitig werden aber alle für die Problemlösung relevanten Fixationen berücksichtigt.

Ergebnisse

Zur Systematisierung der Vektorfelder ist in Tab. 1 ein a-priori-Kategoriensystem dargestellt (Qualitative Inhaltsanalyse; Kuckartz, 2018), welches sechs Komplexitätsgrade unterscheidet. Die Bezeichnung der ersten und der zweiten Komponente ist willkürlich und vertauschbar.
Tab. 1 zeigt zudem für alle acht Vektorfeld-Items den mittleren prozentualen Anteil der Fläche des Vektorfelddiagramms, die pro Experte betrachtet wird. Dabei schaut ein Experte bei den Items VF1 und VF3 im Mittel weniger als 10% des Vektorfelddiagramms an, wohingegen für das Item VF4 im Mittel über 40% der Diagrammfläche zur Problemlösung herangezogen werden. Eine ANONVA-RM mit dem messwiederholenden Faktor der acht Items ergibt einen signifikanten Einfluss der Komplexität auf die mittlere betrachtete Fläche pro Experte $[F(5.2, 232.7) = 63.3, p < 0.001^{***}, \eta_p^2 = 0.59, f = 1.19]$.

Tab. 1: Klassifizierung der Vektorfelder nach Dimensionalität und Komplexität.

Komponenten		Dimension	Komplexitätsgrad K	Vektorfeld	Mittlere betrachtete Fläche pro Experte [%]
1	2				
0	0	-	0	-	-
konstant	0	1	1	VF3	8.6 ± 5.9
konstant	konstant	2	2	VF1	9.5 ± 5.8
variabel	0	1	3	VF2	19.7 ± 8.1
				VF7	20.4 ± 8.6
variabel	konstant	2	4	VF6	24.0 ± 9.9
				VF5	26.5 ± 12.0
variabel	variabel	2	5	VF8	26.4 ± 11.0
				VF4	41.1 ± 16.7

Abb. 2 illustriert die visuelle Aufmerksamkeit der Experten auf den Items VF1 ($K = 2$), VF2 ($K = 3$) und VF4 ($K = 5$). Es zeigt sich, dass der visuelle Fokus für alle Komplexitätsgrade im I. Quadranten der Vektorfelddiagramme liegt. Gleichzeitig unterstützen die Heatmaps die Ergebnisse in Tab. 1, indem für VF2 neben dem I. auch der II. und für VF4 alle vier Quadranten betrachtet werden. Während die Bereiche hoher Aufmerksamkeit beim Diagramm in VF1 auf einzelnen Vektoren des I. Quadranten liegen, orientiert sich die Aufmerksamkeit bei VF2 und VF4 an den Koordinatenachsen. Für VF2 liegt die visuelle Aufmerksamkeit dabei vor allem auf Vektoren einer Zeile, während die Experten bei VF4 sowohl Zeilen als auch Spalten betrachten.

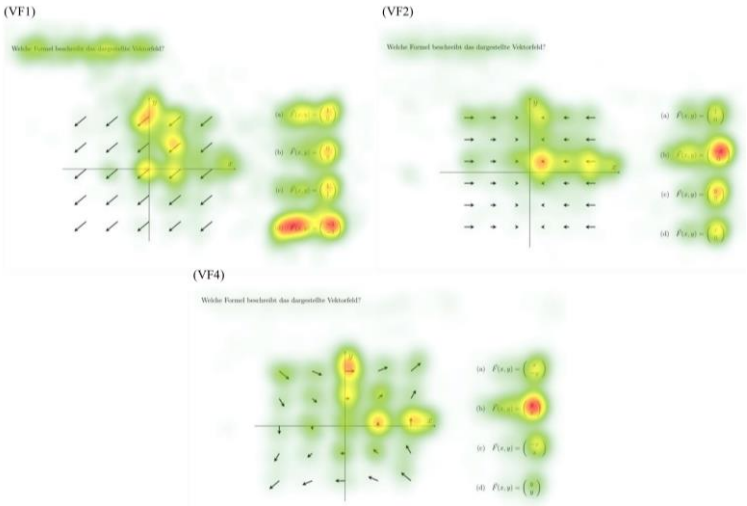


Abb. 2: Heatmaps aller Experten für die Vektorfeld-Items VF1, VF2 und VF4.

Diskussion

Entsprechend der Klassifizierung der Vektorfelder in verschiedene Komplexitätsgrade ergibt sich ein signifikanter Einfluss der Aufgabenkomplexität auf den Anteil der Fläche des Vektorfelddiagramms, der von einem Experten im Zuge des Repräsentationswechsels von der graphischen zur algebraischen Darstellung betrachtet wird. So zieht ein Experte für komplexere Vektorfelder einen größeren Bereich des Vektorfelddiagramms zur Problemlösung heran als für ein Vektorfeld mit geringerer Aufgabenkomplexität. Diese Ergebnisse suggerieren, dass es bei Vektorfeldern geringer Komplexität genügt, einen kleinen Vektorfeldausschnitt zu betrachten, um die korrekte Formelbeschreibung auswählen zu können. Je komplexer ein Vektorfeld jedoch ist, desto mehr Relevanz kommt der Integration der Veränderung von Vektoren und Vektorkomponenten in den Problemlöseprozess zu, die nur möglich ist, wenn auch umliegende Vektoren und somit ein größerer Diagrammausschnitt betrachtet werden. Für Vektorfelder hoher Komplexität scheint insbesondere die Betrachtung extremer Werte und somit das Einbeziehen weiterer Quadranten förderlich für die Problemlösung. Außerdem zeigt die Analyse der Aufmerksamkeitsverteilung eine grundsätzliche Orientierung an den (positiven) Koordinatenachsen für Vektorfelder mit variablen Komponenten. Basierend auf diesen Ergebnissen werden in einem nächsten Schritt studentische Beschreibungen und Begründungen analysiert, um einen Zusammenhang zwischen Blickdaten und kognitiven Strategien beim Repräsentationswechsel herzustellen.

Literatur

Chandler, P. & Sweller, J. (1991). Cognitive load theory and the format of instruction. Cognition and Instruction, 8 (4), 293-332

De Cock, M. (2012). Representation use and strategy choice in physics problem solving. Physical Review Special Topics - Physics Education Research, 8 (2)

Even, R. (1998). Factors involved in linking representations of functions. Journal of Mathematical Behavior, 17 (1), 105-121

Kuckartz, U. (2018). Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung. Weinheim, Basel: Beltz Juventa

Mayer, R.E. (2005). Cognitive theory of multimedia learning. In R.E. Mayer (Eds.), The cambridge handbook of multimedia learning. Cambridge: University Press, 31–48

Rakoczi, G. (2012). Eye Tracking in Forschung und Lehre. Möglichkeiten und Grenzen eines vielversprechenden Erkenntnismittels. In G. Csanyi, F. Reichl, & A. Steiner (Eds.), Digitale Medien - Werkzeuge für exzellente Forschung und Lehre. Münster, New York: Waxmann, 87-98

Schnotz, W. & Bannert, M. (2003). Construction and interference in learning from multiple representation. Learning and Instruction, 13 (2), 141-156

Sweller, J. (2010). Element interactivity and intrinsic, extraneous, and germane cognitive load. Educational Psychology Review, 22 (2), 123-138

Sweller, J., Ayres, P., & Kalyuga, S. (2011). Cognitive Load Theory. New York: Springer Science & Business Media

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

Volker Woest[1]
Philipp Engelmann[1]
Theresa Jünger[1]
Marcel Simon[1]
Christoph Bley[1]

[1]Friedrich-Schiller-Universität Jena

Konzepte zur Fach-Fachdidaktik-Vernetzung in der LehrerInnenbildung

Die Diskussion um eine Verschränkung von fachwissenschaftlicher Forschung mit curricularer Innovation ist seit einigen Jahren verstärkt in dem Mittelpunkt vieler fachdidaktischer Arbeitsfelder gerückt. Ziel ist hierbei nicht die bloße Strukturierung von Fachinhalten für den Schulunterricht, sondern ebenso der Einbezug fachwissenschaftlicher Entwicklungen in die fachbezogene und fachdidaktische Ausbildung von Lehramtsstudierenden. Die Chemiedidaktik der Friedrich-Schiller-Universität Jena hat hierzu in den letzten Jahren zahlreiche Konzepte entwickelt und erprobt, die mit diesem Beitrag vorgestellt werden.

Professionalisierung der Jenaer Lehrerbildung

Im Rahmen der ersten Projektförderphase der *Qualitätsoffensive Lehrerbildung* (QLB) wurden an der Friedrich-Schiller-Universität Jena Lernangebote für fächerübergreifenden Naturwissenschaftsunterricht erstellt, die durch ein universitäres Seminarkonzept sowie eine Fortbildungsstruktur Lehrkräfte dazu befähigen soll, integrierte Fächer fachlich fundiert und fachdidaktisch kompetent zu unterrichten (Woest et al., 2020). Im Zuge der zweiten Förderphase (Laufzeit 2019 – 2023) wird eine Lehr-Lern-Werkstatt (*Learning-to-Teach Lab: Science*, LTL:S) eingerichtet, die im Sinne eines kohärenten phaseninternen (Fachdidaktiken, Fachwissenschaften und Erziehungswissenschaften) sowie phasenübergreifenden (Aus-, Fort- und Weiterbildung) Lernansatzes die Ergebnisse der ersten Phase zusammenführt und weiterentwickelt. Damit sollen nicht nur die drei Fachdomänen Chemie, Biologie und Physik miteinander verknüpft werden, vielmehr erfolgt die Entwicklung curricularer Designs zu modernen Naturwissenschaftsthemen für und durch die 1. und 3. Phase der Lehrkräftebildung (siehe Engelmann & Woest, i. d. Bd.), wobei insbesondere Lernprozesse von Studierenden, SchülerInnen und Lehrkräften im Fokus stehen (siehe Jünger & Woest, i. d. Bd.).

In Anknüpfung an Projekte zu frühzeitigen Praxiserfahrungen von Studierenden (z. B. *Pro-Qualität Lehre*; Hoffmann, 2017) wurde zudem ein Lehr-Lern-Labor eingerichtet, das Studierende aktiv im 1. Fachsemester beim Perspektivwechsel *vom Schüler zur Lehrkraft* begleitet. Aktuell wird diese Struktur in die LTL:S überführt und dabei insbesondere die Wahrnehmung der Studierenden auf ein solches Veranstaltungsformat untersucht (siehe Simon & Woest, i. d. Bd.). Weiterhin werden in der dritten Phase der QLB mit dem Projekt *Digitale Lerngemeinschaften zur kohärenten Lernbegleitung im Jenaer Modell der Lehrerbildung* (DiLe) Modulbausteine entwickelt, die der Qualifizierung von begleitenden Lehrkräften (Mentoren) im Praxissemester dienen (siehe Engelmann & Woest, i. d. Bd.). Beide Projekte fokussieren damit verstärkt die Theorie-Praxis-Anbindung in der Lehrerbildung. Darüber hinaus werden mit dem Projekt DiLe insbesondere digitale Lernanlässe diskutiert. In der Chemiedidaktik Jena werden diese um eine hochschuldidaktische Perspektive erweitert, indem der Einsatz von Lernvideos in chemischen Fachseminaren analysiert wird (siehe Bley & Woest, i. d. Bd.).

Lehr-Lern-Werkstatt Learning-to-Teach Lab: Science (LTL:S)
Die LTL:S bildet einen phasen– und disziplinübergreifenden Lernraum, bei dem alle Akteure der LehrerInnenbildung zusammenarbeiten. In der Gestaltung setzt es zwei wesentliche Leitlinien:

Kohärente LehrerInnenbildung: Das durch die Fachdidaktik getragene Projekt bindet fachwissenschaftliche mit erziehungswissenschaftlichen Erkenntnissen in einen stärkeren gemeinsamen Kontext ein. Durch die Verknüpfung von 1. und 3. Phase der LehrerInnenbildung werden zudem Theorie– und Praxisphasen sinnstiftend miteinander verschränkt.

Moderne Naturwissenschaften: Naturwissenschaftlicher Unterricht im Sinne einer gesellschaftlichen Teilhabe muss aktuelle Alltags– und Umweltaspekte thematisieren. Aus diesem Grund sollen über gängige Schulcurricula hinaus neue Inhalte aus Forschungsinstituten diskutiert, fachdidaktisch rekonstruiert sowie in schulischen Settings analysiert werden.



***Abb. 1**: Struktur der Lehr-Lern-Werkstatt LTL:S*

Sowohl in der Schulpädagogik als auch in der Chemiedidaktik werden inneruniversitäre Lernorte etabliert, in denen Lehrinhalte der naturwissenschaftlichen Fächer, Fachdidaktiken und Erziehungswissenschaft wissenschaftlich erprobt und handlungsleitend reflektiert werden (Abb. 1). In der Diskussion fachdidaktischer Forschung positioniert sich das Projekt durch einen deutlichen Bezug zur Fachwissenschaft. Dennoch werden sowohl die entwickelten Unterrichtsmaterialien als auch die Interaktionen zwischen den Beteiligten lernpsychologisch untersucht und durch erziehungswissenschaftliche Dimensionen ergänzt. Damit dient die LTL:S in Form eines Lehr-Lern-Labors als Erfahrungsraum, in dem neue curriculare Entwicklungen erprobt werden. Unter Berücksichtigung der Aktivitäten von Studierenden, Schülern sowie auch Lehrkräften in der LTL:S können die entwickelten Aus- und Weiterbildungsangebote so um eine „Tiefenstruktur“ (Reusser & Fraefel, 2017) erweitert und ergänzt werden, um auch die jeweiligen Lernprozesse zu analysieren.

Weiterhin setzt die LTL:S im Rahmen curricularer Innovation den Fokus auf die Verknüpfung der naturwissenschaftlichen Disziplinen, um so kohärente Lernangebote für SchülerInnen zu entwickeln, wie es die fachdidaktische Forschung (Graube, Mammes, & Tuncsoy, 2013; Rehm et al., 2008) diskutiert und wie es die aktuellen bundesweiten Lehrpläne zu Integriertem Naturwissenschaftsunterricht (vgl. Busch & Woest 2016) fordern. In dieser Hinsicht zielt das Projekt darauf ab, die Fachwissenschaften der Chemie, Physik und Biologie in die Aus- und Weiterbildung von Lehrkräften verstärkt einzubeziehen. Auf diese Weise werden moderne Naturwissenschaftsinhalte Teil der Lehramtsausbildung und folgend in den Schulunterricht übersetzt.

Tandemveranstaltungen
Im Rahmen der LTL:S werden verstärkt Veranstaltungsformate für die Aus- und Fortbildung entwickelt, die sich durch eine intensive Zusammenarbeit mit den Fachinstituten kennzeichnen. Themen mit Forschungsbezug oder Gesellschaftsrelevanz werden so fachlich qualifiziert dargestellt und fachdidaktisch mit Blick auf die Unterrichtspraxis strukturiert. Die Materialien und experimentellen Designs sollen den Lehrkräften und Studierenden Impulse und Einblicke geben, die über die in der Schule vermittelte Chemie hinausgehen.

Gemeinsam mit dem Institut für Technische und Umweltchemie (ITUC) wurden Fragen der aktuellen Forschung zu *Kohlenstoff– und Kohlenstoffnanomaterialien* inhaltlich erschlossen und für die Aus- und Fortbildung didaktisch rekonstruiert (Engelmann & Woest, 2020). In Zusammenarbeit mit dem Institut für Organische und Makromolekulare Chemie (IOMC) wurde das Stoffgebiet der Amphetamine fachwissenschaftlich erschlossen und fachdidaktisch aufbereitet (Jünger & Woest, 2020). In Zusammenarbeit mit dem IOMC wurde weiterhin das Thema *Selbstheilende Materialien* mit Studierenden rekonstruiert. In weiteren Kooperationen werden bzw. wurden Felder wie *Modifizierte Polysaccharide*, *Spektroskopie*, *Geschichte der Chemie in Jena*, *Entstehung des Lebens in einer Eisen-Schwefel-Welt* sowie *Bioplastik und Recycling* bearbeitet.

Digitale Lehr-Lern-Plattform
Insbesondere zur Implementierung der diskutierten curricularen und didaktischen Innovationen sind neben phaseninternen Kooperationen auch phasenübergreifende Ansätze zwischen Universität und Schule notwendig. Mit dem Projekt DiLe werden professionelle Lerngemeinschaften aus Lehrkräften, FachdidaktikerInnen und BildungswissenschaftlerInnen gebildet, die Lehrkräfte im Rahmen von Fortbildungen und Weiterqualifizierungen in die gebildeten Strukturen zur Professionalisierung der Jenaer Lehrerbildung integriert. Hierbei wird insbesondere der Fokus auf Digitalisierung sowohl in der universitären wie schulischen Lehre gelegt.

In diesem Rahmen werden auch konzeptionelle Arbeiten zur Förderung Digitalen Lernens bearbeitet. Neben der Förderung individuellen Lernens durch digitale Medien mit visuellen Ergänzungen (z. B. QR-Codes) oder differenzierten Aufgaben werden Hilfen zur Erstellung eigener Lernvideos für komplexe naturwissenschaftliche Mechanismen entwickelt. Hier sind insbesondere die „Stop and go“-Videos zu nennen, die eine attraktive digitale Ergänzung im Lernprozess darstellen. Ziel ist es, die Motivation und Kreativität der Lernenden durch den Einbau dieser Visualisierungsmöglichkeit zu fördern. Weiterhin werden Low-Cost-Zugänge zu modernen Themen entwickelt. Mithilfe von Webcams, unter dem Einsatz des Smartphones oder durch Raspberry Pi Systeme lässt sich beispielsweise ein UV/VIS-Spektrometer einfach und kostengünstig selbst bauen. Die Messergebnisse können dann entweder am PC mithilfe von Open-Source-Software oder direkt auf dem Smartphone quantitativ ausgewertet werden.

Letztlich werden die in diesem Beitrag diskutierten Konzeptionen sowohl für die Ausbildung von Studierenden als auch für die Fortbildung von Lehrkräften in Form einer digitalen Lehr-Lern-Plattform verstetigt.

Literatur

Bley, C. & Woest, V. (i. d. Bd.). Konstruktion & Rezeption von Lernvideos.

Busch, M., & Woest, V. (2016). Fächerübergreifender naturwissenschaftlicher Unterricht. Empirische Befunde zu Potential und Grenzen aus Lehrerperspektive. MNU, 69, 269-277.

Engelmann, P. & Woest, V. (2020): Kohlenstoff- und Kohlenstoffnanomaterialien – Naturwissenschaften an der Schnittstelle zwischen Physik und Chemie. CHEMKON, 27 (4), 179-184.

Engelmann, P. & Woest, V. (i. d. Bd.). Phaseninterne Kooperation zur Entwicklung von Lehr-Lern-Einheiten.

Graube, G., Mammes, I., & Tuncsoy, M. (2013). Natur und Technik in der gymnasialen Orientierungsstufe. Zur Notwendigkeit eines interdisziplinären Ansatzes. MNU, 66, 176-177.

Hoffmann, M. (2017). SchülerInnen und Studierende lernen gemeinsam mehr?!: Praxis von Anfang an; Chemieunterricht differenzierend gestaltet durch Chemielehramtsstudierende der ersten Semester. Dissertation, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Jena.

Jünger, T., & Woest, V. (2020). Komplexe organische Stoffklassen im naturwissenschaftlichen Unterricht. In S. Habig (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Wien 2019, Universität Duisburg-Essen, 166-169.

Jünger, T. & Woest, V. (i. d. Bd.). Von der Beobachtung zur Erkenntnis: Erfahrungen aus einem Schulprojekt.

Rehm, M., Bünder, W., Haas, T., Buck, P., Labudde, P., Brovelli, D., Østergaard, E., Rittersbacher, C., Wilhelm, M., & Genseberger, R. (2008). Legitimationen und Fundamente eines integrierten Unterrichtsfachs Science. ZfDN, 14, 99-124.

Reusser, K., & Fraefel, U. (2017). Die Berufspraktischen Studien neu denken: Gestaltungsformen und Tiefenstrukturen. In U. Fraefel & A. Seel (Hrsg.), Konzeptionelle Perspektiven Schulpraktischer Studien. Münster: Waxmann, 11-40.

Simon, M. & Woest, V. (i. d. Bd.). Lehr-Lern-Labore als Orte der Professionalisierung in der Ausbildung von Chemielehrkräften.

Woest, V., Engelmann, P., Hoffmann, C., Jünger, T., & Simon, M. (2020). Disziplinübergreifende Lehrerbildung zwischen Fach und Fachdidaktik. In S. Habig (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Wien 2019, Universität Duisburg-Essen, 158-161.

Theresa Jünger[1]
Volker Woest[1]

[1]Friedrich-Schiller-Universität Jena

Von der Beobachtung zur Erkenntnis: Erfahrungen aus einem Schulprojekt

Ausgehend von der in Wien 2019 präsentierten curricularen Konstruktionsarbeit zur Thematik „Drogen im Chemieunterricht - Die Stoffklasse der Amphetamine“ (Jünger & Woest, 2020) liegt der Fokus dieses Beitrags auf der empirischen Begleituntersuchung der Interventionsstudie, die mit Schülerinnen und Schülern der Klassenstufe 10 und 11 Thüringer Kooperationsschulen im September und Oktober 2020 als Laborstudie durchgeführt wurde.

Neben der Optimierung des Materials durch Rückmeldungen im universitären Kontext sowie im Rahmen von Lehrerfortbildungen konnte im Dezember 2019 eine Pilotierungsstudie realisiert werden. Gemeinsam mit einer Staatlichen Gemeinschaftsschule aus Jena wurde das entwickelte Lernset erstmals mit Schülerinnen und Schülern der Klassenstufe 10 (N = 32) durchgeführt. Eine erste Rückmeldung über das Programm ließ insbesondere methodische Abänderungen für die Hauptuntersuchung zu. Durch Item- und Skalenanalysen wurden Pre- und Post-Fragebögen und die offenen Antwortformate überarbeitet. Mittels Triangulation der Untersuchungsinstrumente rückten von den ursprünglich elf Stationen acht Pflicht- und zwei Zusatzstationen in den Fokus der Hauptuntersuchung, die infolge der positiven Akzeptanz binnendifferenziert und wiederum curricular überarbeitet wurden.

Für die Planung der Laborstudie konnte sich v. a. an der wissenschaftlichen Arbeit von von Aufschnaiter (2014) orientiert werden, die prozessbezogenen Kompetenzen einen erheblichen Stellenwert beimisst. Für die Ausgestaltung des Projekttages wurde sich an Programmen schulischer Sucht- und Drogenprävention orientiert, die neben der Vermittlung fachlicher Inhalte Aspekte der Gesundheitserziehung in den Vordergrund stellen (Freitag & Kähnert, 1998; Freitag, 1999; Niebaum, 2001).

Fragestellungen und Ziele des Forschungsvorhabens

Infolge des explorativen Forschungsvorgehens ergaben sich während des Verlaufs neue Fragestellungen, die mit entsprechenden Messinstrumenten untersucht werden sollen. So sollen Vorwissensstrukturen der Schülerinnen und Schüler hinsichtlich der Thematik Drogen im Pretest ermittelt werden. Kurzfristige Programmeffekte über den inhaltlichen Lernzuwachs werden im offenen Antwortformat im Posttest erfragt. Das individuelle Interesse bezüglich der Thematik und die Akzeptanz des gesamten Programms sollen zudem mittels geschlossener Items Aussagen über Effektstärken durch Pre-Post-Vergleiche gewährleisten. Auf welche Art und Weise die Probanden die Stationen bearbeiten und welche prozessbezogenen Kompetenzen beobachtet werden können, soll in Form eines Beobachtungsprotokolls dokumentiert werden.

Die wissenschaftliche Beobachtung der Intervention

Auf Grundlage der offenen Beobachtungen in der Pilotierung wurde ein strukturiertes Beobachtungsprotokoll konstruiert. In den Fokus rückten dabei Beobachtungsschwerpunkte für die Bearbeitung der Stationen in kollaborativen Arbeitsformen. Für die gestalterische und inhaltliche Konstruktion des Messinstruments wurden u. a. wissenschaftliche Arbeiten aus den Bereichen Chemiedidaktik, Pädagogik, Psychologie und Unterrichtsforschung herangezogen (Grümer, 1974; Bonnet, 2004; KMK 2005; Stäudel, Franke-Braun & Parchmann, 2008; Knobloch, Sumfleth & Walpuski, 2011; Vorholzer, Hägele & Aufschnaiter, 2016; Helmke et al., 2018).

Trainingsschritte der Beobachterschulung

Um zuverlässige Daten und objektive Beurteilungen zu generieren, wurde eine adäquate Beobachterschulung ausgestaltet (Abb. 1).

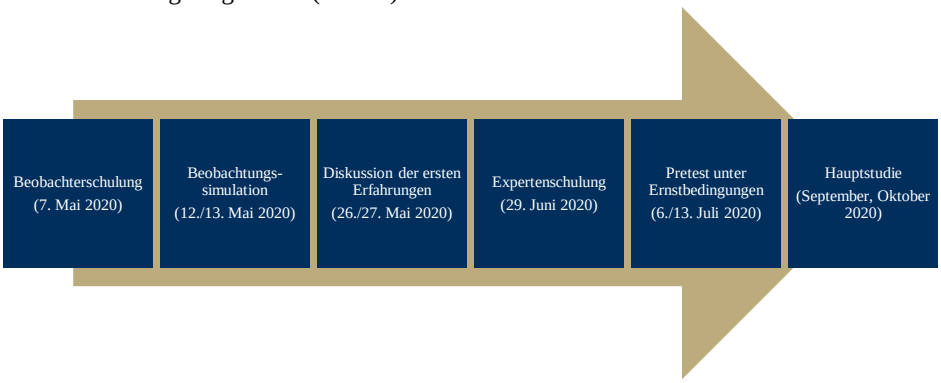


Abb. 1: Abfolge der Trainingsschritte der Beobachterschulung.

Als Ziel der Beobachterschulung galt es, den Beobachterinnen und Beobachtern das entwickelte Messinstrument mit dazugehörigem Rating-Manual zu erläutern. Neben organisatorischen Aspekten wurden theoretische Aspekte der wissenschaftlichen Beobachtung, Konstruktionskriterien zur Erstellung des Beobachtungsprotokolls, die Absicht der Studie und ein Ausblick über die Datenauswertung dargelegt. Um sich mit der Methode der wissenschaftlichen Beobachtung vertraut zu machen, ein Gefühl für die Sensibilität relevanter Verhaltensweisen zu erlangen und sich der Herausforderungen der Methode bewusst zu werden, wurde eine Video-Simulation geplant, die die Beobachterübereinstimmung des Messinstruments ermittelt (Friedrichs & Lüdtke, 1977; Schnell, Hill & Esser, 2018). Zur Überprüfung, wurden mehrere Simulationsvideos durch zwei unabhängige Rater doppelt kodiert. Als Maß für die Beobachterübereinstimmung wurde Cohens Kappa (κ) gewählt. Es ergaben sich sehr gute Werte für die Interrater-Reliabilität, sodass das Instrument für die bevorstehende Hauptstudie verwendet werden kann.

Das Beobachtungsprotokoll der Hauptuntersuchung

Für die Dokumentation der Intervention werden die vier Hauptkategorien Arbeitsverhalten, Kommunikation, Kooperation/Sozialverhalten und der Umgang mit den Lernmaterialien festgelegt (Abb. 2).

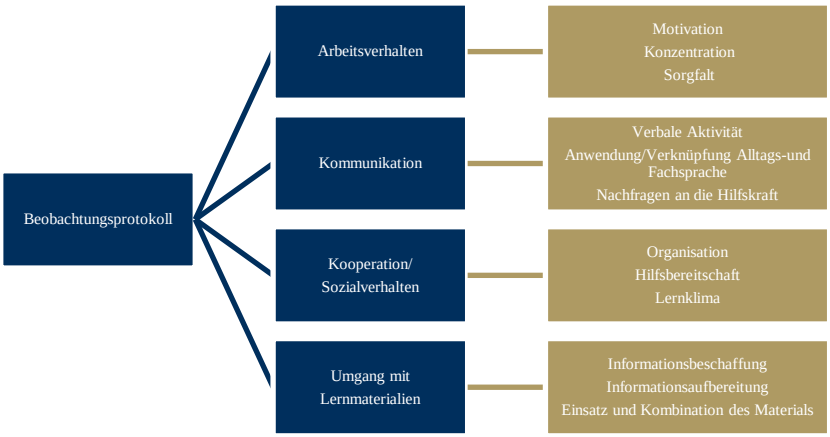


Abb. 2: Haupt- und Unterkategorien des Beobachtungsprotokolls.

Jede Hauptkategorie ist in jeweils drei Beobachtungsschwerpunkte bzw. in vorab festgelegte Beobachtungsmerkmale aufgeschlüsselt, die durch vier Bewertungsmaßstäbe beurteilt werden. Ergänzend ist eine Spalte mit Anmerkungen und ein Feld für besondere Auffälligkeiten vorgesehen. Einhergehend wurde ein Rating-Manual mit Merkmalsbeschreibungen und Skalenausprägungen erstellt. Durch ein geschultes Beobachterteam wurde die Codierung mithilfe des Messinstruments stations- und gruppenweise während der Intervention ermöglicht. Die Beobachterinnen und Beobachter nehmen dabei die Rolle des reinen Beobachters ein, ohne dabei in Interaktion mit dem Forschungsfeld zu treten. Um eine Laborstudie mit kontinuierlichen Rahmenbedingungen zu gewährleisten, agiert jeder Beobachter als Experte einer ihm zugewiesenen Station für die gesamte Phase der Hauptuntersuchung (Langer & Schulz von Thun, 1974; Pauli, 2014).

Durch die Beobachtung der Intervention soll ein mehrdimensionaler Eindruck der Bearbeitungsweise der Bausteine des Lernsets in kooperativen Lernformen gewonnen werden, prozessbezogene Kompetenzen untersucht und Aussagen über das Potential des Lernarrangements abgeleitet werden.

Zwischenbilanz und Ausblick

Insgesamt konnten sechs Termine mit fünf verschiedenen Thüringer Kooperationsschulen realisiert und Daten von 112 Schülerinnen und Schülern generiert werden. In den kommenden Monaten werden die Pre- und Post-Fragebögen sowie die Beobachtungsdaten ausgewertet und analysiert. Ob sich die Materialien auch bei der umfangreicheren Stichprobengröße bewähren, inwiefern sich Lernprozesse abzeichnen und ob die Ausgestaltung des Projekttages und somit die Durchführung der Intervention positiv beurteilt wird, werden die Ergebnisse zeigen.

Gleichzeitig besteht weiterhin die Aufgabe, die relevante Thematik im Rahmen von Lehrerfortbildungen zu implementieren und an Lehrkräfte heranzutragen. Indem Lehrkräfte als Multiplikatorinnen und Multiplikatoren agieren, kann als langfristiges Ziel die Einbindung der Materialien in den Chemieunterricht oder in Projektwochen angestrebt werden und einen ergänzenden Beitrag zu bestehenden Initiativen schulischer Drogenprävention leisten.

Literatur

Aufschnaiter, C. von (2014). Laborstudien zur Untersuchung von Lernprozessen. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung. Berlin: Springer Spektrum, 81-94

Bonnet, A. (2004). Chemie im bilingualen Unterricht. Kompetenzerwerb durch Interaktion. Opladen: Leske und Budrich

Freitag, M., & Kähnert, H. (1998). Suchtprävention. Das Ecstasy-Projekt. Mülheim an der Ruhr: Verlag an der Ruhr

Freitag, M. (1999). Suchtprävention am Beispiel von Ecstasy und Partydrogen. In M. Freitag & K. Hurrelmann (Hrsg.), Illegale Alltagsdrogen. Cannabis, Ecstasy, Speed und LSD im Jugendalter. Weinheim: Juventa, 81-117

Friedrichs, J., & Lüdtke, H. (1977). Teilnehmende Beobachtung. Einführung in die sozialwissenschaftliche Feldforschung (Beltz-Monographien Soziologie, Bd. 11, 3. Aufl.). Weinheim [u.a.]: Beltz

Grümer, K.-W. (1974). Techniken der Datensammlung 2 Beobachtung (Studienskripten zur Soziologie, Bd. 32). Wiesbaden: Vieweg + Teubner

Helmke, A., Helmke, T., Lenske, G., Pham, G., Praetorius, A.-K., Schrader, F.-W., & Ade-Thurow, M. (Stand: 10.10.2018). Unterrichtsdiagnostik mit EMU. Evidenzbasierte Methoden der Unterrichtsdiagnostik. Version 7.0., online abrufbar unter http://www.unterrichtsdiagnostik.info/

Jünger, T., & Woest, V. (2020), Komplexe organische Stoffklassen im naturwissenschaftlichen Unterricht. In S. Habig (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen (Bd. 40). Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Wien 2019. Universität Duisburg-Essen, 166-169

Knobloch, R., Sumfleth, E., & Walpuski, M. (2011). Analyse der Schüler-Schüler-Kommunikation im Chemieunterricht. Entwicklung und Erprobung eines Kategoriensystems. CHEMKON, 18 (2), 65-70

Langer, I., & Schulz von Thun, F. (1974). Messung komplexer Merkmale in Psychologie und Pädagogik. Ratingverfahren (Erziehung und Psychologie, Bd. 68). München: Reinhardt

Niebaum, I. (2001). Leitlinien einer schulischen Suchtprävention. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren

Pauli, C. (2014). Ratingverfahren. journal für lehrerInnenbildung, 14 (1), 56-59

Schnell, R., Hill, P., & Esser, E. (2018). Methoden der empirischen Sozialforschung (11., überarbeitete Auflage). Berlin: De Gruyter Oldenbourg

Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (KMK) (2005). Beschlüsse der Kultusministerkonferenz. Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss. Beschluss vom 16.12.2004. München: Luchterhand

Stäudel, L., Franke-Braun, G., & Parchmann, I. (2008). Sprache, Kommunikation und Wissenserwerb im Chemieunterricht. Naturwissenschaften im Unterricht Chemie, 19 (106/107), 4-9

Vorholzer, A., Hägele, J.J., & Aufschnaiter, C. von (2016). Entwicklung prozessbezogener Kompetenzen - eine videogestützte Analyse. In C. Maurer (Hrsg.), Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis (Bd. 37). Gesellschaft für Didaktik und Chemie und Physik. Jahrestagung in Zürich 2016. Universität Regensburg, 288-291

Marcel Simon[1]
Volker Woest[1]

[1]Friedrich-Schiller-Universität Jena

Lehr-Lern-Labore als Orte der Professionalisierung in der Ausbildung von Chemielehrkräften

Ausgehend von dem auf der GDCP-Jahrestagung 2019 in Wien präsentierten Übergang vom Klassischen Schülerlabor der Chemiedidaktik Jena zum Lehr-Lern-Labor, mit dem zugehörigen Lehrveranstaltungskonzept (SIMON & WOEST, 2020), richtet sich das Augenmerk dieses Beitrags auf die im Anschluss durchgeführte Pilotierungsstudie im Wintersemester 2019/-20.

Theorie-Praxis-Verzahnung im Lehr-Lern-Labor

Universitäre Lehrkräfteausbildung mit Praxiselementen – eine Verzahnung, die sowohl konzeptionell als auch in Bezug des aktuellen fachdidaktischen Forschungsinteresses immer stärker in den Fokus der Aufmerksamkeit rückt. In diesem Zusammenhang spielen Lehr-Lern-Labore[1], speziell in der Ausbildung von angehenden MINT-Lehrkräften, eine zunehmend wichtige Rolle (Vgl. PRIEMER & ROTH, 2020).

Damit einhergehend hat sich in jüngster Zeit eine Vielzahl unterschiedlicher LLL-Konzepte in der deutschen Hochschullandschaft etabliert (BRÜNING, KÄPNICK & WEUSMANN, 2020). Trotz der Verschiedenheit dieser Ansätze, z.B. hinsichtlich adressierter Zielgruppe oder Schwerpunktsetzung in der Kompetenzförderung, versteht man unter LLL nach aktuellem Stand „[…] *eine spezielle Organisationsform der Lehramtsausbildung, in der Lern- bzw. Förderaktivitäten von Schülerinnen und Schülern und die berufsbezogene Qualifizierung von Lehramtsstudierenden sinnvoll miteinander verknüpft werden*." (ebd.) Im Zuge dessen stehen im Kontext solcher LLL-Ansätze primär drei partizipierende Parteien in unmittelbarer Beziehung zueinander (siehe Abb.1).



Abb.1: Partizipierende in einem Lehr-Lern-Labor, deren Beziehungen zueinander sowie die sich ergebenden Benefits[2]

In Anknüpfung an vorhergehende Projekte zu frühzeitigen Praxiserfahrungen von Lehramtsstudierenden (z. B. *ProQualität Lehre*; HOFFMANN, 2017) wurde auch das seit 2003 bestehende Schülerlabor Chemie in Jena stärker in die Ausbildung von Chemielehramtsstudierenden integriert. Aktuell wird das entwickelte LLL-Konzept stärker mit der entstehenden Lehr-Lern-Werkstatt *Learning-to-Teach Lab: Science* (LTL:S) der zweiten Projektförderphase der Qualitätsoffensive Lehrerbildung (QLB) an der Friedrich-Schiller-Universität Jena vernetzt. In einem einsemestrigen Modul erhalten Chemielehramtsstudierende bereits im ersten Fachsemester die Möglichkeit, einen ersten Perspektivenwechsel von der Rolle des Schülers/der Schülerin zur Lehrkraft zu erfahren. Im Mittelpunkt steht hierbei die reflektierte Auseinandersetzung mit Überzeugungen und motivationalen Orientierungen, welche eine wichtige Komponente der Professionalität von Lehrkräften darstellt (Vgl. BAUMERT & KUNTER, 2006).

[1] Im Folgenden mit „LLL" abgekürzt.

Zielstellungen und Forschungsinteresse

Derzeit werden im Rahmen der fachdidaktischen LLL-Forschung sieben Zielkonstrukte differenziert und untersucht (PRIEMER & ROTH, 2020). Die Kernfragen der wissenschaftlichen Begleitforschung adressieren im Kontext des Jenaer LLL-Konzepts einerseits die Wahrnehmung des Veranstaltungsformats durch die Studierenden sowie andererseits mögliche Veränderungen von Überzeugungen und Selbstwirksamkeitserwartungen:

1. *Wie nehmen Studierende das LLL-Veranstaltungsformat in Bezug auf praktische Erfahrungen und das Verständnis von Theorie wahr?*
2. *Welche Bedeutsamkeit messen die Studierenden dieser Theorie-Praxis-Verzahnung in Bezug auf ihr späteres Berufsleben als Chemielehrkraft bei?*
3. *Inwieweit können Erfahrungen im LLL eine Bestätigung oder Korrektur des Berufswunsches bereits zu Beginn des eingeschlagenen Berufsweges ermöglichen?*
4. *Führen unterrichtsähnliche Erfahrungen im LLL dazu, dass die Überzeugungen zur Eignung zum Lehrerberuf und die Selbsteinschätzung der eigenen Kompetenzen verändert werden?*

Ergebnisse der Pilotierung

Bereits aus ersten Erfahrungen mit dem Lehrveranstaltungskonzept aus den Wintersemestern 2017/-18 und 2018/-19 wurde deutlich, dass die Studierenden sowohl das Format als auch die frühe Theorie-Praxis-Verzahnung als insgesamt gewinnbringend bewerteten (Vgl. SIMON & WOEST, 2020). Außerdem konnten Kategorien von Berufswahlmotiven (basierend auf HOFFMANN & WOEST, 2017), eine Berufswunschbestärkung sowie ein bereits einsetzender Perspektivenwechsel identifiziert werden. In der sich im Wintersemester 2019/-20 anschließenden Pilotierung kam eine Fragebogenerhebung im Pre-Post-Design mit einer fünfstufigen LIKERT-Skala (1 = *stimmt nicht* bis 5 = *stimmt ganz*) sowie eine qualitative Analyse der von den Studierenden angefertigten Portfolios zum Einsatz. Mit Blick auf die *Wahrnehmung des LLL-Veranstaltungsformats* weisen die gewonnenen Daten im Allgemeinen darauf hin, dass die Studierenden die praktischen Erfahrungen im ersten Fachsemester positiv bewerten. Auch wird die grundlegende Konzeption des LLL seitens der Studierenden als sinnvoll erachtet. Weiterhin lässt sich erkennen, dass auch konkrete Veranstaltungsbausteine, so beispielsweise das Arbeiten in Gruppen oder die vorhergehende Betreuung durch die Dozierenden (Seminare, Konsultationen) eine hohe Zustimmung erfahren (siehe Abb. 2). Daraus ergibt sich, dass das Veranstaltungskonzept für die geplante Hauptstudie weitestgehend beibehalten werden kann.

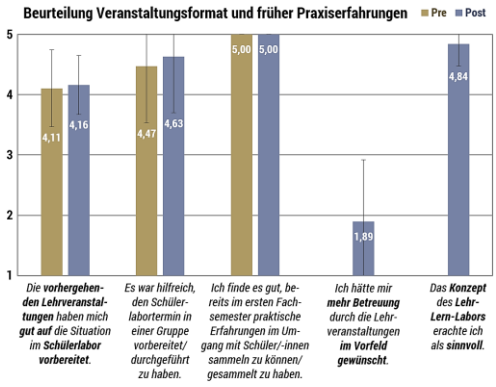


Abb.2:
Ausgewählte Items der Pre-Post-Befragung zur Beurteilung/Wahrnehmung des Veranstaltungsformats (N = 19)

Ein wesentliches Element des Perspektivenwechsels vom Schüler/von der Schülerin zur Lehrkraft, besonders im Kontext der hier adressierten Zielgruppe von Erstsemesterstudierenden, stellt die reflexive Auseinandersetzung mit der *Berufswahlmotivation* dar. Die Pilotierungsergebnisse weisen in diesem Bereich zunächst darauf hin, dass sich die Studierenden mit einer hohen Motivation für das Studium des Chemielehramtes entschieden haben. Diese bleibt auch nach der Interaktion mit den Schüler/-innen im LLL weitestgehend konstant. Außerdem ist ersichtlich, dass die praktische Erfahrung eher dazu führt, dass der Berufswunsch der Studierenden bestärkt wird als dass Zweifel an diesem aufgeworfen werden. Daraus kann geschlussfolgert werden, dass eine erste Erfahrung im LLL einen Einfluss auf die Berufswahlentscheidung zu Studienbeginn ermöglicht, und dieser eher im Sinne einer Berufswahlbestätigung als -korrektur einzustufen ist.

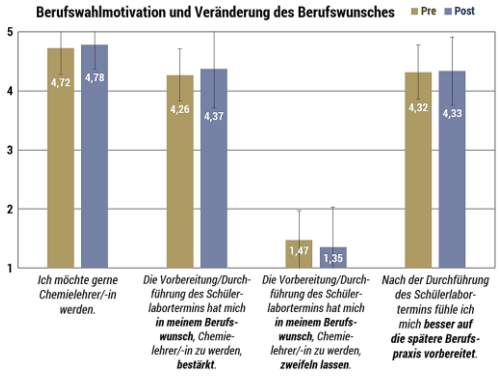


Abb.3:
Ausgewählte Items der Pre-Post-Befragung zur Berufswahlmotivation und Berufswunschveränderung (N = 19)

Abschließend waren die Studierenden dazu angehalten, einerseits die Qualität der von ihnen vorbereiteten und durchgeführten LLL-Einheit sowie andererseits ihre eigenen Kompetenzen zu beurteilen. Im Bereich dieser *Überzeugungen* bzw. *Selbstwirksamkeitserwartungen*, zeigte sich, dass zwar Effekte bei den Studierenden hinsichtlich der Wirksamkeit der von ihnen geplanten und durchgeführten Einheit sowie ihrer eigenen Kompetenzen erkennen lassen. Dies zeigt sich bei einzelnen Kriterien, wie beispielsweise bzgl. der zeitlichen Einschätzung oder der Bewertung der eigenen fachlichen Kompetenzen. Insgesamt kann darin eine erste reflexive Auseinandersetzung mit der Wirksamkeit der Sequenz und den eigenen Fähigkeiten interpretiert werden. Die Effekte sind allerdings im Kontext einer einmaligen Interaktion im LLL und im Hinblick auf den Zeitpunkt im Studienverlauf (erstes Fachsemester) als gering einzuschätzen. Grundsätzlich weisen die hohen Standardabweichungen bei vielen Items darauf hin, dass die Bewertung der untersuchten Kriterien durch die Studierenden auf individueller Ebene deutlich zu differieren scheinen.

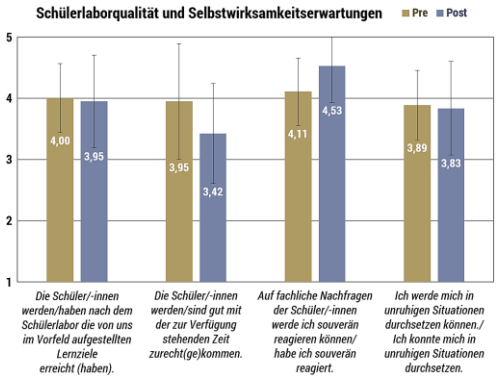


Abb.4:
Ausgewählte Items der Pre-Post-Befragung zur Selbsteinschätzung des Termins und eigener Kompetenzen (N = 19)

Fazit & Ausblick

Zusammenfassend kann dokumentiert werden, dass das LLL-Format von den Studierenden positiv wahrgenommen wird, zu einer Bestärkung des Berufswunsches beiträgt, erste reflexive Auseinandersetzungen anregt und somit einen Perspektivenwechsel vom Schüler/von der Schülerin zur Lehrkraft initiiert. Darauf gestützt, sollen die ermittelten Tendenzen in den Wintersemestern 2020/-21 und 2021/-22 in Hauptstudien wissenschaftlich abgesichert werden.

Literatur

BAUMERT, J. & KUNTER, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. In: Zeitschrift für Erziehungswissenschaften, 9(4), S. 469 – 520.

BRÜNING, A.-K. (2017). Lehr-Lern-Labore in der Lehramtsausbildung – Definition, Profilbildung und Effekte für Studierende. In KORTENKAMP, U. & KUZLE, A. (Hrsg.): Beiträge zum Mathematikunterricht 2017, Münster; WTM, S. 1377 – 1378.

BRÜNING, A.-K. (2018). Das Lehr-Lern-Labor „Mathe für kleine Asse" – Untersuchungen zu Effekten der Teilnahme auf die professionellen Kompetenzen der Studierenden. Dissertation, Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Münster.

DAHL, T. (2019). Prepared to Teach for Sustainable Development? Student Teacher's Beliefs in Their Ability to Teach for Sustainable Development. In: Sustainability 11 (7), S. 1993. DOI: 10.3390/su11071993.

DOHRMANN, R. (2014). 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). In: FISCHLER, H., NIEDDERER, H. & SUMFLETH, E. (Hrsg.): Studien zum Physik- und Chemielernen, 278.

DOHRMANN, R. & NORDMEIER, V. (2018). Professionalität im Lehr-Lern-Labor anbahnen – Ergebnisse zu verschiedenen Facetten von Reflexion und Selbstwirksamkeitserwartungen. In: PhyDiD B – Didaktik der Physik – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung 2018, S. 73 – 80. Online abrufbar unter: http://www.phydid.de/index.php/phydid-b/article/view/907 (Letzter Aufruf: Donnerstag, 29.10.2020, 12:58 Uhr)

FABER, A., FANDRICH, J., SCHULZ, J., SEIDLER, C., SKIEBE-CORRETTE, P., VORST, S. (2014). Kategorisierung der Schülerlabore: Das Lehr-Lern-Labor. In: LeLa-magazin: Neues aus dem Bundesverband, Ausgabe 08/2014, S. 4 f.

HOFFMANN, M. (2017). SchülerInnen und Studierende lernen gemeinsam mehr?! – Praxis von Anfang an. Chemieunterricht differenzierend gestaltet durch Chemielehramtsstudierende der ersten Semester. Dissertation, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Jena.

HOY, A. W., HOY, W. K. & TSCHANNEN-MORAN, M. (1998). Teacher Efficacy: It's Meaning and Measure. In: Review of Educational Research 68 (2), S. 202 – 248. https://doi.org/10.3102/00346543068002202

MÖLLER, J. & WILD, E. (2015). Pädagogische Psychologie. Springer-Verlag Berlin-Heidelberg; zweite vollständig überarbeitete und aktualisierte Auflage, S. 263 – 274.

LEUCHTER, M. & ZUCKER, V. (2018). Lehr-Lern-Labore als Orte der fachdidaktischen MINT-Lehramtsausbildung. Förderung von Kompetenzen Lehramtsstudierender hinsichtlich des Diagnostizierens und Rückmeldens. In: Mathematisch-Naturwissenschaftlicher Unterricht (MNU) (06), S. 364 – 369.

PRIEMER, B. & ROTH, J. (2020). Lehr-Lern-Labore. Konzepte und deren Wirksamkeit in der MINT-Lehrpersonenbildung. Springer-Verlag Berlin-Heidelberg.

SIMON, M. & WOEST, V. (2020). Die Ausbildung professioneller Handlungskompetenzen von Chemielehramtsstudierenden im Lehr-Lern-Labor. In: HABIG, S. (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Wien 2019, Universität Duisburg-Essen, S. 170 – 173. Online abrufbar unter: https://www.gdcp-ev.de/wp-content/tagungsbaende/GDCP_Band40.pdf (Letzter Aufruf: Donnerstag, 29.10.2020, 13:13 Uhr)

WOEST, V., ENGELMANN, P., HOFFMANN, C., JÜNGER, T., & SIMON, M. (2020). Disziplinübergreifende Lehrerbildung zwischen Fach und Fachdidaktik. In: HABIG, S. (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Wien 2019, Universität Duisburg-Essen, S. 158 – 161. Online abrufbar unter: https://www.gdcp-ev.de/wp-content/tagungsbaende/GDCP_Band40.pdf (Letzter Aufruf: Donnerstag, 29.10.2020, 13:13 Uhr)

WOEST, V., BLEY, C., ENGELMANN, P., JÜNGER, T. & SIMON, M. (i. d. Bd.). Konzepte zur Fach-Fachdidaktik-Vernetzung in der LehrerInnenbildung.

Philipp Engelmann[1]
Volker Woest[1]

[1]Friedrich-Schiller-Universität Jena

Phaseninterne Kooperation zur Entwicklung von Lehr-Lern-Einheiten

Die Forderung nach einer stärkeren Vernetzung in der Lehrkräftebildung sowohl phasenintern wie phasenübergreifend ist seit einigen Jahren in den Mittelpunkt fachdidaktischer Diskussionen gerückt. Seit 2015 haben sich im Rahmen der Qualitätsoffensive Lehrerbildung (QLB) deutschlandweit zahlreiche Projektinitiativen gegründet, in denen durch eine stärkere Kohärenz in der Lehrkräftebildung ein Beitrag zur Förderung der Lehrkräfteprofessionalisierung geleistet wird. An der Friedrich-Schiller-Universität Jena wird sowohl innerhalb der zweiten als auch dritten Förderphase eine verstärkte Zusammenarbeit aus Fachdidaktik, Fachwissenschaft und Erziehungswissenschaft implementiert. In diesem Beitrag werden zwei Beispiele einer solchen phaseninternen Kooperation vorgestellt.

Beispiel 1: Theorie-Praxis-Verzahnung durch digitale Lernumgebungen
Im Projekt *Digitale Lernumgebungen zur kohärenten Lernbegleitung im Jenaer Modell der Lehrerbildung* (DiLe) wird eine verstärkte Zusammenarbeit aus Lehrkräften mit den Bildungswissenschaften und Fachdidaktiken der Universität durch digitale Lernformate fokussiert. AnsprechpartnerInnen sind hierbei insbesondere die begleitenden Lehrpersonen im Praxissemester. Diesen kommt im Praxissemester als Lernbegleiter eine besondere Bedeutung für den Professionalisierungsprozess der Studierenden zu.

Aus diesem Grund werden Lerneinheiten konstruiert, die den fachdidaktischen und bildungswissenschaftlichen Wissensstand der Studierenden im Praxissemester widerspiegeln. So können die MentorInnen weiter qualifiziert, Studierende professioneller betreut und letztlich im Sinne einer kohärenten Lehrkräftebildung die Theorie-Praxis-Anbindung gestärkt werden. Die Verschränkung aus Theorie und Praxis hat in Jena dabei eine lange Tradition mit früheren Projekten wie *ProQualität Lehre* zur frühzeitigen Praxiserfahrung von Studierenden (Hoffmann, 2017) oder *Ausbildung der Ausbilder* (Zastrow, Kleinespel & Lütgert, 2018).



Abb. 1: Entwicklungsprozess zur Erstellung der digitalen Lernumgebung (links) und Struktur der Lernumgebung mit den ausgewählten fachdidaktischen Schwerpunkten (rechts).

Im Projekt DiLe wurde im Sommersemester 2020 im Rahmen einer chemiedidaktischen Lehrveranstaltung eine digitale Lehr-Lern-Plattform entwickelt (Abb. 1). Insgesamt konnten so sieben Einheiten gemeinsam mit Studierenden entwickelt werden, die sich in Basis- und Wahlpflichtmodule aufteilen. Jedes Modul besteht aus einer kreativen Hinführung (Filme,

Bildergalerien, Comics etc.), einem Screencast als Erarbeitung sowie einer offenen Festigungs- und Vertiefungsphase. Insgesamt beträgt die Bearbeitungszeit eines Moduls ca. 45 bis 60 min. So werden beim Thema Schülervorstellungen nach einem Einstiegsvideo zu einer typischen Unterrichtssituation die Grundlagen und Diagnosestrategien vorgestellt. In der Festigung liegt ein Pool weiterführender Literatur und Wahlaufgaben vor, die sowohl Reflexionen des eigenen Unterrichtshandelns anregen als auch spezielle Methoden wie Diagnosebögen oder Concept Maps in den Mittelpunkt rücken (Barke & Yitbarek, 2009).

Im September 2020 hat die Erprobungsphase der erstellten Lerneinheiten mit kooperierenden Pilotschulen begonnen. Neben der Chemiedidaktik sind hierbei ebenfalls die Fachdidaktiken Deutsch und Sozialkunde vertreten. In einem Zyklus aus Erprobung, Evaluation und Überarbeitung wird die Lernumgebung anschließend weiterentwickelt. Darüber hinaus wird diese Strategie um eine Fach-Fachdidaktik-Komponente erweitert (Beispiel 2).

Beispiel 2: Fach-Fachdidaktik-Verknüpfung am Beispiel „Selbstheilende Materialien“
Im Projekt *Professionalisierung von Anfang an im Jenaer Modell der Lehrerbildung* (PROFJL²) wurde im Sommersemester 2020 im Rahmen einer Kooperation aus Fachdidaktik und Fachwissenschaft (IOMC) ein aktuelles Forschungsthema erschlossen: *selbstheilende Materialien* (Döhler et. al, 2016). Ziel war es, im Sinne einer didaktischen Strukturierung grundlegende Sinneinheiten zu diesem Thema herauszuarbeiten und diese unter Berücksichtigung von Fachsprache, Basiskonzepten, Modellen etc. dem Schulalltag zugänglich zu machen. Im Folgenden werden ausgewählte Ergebnisse dieser Zusammenarbeit präsentiert.

1. Selbstheilende Folien auf Polyurethan-Basis
Selbstheilende Folien werden seit einigen Jahren als Lackschutz für Automobile oder Beschichtung für Handydisplays vertrieben. Ihre selbstheilende Funktion beruht auf einem Netzwerk aus starken kovalenten Bindungen und schwächeren Wasserstoffbrücken (Döhler et al., 2016). In einfachen Experimenten kann die Selbstheilung solcher Folien in einem alltagsorientierten Kontext untersucht und als motivierender Einstieg in das Thema verwendet werden.

2. Modellexperiment eines selbstheilenden Asphalts
Selbstheilender Asphalt beruht auf einem Verbund aus Bitumen und Stahlwolle. Mittels induktiver Erwärmung können so feine Risse im Asphalt durch geschmolzenes Bitumen geheilt werden (Liu et. al, 2014). In einem Modellexperiment wird eine Mischung aus Kerzenwachs und Graphitflocken verwendet. In einem elektromagnetischen Wechselfeld (Mikrowelle) beginnt die Mischung zu schmelzen, so dass Risse geheilt werden. Als Vergleich kann gezeigt werden, dass reines Wachs in der Mikrowelle nicht schmilzt.



Abb. 2: Modellexperiment zum selbstheilenden Asphalt nach Beschädigung (links), nach 10 s in der Mikrowelle (mittig) und nach Aushärten (rechts).

3. Modellexperiment zur Selbstheilung von Muschelhafthaaren

Die Hafthaare der kalifornischen Miesmuschel zeigen in Spannungs-Dehnungs-Versuchen einen Selbstheilungsmechanismus, der auf Proteine mit β-Faltblattstruktur sowie koordinative Bindungen zwischen Zink-Ionen und Histidin-reichen Proteinen zurückzuführen ist (Zechel et al, 2019). Bei einer Dehnung über den elastischen Bereich hinaus kommt es bei der Streckgrenze zum Aufbruch der koordinativen Bindungen. Durch die wirkende Kraft werden die Faltblattstrukturen schlagartig entfaltet. Bei erneuter Dehnung ist die Kurve deutlich abgeflacht, da nun nur noch die Faltblattstrukturen zum Elastizitätsmodul beitragen. Nach einiger Zeit jedoch werden die koordinativen Bindungen wieder ausgebildet. Dieser Prozess wurde in einem Modellexperiment nachgestellt, in dem verdrehte Gummibänder die Faltblattstrukturen und weitere Gummibänder mit Magneten die Proteine mit koordinativer Bindung darstellen.

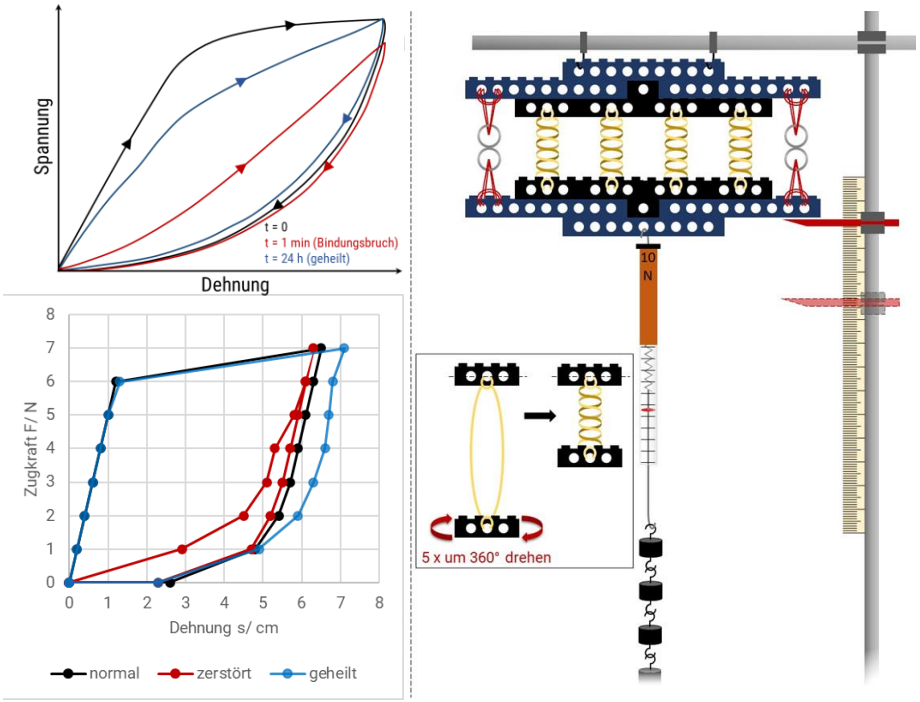


Abb. 3: Modellexperiment zur Selbstheilung der Hafthaare der kalifornischen Miesmuschel. Oben links: Idealtypisches Spannungs-Dehnungs-Diagramm nach drei Zyklen (nach Reinecke et al., 2016), rechts: Skizze des erstellten Modellexperiments, unten links: Zugkraft-Dehnungs-Diagramm für das Modellexperiment nach drei Zyklen.

Ausblick

Langfristig soll kooperativ mit den Lehrkräften in der Tradition professioneller Lerngemeinschaften (Bonsen & Rolff, 2006) und teilweise fächerübergreifend die Frage bearbeitet werden, welche inhaltlichen Weiterentwicklungen in den einzelnen Fächern aufgrund der zunehmenden Digitalisierung anstehen. Gleichzeitig wird hierdurch eine Struktur aufgebaut, die für die Dissemination curricularer Innovation nutzbar gemacht werden soll. Durch die Zusammenführung beider Strategien sollen digitale Lerngemeinschaften gebildet werden, die sowohl fachdidaktische und pädagogische Innovationen in den Schulalltag übersetzen als auch Unterrichtszugänge für neue Erkenntnisse der fachwissenschaftlichen Forschung erarbeiten.

Literatur

Barke, H.-D., & Yitbarek, S. (2009). Concept Cartoons - Hilfen zur Diagnose und Korrektur von Schülervorstellungen. MNU, 62 (6), 364-368

Bonsen, M., & Rolff, H.-G. (2006). Professionelle Lerngemeinschaften von Lehrerinnen und Lehrern. Zeitschrift für Pädagogik, 52 (2), 167-184

Döhler, D., Michael, P., Neumann, S., & Binder, W.H. (2016). Selbstheilende Polymere. Biomimetische Materialien, Chemie in unserer Zeit, 50, 90-101

Hoffmann, M. (2017). SchülerInnen und Studierende lernen gemeinsam mehr?!: Praxis von Anfang an; Chemieunterricht differenzierend gestaltet durch Chemielehramtsstudierende der ersten Semester. Dissertation, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Jena

Liu, Q., Yu, W., Schlangen, E., & van Bochove, G. (2014). Unravelling porous asphalt concrete with induction heating. Construction and Building Materials, 71, 152-157

Reinecke, A., Bertinetti, L., Fratzl, P., & Harrington, M.J. (2016). Cooperative behavior of a sacrificial bond network and elastic framework in providing self-healing capacity in mussel byssal threads. Journal of Structural Biology, 196 (3), 329-339

Zastrow, M., Kleinespel K., & Lütgert, W. (2018). Ko-Konstruktion, Unterrichtsdiagnostik und Beratung. Ein phasenübergreifendes Curriculum-Projekt in der Lehrkräftebildung. In I. Winkler, A. Gröschner & M. May (Hrsg.), Lehrerbildung in einer Welt der Vielfalt. Befunde und Perspektiven eines Entwicklungsprojekts, Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 29-43

Zechel, S., Hager, M.D., Priemel, T., & Harrington, M.J. (2019). Healing through Histidine: Bioinspired Pathways to Self-Healing Polymers via Imidazole-Metal Coordination. Biomimetics, 4 (1)

Christoph Bley[1]
Volker Woest[1]

[1]Friedrich-Schiller-Universität Jena

Konstruktion & Rezeption von Lernvideos

Die Chemie als Wissenschaft über Aufbau, Eigenschaften und Umwandlung von Stoffen ist wie keine andere Wissenschaft auf adäquate Formen der Visualisierungen angewiesen. Da insbesondere Prozesse der Stoffumwandlung oft nur unzureichend von statischen Repräsentationen abgebildet werden können, rücken dynamische multimediale Repräsentationen als „Lernvideos“ zunehmend in den Fokus der fachdidaktischen Forschung.

Ausgangslage

Hochschuldidaktische Untersuchungen zeigen, dass speziell die organische Chemie von vielen Studierenden als anspruchsvolle Teildisziplin des Chemiestudiums empfunden wird. Ursache dafür ist neben dem häufigen Wechsel der Repräsentationsebenen auch die ausladende und informationsreiche Symbolsprache des Fachs (O' Dwyer & Childs, 2017). Insbesondere komplexe Reaktionsmechanismen stellen eine Herausforderung für Studierende dar, da viele kognitive Ressourcen für die Deutung dieser Symbolsprache aufgewendet werden müssen. Infolgedessen fokussieren sie bei der Bearbeitung von Mechanismen verstärkt auf Oberflächenmerkmale wie funktionelle Gruppen, ohne dabei die zugrunde liegenden strukturellen Eigenschaften der Moleküle zu erkennen (Graulich & Bhattacharyya, 2017). Allerdings liefern gerade diese entscheidende Anhaltspunkte für den Verlauf chemischer Reaktionen, sodass Studierende durch Überbewertung der Oberflächenmerkmale oft fehlerhafte mechanistische Vorhersagen treffen. Die hohe Auslastung des kognitiven Systems hat außerdem zur Folge, dass weniger Ressourcen für die Konstruktion und Modifikation mentaler Modelle zur Verfügung stehen, wodurch die Lernleistung und die Performanz beeinträchtigt werden (Cranford et al., 2014). Ausgehend von einem kognitionspsychologischen Ansatz soll im Folgenden erläutert werden, wie und warum Studierende durch den Einsatz dynamischer Multimedien beim Lernen mit komplexen Reaktionsmechanismen kognitiv entlastet werden können. Als Multimedien gelten dabei solche Medien, die die Eigenschaften Multikodalität sowie Multimodalität vereinen (Weidenmann, 1997). Durch die Kombination von gesprochener Sprache und bewegtem Bild können „Lernvideos“ folglich als dynamische Multimedien bezeichnet werden.

Theoretischer Hintergrund

Die Cognitive Theory of Multimedia Learning nach Mayer (2014) liefert ein empirisch abgesichertes Modell für das Lernen in multimedialen Lernumgebungen. (Abb. 1) Die Theorie postuliert die Zweiteilung des kognitiven Systems in Langzeitgedächtnis und Arbeitsgedächtnis, wobei das Arbeitsgedächtnis den Kern des Modells bildet. Es gilt in seiner Kapazität als stark begrenzt und stellt somit den limitierenden Faktor im Lernprozess dar. Eine Überlastung des Arbeitsgedächtnisses hat den sog. *Cognitive Overload* zur Folge, welcher mit einer unmittelbaren Beendigung des Lernprozesses einhergeht. In der Konsequenz zielen daher alle abzuleitenden Gestaltungsprinzipien für multimediale Lernumgebungen auf eine Reduktion der kognitiven Belastung im Arbeitsgedächtnis ab.
Weiterhin geht die Theorie von einer Teilung des Arbeitsgedächtnisses in zwei autonom arbeitende Subsysteme aus. Beide Kanäle verarbeiten Informationen entsprechend ihrer

Modalität bzw. Kodalität, sodass vereinfachend von einem Sprach- sowie einem Bildkanal innerhalb des kognitiven System ausgegangen werden kann (Mayer, 2014). Durch den Gebrauch ausladender Symbolsprache überbeanspruchen viele Lehrformate der organischen Chemie den bildhaften Teil des Arbeitsgedächtnisses und lassen dabei wertvolle Ressourcen des Sprachkanals ungenutzt.

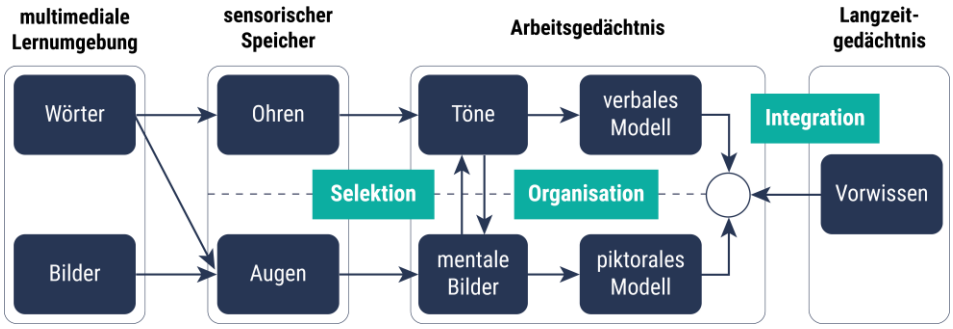


Abb. 1: Informationsverarbeitung nach der Cognitive Theory of Multimedia Learning (Mayer, 2014)

Durch den Einsatz von Multimedien können beide Kanäle gleichermaßen beansprucht werden. Die so eingesparten kognitiven Ressourcen stehen den Studierenden dann für die Konstruktion und Manipulation ihrer mentalen Modelle zur Verfügung, was einen positiven Einfluss auf Lernleistung und Performanz erwarten lässt. Durch die gleichmäßige Nutzung beider Kanäle werden außerdem zwei gleichberechtigte Modelle konstruiert. Dies hat den Vorteil, dass Informationsaustausch zwischen beiden Subsystemen erfolgen kann und somit bei der Integration auf elaboriertere Modelle zurückgegriffen werden kann. (Abb. 1)

Darüber hinaus können Studierende durch Supplantation bei der Arbeit mit komplexen Reaktionsmechanismen entlastet werden (Salomon, 1972). Da Reaktionsmechanismen als statische Repräsentation nicht in der Lage sind, die Dynamik von Stoffwechselprozessen abzubilden, sind Studierende gezwungen, eben jene durch kognitive Modellierungsprozesse nachzuempfinden (Al-Balushi & Al-Hajri, 2014). Insbesondere bei komplexen mechanistischen Operationen müssen dafür viele kognitive Ressourcen aufgebracht werden. Multimedien bieten die Möglichkeit, diese Dynamik abzubilden und somit anspruchsvolle Modellierungsprozesse beispielsweise in Form von intramolekularen Umlagerungen in die Lernumgebung auszulagern. Die auf diese Weise eingesparten Kapazitäten können wiederum für den Aufbau elaborierter mentaler Modelle eingesetzt werden.

Vorarbeiten

Im Rahmen einer Examensarbeit der Friedrich-Schiller-Universität Jena wurde untersucht, inwieweit der oben skizzierte Ansatz für die Erstellung von Lernvideos im Fach Chemie genutzt werden kann. Auf Basis der Cognitive Theory of Multimedia Learning (Mayer, 2014) wurden 6 Gestaltungsprinzipien herausgearbeitet, die der kriteriengeleiteten Konstruktion einer Lernvideoreihe dienten. Als Lerninhalt wurde dabei die elektrophile aromatische Substitution ($S_{E,Ar}$) gewählt, da der zu Grunde liegende Mechanismus hoher Visualisierung bedarf und wegen der mesomeriestabilisierten σ–Komplexe in besonderer Weise von einer dynamisch

multimedialen Aufarbeitung profitiert (Vorwerk et al., 2015). In Kooperation mit dem Institut für Organische und Makromolekulare Chemie der Universität Jena entstand dabei eine digitale Lerneinheit, die zur Aus- und Weiterbildung von Chemielehrkräften genutzt werden kann.

Zur Evaluation der Lernvideoreihe wurden Lehramtsstudierende des 8. und 10. Semesters befragt. (N = 28) Dazu diente ein Fragebogen, der mit einer ordinal skalierten, vierstufigen Lickert- Skala erfragte, ob die Befragten die einzelnen Gestaltungsprinzipien als umgesetzt oder nicht umgesetzt ansahen. Zur fragebogeninternen Validitätskontrolle wurden die Resultate inhaltsgleicher, aber umgekehrt gepolter Fragen verglichen. Dieser Fragebogen lieferte ein konsistent positives Stimmungsbild und konnte zeigen, dass (1) Lehramtsstudierende die Lernvideoreihe ohne Kenntnis des Modells und dessen Gestaltungskriterien als positiv bewerten und dass (2) Lehramtsstudierende die erarbeiteten Gestaltungskriterien als umgesetzt ansahen. Daraus kann geschlossen werden, dass die Cognitive Theory of Multimedia Learning (Mayer, 2014) einen geeigneten kognitionspsychologischen Ansatz zur Erstellung von Lernvideos im Fach Chemie darstellt.

Ausblick

Im Rahmen eines Promotionsvorhabens wird nun untersucht, ob und inwieweit die zu erwartenden Unterschiede beim Lernen mit dynamischen multimedialen und statisch monomedialen Repräsentationen empirisch sichtbar gemacht werden können. Als Lerninhalt wird auch hier ein mechanistisch anspruchsvoller Lerninhalt der höheren organischen Chemie dienen, der ebenso wie die elektrophile aromatische Substitution einer ausgeprägten Visualisierung bedarf (Vorwerk et al., 2015). Geplant ist dabei eine Stärkung der Kooperation zu Fachinstituten der Universität, was einen Wechsel von der Schul– zur Hochschuldidaktik impliziert. Dabei dient der Fragebogen der Vorarbeit als Ausgangspunkt für die Erstellung von Messinstrumenten für die weiterführende Arbeit.

In einem Kontrollgruppendesign soll untersucht werden, ob sich Behaltensleistung und Transferleistung beider Gruppen unterscheiden. Dazu wird außerdem der Vorwissensstand erhoben, um zu untersuchen, ob vorwissensschwache oder vorwissensstarke Studierende von der dynamisch multimedialen Aufbereitung des Mechanismus profitieren. Ein weiteres Forschungsdesiderat stellt der Einfluss des räumlichen Vorstellungsvermögens auf die o.g. Konstrukte dar. Fraglich ist, ob unter den o.g. Bedingungen Lernende mit geringem räumlichen Vorstellungsvermögen (ability-as-compensator Hypothese) oder Lernende mit hohem räumlichen Vorstellungsvermögen (ability-as-enhancer Hypothese) stärker vom Lernen mit dynamischen Multimedien profitieren (Huk, 2006). Um dieser Frage nachzugehen, wird außerdem das räumliche Vorstellungsvermögen erfasst.

Literatur

Al-Balushi, S. M. & Al-Hajri, S. H. (2014). Associating animations with concrete models to enhance students' comprehension of different visual representations in organic chemistry. *Chem. Educ. Res. Pract.*, *15*(1), 47–58. https://doi.org/10.1039/C3RP00074E

Cranford, K. N., Tiettmeyer, J. M., Chuprinko, B. C., Jordan, S. & Grove, N. P. (2014). Measuring Load on Working Memory: The Use of Heart Rate as a Means of Measuring Chemistry Students' Cognitive Load. *Journal of Chemical Education*, *91*(5), 641–647. https://doi.org/10.1021/ed400576n

Graulich, N. & Bhattacharyya, G. (2017). Investigating students' similarity judgments in organic chemistry. *Chem. Educ. Res. Pract.*, *18*(4), 774–784. https://doi.org/10.1039/C7RP00055C

Huk, T. (2006). Who benefits from learning with 3D models? the case of spatial ability. *Journal of Computer Assisted Learning*, *22*(6), 392–404. https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2006.00180.x

Mayer, R. E. (Hg.). (2014). *Cambridge handbooks in psychology*. *The Cambridge handbook of multimedia learning*. Cambridge University Press.

O' Dwyer, A. & Childs, P. E. (2017). Who says Organic Chemistry is Difficult? Exploring Perspectives and Perceptions. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, *13*(7). https://doi.org/10.12973/eurasia.2017.00748a

Salomon, G. (1972). Can we affect cognitive skills through visual media? An hypothesis and initial findings. *AV communication review*, *20*(4), 401–422. https://doi.org/10.1007/BF02768450

Vorwerk, N., Schmitt, C. & Schween, M. (2015). Elektrophile Substitutionsreaktionen an Aromaten verstehen - σ-Komplexe als (experimentelle) Schlüsselstrukturen. *CHEMKON*, *22*(2), 59–68. https://doi.org/10.1002/ckon.201410237

Cornelia Borchert[1]
Dagmar Hilfert-Rüppell[1]
Gesa Uhde[1]

[1]Technische Universität Braunschweig

Professionalisierung in der MINT-Lehrerbildung vernetzt gestalten

Anliegen und Ziele

Professionalisierung von (angehenden) Lehrkräften umfasst Fachwissen sowie fachdidaktisches und pädagogisch-psychologisches Wissen und Können (Baumert & Kunter, 2011) und ist ein zentrales Anliegen der Qualitätsoffensive Lehrerbildung (QLB; Frister, 2018). Die Gestaltung vernetzter Vermittlung dieser Kompetenzen ist ein aktuelles Forschungsdesiderat, dessen Relevanz bereits in der ersten Förderphase der QLB an mehreren Universitätsstandorten herausgearbeitet wurde (Glowinski, Borowski, Gillen, Schanze & von Meien, 2018). Wie aber universitäre Lerngelegenheiten didaktisch-methodisch konkret ausgestaltet werden müssen, um zum Kompetenzaufbau von Studierenden beitragen zu können, auch gerade unter den aktuellen Herausforderungen der COVID-19-Pandemie, einschließlich der Nutzung digitaler oder virtueller Tools, bedarf weiterer Klärung. Daher werden an der TU Braunschweig in der QLB II und III disziplinübergreifend vielfältige Lehr-Lerngelegenheiten geschaffen, die auf vernetzte Förderung der oben genannten Dimensionen des Professionswissen zielen. Im Format der Design-Based Research (Prediger, 2019) werden Lernumgebungen für die universitäre Lehre gestaltet und gleichzeitig Lerntheorien im konkreten Kontext geprüft und unter Dokumentation grundlegender Implementierungsmerkmale weiterentwickelt. Im Symposium wurden die im Folgenden beschriebenen, speziell auf die naturwissenschaftlichen Lehramtsfächer abgestimmten, Projekte vorgestellt und diskutiert.

Überblick über die Einzelbeiträge

Ein Kooperationsprojekt der Fachdidaktik der Naturwissenschaften fokussiert gemeinsam mit der Pädagogischen Psychologie fachspezifische Anforderungen sowie die Förderung der professionellen Wahrnehmung von Master-Lehramtsstudierenden der naturwissenschaftlichen Fächer hinsichtlich des (fachspezifischen) Classroom Managements (CM). Das Teilprojekt *Diagonal-NaWi Classroom* widmet sich anknüpfend an die Expertise aus dem Teilprojekt *Diagonal-MINT* (QLB I) (Hilfert-Rüppell, Eghtessad & Höner, 2018) der Entwicklung diagnostischer Fähigkeiten hinsichtlich des naturwissenschaftsspezifischen CM von Studierenden im Master-Lehramtsstudium der Fächer Biologie, Chemie und Physik. In diesem fachübergreifenden Lehr- und Forschungskonzept werden dazu neue Lehr- und Lernmethoden unter Einbeziehung von videografierten Unterrichtsvignetten entwickelt und erprobt sowie das naturwissenschaftsspezifische CM von (angehenden) Lehrkräften erforscht (vgl. Beitrag Denecke, Hilfert-Rüppell & Höner).

Im Teilprojekt *KoBB CMenT* werden Trainingselemente zum fachspezifischen Classroom-Management für Masterstudierende entwickelt, um sie adäquat während der fünfmonatigen Praxisphase zu begleiten. Dazu wurden zunächst anhand von Fokusgruppeninterviews mit Lehramtsstudierenden (N=13) und Expert*innen-Interviews (N=7) mit schulischen und universitären Mentor*innen Bedarfe und Bedürfnisse bezüglich

naturwissenschaftsspezifischem CM in der Praxisphase erhoben. Darauf aufbauend werden in einem zweiten Schritt kognitiv-behaviorale Trainingselemente unter Einbeziehung fachspezifischer Erfordernisse für Masterstudierende konzipiert, welche sowohl Online- als auch Präsenzformate inkludieren und ab 2021 pilotiert werden (vgl. Beitrag Uhde, Thies & Brück).

Ein weiteres Kooperationsprojekt mit der Germanistik, *Diagonal-NaWi Sprache*, nimmt die Fachsprache im Unterricht in den Blick und untersucht dabei die Frage, welche sprachlichen Faktoren einen Einfluss auf das Lernen physikalischer Inhalte und das fachliche Verständnis von Schülerinnen und Schülern im Allgemeinen haben. In einem interdisziplinären Kooperationsseminar der Physikdidaktik und der Deutschdidaktik erhalten Studierende beider Fächer zunächst eine Einführung in das Register der Bildungssprache, in Modelle der Textverständlichkeit und des sprachsensiblen Unterrichts. Sie lernen sodann gemeinsam Sachtexte und Aufgabenstellungen adressatengerecht zu formulieren und erstellen eigene Materialien für den sprachsensiblen Fachunterricht (vgl. Beitrag Schenk, Langlotz & Müller).

Einen Zugang zu aktueller fachwissenschaftlicher Forschung auch im Lehramtsstudium zu ermöglichen ist Aufgabe von *ProSciencE*$^{+}$, einem Kooperationsprojekt der Chemie- und Physikdidaktik. Angestrebt wird ein Dreischritt, in dem Studierende zunächst aktuelle (fremde) Forschung im Sinne von „Science in the Making“ (Latour, 1987, S. 4) erleben, dann selbst fachwissenschaftlich forschen und schließlich lernen, nicht nur „Ready Made Science“ (ebd.), sondern auch aktuelle Forschung zu vermitteln. Übergeordnetes Ziel ist es, darüber hinaus die Identifikation der Studierenden mit dem eigenen Fach zu fördern und sie zu Botschafterinnen und Botschaftern naturwissenschaftlicher Forschung und Wissenschaftlichkeit zu machen. Einblicke in den Wissenschaftsbetrieb gewähren Hospitationen bei natur- und ingenieurwissenschaftlich forschenden Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern der TU Braunschweig, aber auch die eigene Forschungstätigkeit der Studierenden in einem simulierten Antrags- und Begutachtungsverfahren (vgl. Beitrag Borchert, Nimz, Sonntag & Bodensiek). Dabei werden auch Aspekte von *nature of science* (NOS; Höttecke, 2008; Mayer, 2007) mit den Studierenden aufgearbeitet. Mit Fragebögen und Interviews wird erhoben, welches (Natur-) Wissenschaftsverständnis die Studierenden zeigen und wie sich dieses durch explizite Vermittlung von NOS-Inhalten im Vergleich zu impliziter Vermittlung verändert (vgl. Beitrag Nimz, Borchert & Höner). Die Erhebung und Vermittlung von Kompetenzen in Modellierung und Simulation aktueller Themen runden die selbstständige Forschungstätigkeit der Studierenden ab (vgl. Beitrag Sonntag & Bodensiek). Die Vernetzung von Fach- und Fachdidaktik im Teilprojekt *ProSciencE*$^{+}$ spannt den Bogen zur Vermittlung aktueller Forschungsthemen unter besonderer Berücksichtigung der Digitalisierung in Schule und Schülerlabor: im dritten Schritt erstellen die Studierenden Lernmaterialien zur digital gestützten Vermittlung aktueller Forschungsthemen.

In der QLB III werden im Projekt *DiBS – Digitalisierung in Braunschweig* im Fach Chemie Erklärvideos zu Kompetenzen der Erkenntnisgewinnung in den Dimensionen „*practical work*“ und „*scientific inquiry*“ (Mayer, 2007, S. 177) auf ihre Wirksamkeit überprüft. Sie dienen der Vorbereitung auf offene Experimentierphasen (Bruckermeier & Schlüter, 2017) in einem weiterentwickelten Lehr-Lern-Konzept im organisch-chemischen Praktikum für Lehramtsstudierenden des 3. Semesters. Neben Paper-Pencil-Tests und der Erhebung von Selbsteinschätzungen zu wesentlichen Schritten im experimentellen Erkenntnisprozess dient

die Videografie von Experimentierphasen unter Einbezug der Methode des gleichzeitigen Lauten Denkens (*concurrent think aloud*, vgl. Van den Haak, De Jong & Schellens, 2003) als Datengrundlage zur Verknüpfung von Handlungsabläufen mit kognitiven Prozessen (vgl. Beitrag Bicak, Borchert & Höner).

Neben der Förderung in der ersten, universitären Phase der Lehrerbildung liegt ein weiterer Schwerpunkt des Teilprojekts *Diagonal-Nawi* und mithin eine zusätzliche Vernetzungslinie in der Beforschung der Kompetenzentwicklung der „ehemaligen" Studierenden aus der ersten Förderphase der QLB I, die sich nun in der zweiten Phase der Lehrerbildung, d.h. im Anwärterdienst, befinden (vgl. Beitrag Hilfert-Rüppell & Höner). Es wird untersucht, inwiefern der Transfer der in universitären Lehrveranstaltungen angebahnten Fähigkeiten hinsichtlich der unterrichtlichen Diagnose und der analytisch-kritischen Reflexion in die eigene Unterrichtspraxis gelingt, da diese Fähigkeiten wichtige Professionalisierungselemente in der Lehrerbildung sind (Rutsch Vogel, Seidenfuß, Dörfler, & Rehm, 2018). Neben der Methoden-Triangulation durch die Videografie des Unterrichts mit sich anschließendem „klassischen" Reflexionsgespräch und einem Interview kommt in dieser Untersuchung auch die Perspektiven-Triangulation durch den Vergleich der Selbstauskünfte der Anwärterinnen und Anwärter mit den Einschätzungen durch die sie ausbildende Fachseminarleitungen zum Tragen.

Fazit und Ausblick

Die vorgestellten Projekte befinden sich derzeit in der Phase der Datenaufnahme. Im Sinne des Design-Based Research werden iterativ mehrere Zyklen durchlaufen und die Studierenden kontinuierlich in Lehr-Lern-Formate zum Professionalisierungsprozess einbezogen. Da die Förderung wichtiger Schlüsselkompetenzen von Studierenden, aber auch deren Fachwissen, fachdidaktisches und pädagogisch-psychologisches Wissen und Können nur über die Sicherung der Qualität der Ausbildung gelingt (Lange, 2012), werden sich bewährende Ansätze systematisch langfristig in die Lehramtsausbildung in der TU Braunschweig integriert. Eine große Herausforderung liegt in den Lehramtsstudierenden selbst, sich als Forschungsprobandinnen und -probanden zu verstehen, die zur Optimierung der Lehrerbildung beitragen. Die mehrfache Perspektive auf die beschriebenen Maßnahmen ist jedoch als Chance zu sehen, erlaubt sie doch die Evaluierung und Erhebung der Entwicklung der professionellen Kompetenz sowie Wirksamkeit der universitären Maßnahmen bis hin zur Verknüpfung der beiden Phasen der Lehrerbildung. Dabei ist auch die kritische, verantwortungsvolle Auseinandersetzung mit digitalen Technologien auf beiden Seiten - den angehenden Lehrkräften sowie den Dozierenden als Ausbilderinnen und Ausbilder (und Vorbilder) beim Lernen mit und über digitale(n) Tools (Redecker, 2017) zu berücksichtigen.

Förderhinweis:

Die diesem Beitrag zugrundeliegenden Vorhaben werden im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung" von Bund und Ländern mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter den Förderkennzeichen 01JA1909 und 01JA2028 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

Literatur

Baumert, J., & Kunter, M. (2011). Das Kompetenzmodell von COACTIV. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Eds.), Professionelle Kompetenzen von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV. Münster: Waxmann, 29-53

Bruckermann, T., & Schlüter, K. (Eds.). (2017). Forschendes Lernen im Experimentalpraktikum Biologie. Berlin, Heidelberg: Springer

Frister, J. (2018). Fortentwicklung von Fachlichkeit, Didaktik und Bildungswissenschaften durch die „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“. In I. Glowinski, A. Borowski, J. Gillen, S. Schanze & J. von Meien (Eds.), Kohärenz in der universitären Lehrerbildung. Vernetzung von Fachwissenschaft, Fachdidaktik und Bildungswissenschaften. Potsdam: Universitätsverlag Potsdam, 15–27

Glowinski, I., Borowski, A., Gillen, J., Schanze, S., & von Meien, J. (Eds.). (2018). Kohärenz in der Lehrerbildung. Vernetzung von Fachwissenschaft, Fachdidaktik und Bildungswissenschaften. Potsdam: Universitätsverlag Potsdam

Hilfert-Rüppell, D., Eghtessad, A., & Höner, K. (2018). Interaktive Videovignetten aus naturwissenschaftlichem Unterricht. Förderung der Diagnosekompetenz von Lehramtsstudierenden hinsichtlich der Experimentierfähigkeit von Schülerinnen und Schülern. Zeitschrift für Medienpädagogik, 31, 124-141. DOI: 10.21240/mpaed/31/2018.03.31.X

Höttecke, D. (2008). Was ist Naturwissenschaft? Physikunterricht über die Natur der Naturwissenschaften. Naturwissenschaften im Unterricht - Physik, 19 (103), 4-11

Mayer, J. (2007). Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In D. Krüger & H. Vogt (Eds.), Theorien in der biologiedidaktischen Forschung. Berlin, Heidelberg: Springer, 177–186

Lange, E. (2012). Zur Verbesserung von Schlüsselkompetenzen in universitären Lehrveranstaltungen. Journal of Labour Market Research, 45, 63–78

Latour, B. (1987). Science in action. How to follow scientists and engineers through society. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press

Prediger, S. (2019). Design-Research in der gegenstandsspezifischen Professionalisierungsforschung - Ansatz und Einblicke in Vorgehensweisen und Resultate. In T. Leuders, E. Christophel, M. Hemmer, F. Korneck & P. Labudde (Eds.), Fachdidaktische Forschung zur Lehrerbildung. Münster: Waxmann, 11-34

Redecker, C. (2017). European Framework for the Digital Competence of Educators: DigCompEdu. In Y. Punie (Ed.), EUR 28775 EN. Luxemburg: Publications Office of the European Union. DOI:10.2760/159770, JRC107466

Rutsch, J., Vogel, M., Seidenfuß, M., Dörfler, T., & Rehm, M. (2018). Professionalisierungsprozesse angehender Lehrkräfte untersuchen. In J. Rutsch, M. Rehm, M. Vogel, M. Seidenfuß & T. Dörfler (Eds.), Effektive Kompetenzdiagnose in der Lehrerbildung. Professionalisierungsprozesse angehender Lehrkräfte untersuchen. Wiesbaden: Springer, 9-25

Van den Haak, M. J., De Jong, M., & Schellens, P. J. (2003). Retrospective vs. concurrent think-aloud protocols: Testing the usability of an online library catalogue. Behaviour and Information Technology, 22 (5), 339-351

Besim Enes Bicak[1]
Cornelia Borchert[1]
Kerstin Höner[1]

[1]Technische Universität Braunschweig

Förderung von Erkenntnisgewinnung mit experimentellem Problemlösen und Lernvideos im organisch-chemischen Praktikum

Einleitung

Die Vermittlung von Kompetenzen der Erkenntnisgewinnung ist elementarer Bestandteil der Bildungsanforderungen naturwissenschaftlicher Schulfächer (KMK, 2005). Jedoch zeigen Untersuchungen, dass Experimente im Schulunterricht vorwiegend zur Vermittlung von Fachinhalten eingesetzt werden (Abrahams & Millar, 2008) und nur geringer Fokus auf hypothesenprüfendem Experimentieren im Sinne der wissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung liegt (Walpuski & Schulz, 2011). Auch in der universitären, fachwissenschaftlichen Lehre im Chemiestudium sind kochrezeptartige Experimentiervorschriften üblich (Fischer, 2017), durch die vorwiegend praktisches Arbeiten im Labor geschult wird. Die ländergemeinsamen inhaltlichen Anforderungen an das Chemielehramtsstudium gehen jedoch deutlich über diese Dimension hinaus: Die Absolventinnen und Absolventen sollen auch „die wesentlichen Arbeits- und Erkenntnismethoden der Chemie und […] den Prozess der Gewinnung chemischer Erkenntnisse“ kennen (KMK, 2008, S. 24). Um dieses Bildungsziel des Lehramtsstudiums zu adressieren, wurde das Projekt *PEGASUS* (Problemlösen zur Förderung von Erkenntnisgewinnung und Arbeitsweisen bei Studentinnen und Studenten des Lehramts Chemie) aufgelegt, das hier vorgestellt wird.

Theoretischer Hintergrund

Einen wichtigen Anteil der naturwissenschaftlichen Bildung nimmt der Kompetenzbereich der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung ein: Dieser lässt sich in die Dimensionen „[p]raktische Arbeitstechniken (*practical work*), wissenschaftliche Erkenntnismethoden (*scientific inquiry*) und Charakteristika der Naturwissenschaften (*nature of science*)“ unterteilen (Mayer, 2007, S. 177; Herv. im Orig.). Empirisch konnten als Teilbereiche von *scientific inquiry* u.a. das Aufstellen von naturwissenschaftlichen Fragen, das Generieren von Hypothesen, die Planung von Untersuchungen, die Auswertung von Daten und das hypothesenbezogene Schlussfolgern nachgewiesen werden (Grube, 2011; Nawrath, Maiseyenka & Schecker, 2011; Hammann, 2004). Die Gewinnung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse kann als ein komplexer Problemlöseprozess interpretiert werden (Mayer, 2007), der in der Lehre mithilfe von offenen Experimentieraufgaben angenähert (Priemer, 2011) und gefördert werden kann (Bohrmann & Möller, 2016; Nunaki, Siagian, Nusantari, Kandowangko & Damopolii, 2020; Philipp & Leuders, 2011). Als „offen“ bzw. „geöffnet“ werden Experimente verstanden, in denen die o.g. Teilbereiche vollständig bis anteilig von den Lernenden selbst ausgeführt werden müssen (Baur, Hummel, Emden & Schröter, 2020). Bell, Smetana & Binns (2005, S. 33; vgl. Emden, Koenen & Sumfleth, 2016) unterscheiden vier Stufen von *inquiry*:

- Stufe 1 „confirmation“: Bestätigungsexperiment, Fragestellung und Experiment sind vorgegeben, das Ergebnis ist bereits bekannt und soll bestätigt werden.

- Stufe 2 „structured inquiry“: Vorstrukturiertes Experiment, Fragestellung und Experiment sind vorgegeben, Lernende schlussfolgern selbst.
- Stufe 3 „guided inquiry“: Geführtes Experiment, die Fragestellung ist vorgegeben, Lernende entwerfen Experiment und schlussfolgern selbst.
- Stufe 4 „open inquiry“: Offenes Experiment: Lernende entwickeln eine Fragestellung zu einem vorgegebenen Thema, entwerfen ein Experiment und schlussfolgern selbst.

Die Unterstützung von Problemlöseprozessen mithilfe von interaktiven Lernvideos bietet Potential für den Lernerfolg (Singh, 2004; Findeisen, Horn & Seifried, 2019) und die Motivation der Lernenden (Choi & Johnson, 2005). Es ist jedoch nicht abschließend geklärt, welche Formen der Interaktivität ausschlaggebend für Lernförderlichkeit sind (Findeisen, Horn & Seifried, 2019; Niegemann, Domagk, Hessel, Hein, Hupfer & Zobel, 2008).

Projekt PEGASUS

Durch das Projekt PEGASUS wird die Frage adressiert, wie Chemielehramtsstudierende im Erwerb von *inquiry*-Kompetenzen gefördert werden können. Zu diesem Zweck wurden in ein organisch-chemisches Laborpraktikum (3. Bachelorsemester) geöffnete Problemlöse-Experimente implementiert: Insgesamt wurden acht Experimentiervorschriften entsprechend des o.g. Stufenmodells nach Bell et al. (2005) überarbeitet. In Folge dessen erhielten einige Experimente vorgegebene Fragestellungen bzw. Hypothesen und einen erweiterten Chemikalien- und Materialienpool. Bei einigen Experimenten wurden explizite Durchführungen und Auswertungshinweise durch *inquiry*-anleitende Aufgabenstellungen substituiert. Zur Unterstützung des Problemlöseprozesses wurden 8 Lernvideos zu den Teildimensionen der *scientific inquiry* (SI-Videos) ausgearbeitet: (1) Forschungsfragen stellen, (2) Hypothese bilden, (3) Experimente planen, (4) Variablenkontrolle, (5) Blind- und Vergleichsproben, (6) Beobachten und Messen, (7) Daten aufbereiten, (8) Schlussfolgerungen ziehen. Komplementiert werden die SI-Videos durch 8 Lernvideos zu praktischen Arbeitstechniken (*practical work*, PW-Videos), wie beispielsweise das Aufbauen von Apparaturen, die Durchführung einer fraktionierten Destillation oder die Extraktion mittels Scheidetrichter. Die Videos sind zwar allgemein für die im Praktikum vermittelten Fertigkeiten von Relevanz, weisen jedoch keinen Bezug zu den geöffneten Problemlöse-Experimenten auf; sie dienen als Alternativtreatment (s. Forschungsdesign).

Fragestellungen

Im Projekt ergeben sich im Wesentlichen folgende Fragestellungen:

F1: Wie lassen sich *inquiry*-Kompetenzen von Chemielehramtsstudierenden im Rahmen eines fachwissenschaftlichen Laborpraktikums fördern?

F1.1: Lassen sich die Teilkompetenzen von *scientific inquiry* durch experimentelles Problemlösen mit geöffneten Experimentieraufgaben fördern?

F1.2: Lassen sich die Teilkompetenzen von *scientific inquiry* durch die Kombination von experimentellem Problemlösen mit geöffneten Experimentieraufgaben und Lernvideos stärker fördern?

Hypothesen:

H1.1: Studierende zeigen nach dem Laborpraktikum mit experimentellem Problemlösen anhand geöffneter Experimentieraufgaben verbesserte *inquiry*-Kompetenzen als nach dem Laborpraktikum ohne entsprechendes experimentelles Problemlösen.

H1.2: Studierende zeigen nach dem Laborpraktikum mit experimentellem Problemlösen anhand geöffneter Experimentieraufgaben in Kombination mit SI-Lernvideos verbesserte *inquiry*-Kompetenzen als nach einem entsprechenden Laborpraktikum ohne SI-Lernvideos.

Forschungsdesign

Im Pre-Post Design werden die Kompetenzen der Studierenden in den Teilkompetenzen von *scientific inquiry* je einmal vor und einmal nach Absolvieren des Praktikums mittels videographierter Experimentiersequenzen, Paper-Pencil-Tests (adaptiert nach Kraeva, 2020 und Heimann & Neumann, 2011) und Selbsteinschätzungen erhoben. Als Kontrollgruppe (KG) dienen Studierende, die das Praktikum ohne geöffnete Experimente und ohne Lernvideos durchlaufen haben. Die Kontrollgruppe wird mit einer Interventions- und einer Alternativtreatment-Gruppe verglichen (Tab. 1): Die Interventionsgruppe erhält geöffnete Experimentieraufgaben und SI-Lernvideos. Die Alternativtreatment-Gruppe erhält geöffnete Experimentieraufgaben und aus motivationalen Gründen (vgl. Choi & Johnson, 2005) ebenfalls Videos, jedoch zur Dimension *practical work* ohne Bezug zu den *inquiry*-Experimenten.

	Exp. Problemlösen	SI-Videos	PW-Videos	n
Kontrollgruppe	nein	nein	nein	15
Interventionsgruppe	ja	ja	nein	12
Alternativtreatment-Gruppe	ja	nein	ja	14

Tab. 1: Übersicht der bisherigen Untersuchungsgruppen

Erste Ergebnisse und Ausblick

Erste Auswertungen zeigen, dass mit den eingesetzten Testinstrumenten ein Zuwachs der scientific inquiry-Teilkompetenzen messbar ist. Erwartungskonform deutet sich für die Kontrollgruppe an, dass das Praktikum ohne Intervention bereits einen positiven Effekt auf einige Teilkompetenzen (u.a. „Beobachten und Messen“) hat. Ein erster Vergleich der Interventions- und Alternativtreatment-Gruppe legt jedoch nahe, dass der Inhalt der Lernvideos die Selbsteinschätzungen der Studierenden zu ihrem Kompetenzerwerb nicht beeinflusst (Schaate, 2020). Da der Stichprobenumfang von n(SI) = 12 und n(PW) = 14 Praktikant*innen bisher gering ist, handelt es sich noch nicht um belastbare Erkenntnisse. Pandemiebedingte Änderungen der Praktikumsdurchführung und Videografie in Einzelarbeit kommen ab Kohorte 2020 zum Tragen. Sie bedingen auch eine Anpassung des Forschungsdesign, beispielsweise durch Einführung von Lautem Denken während der Videografie-Sequenz. Künftig sollen die Lernvideos durch Ergänzung interaktiver Elemente weiterentwickelt und ihre Wirksamkeit bei der strukturierten Vorbereitung des Problemlöseprozesses untersucht werden.

Förderhinweis:

Das diesem Beitrag zugrundeliegende Vorhaben (Anteil Lernvideos) wird im Rahmen der gemeinsamen "Qualitätsoffensive Lehrerbildung" von Bund und Ländern mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01JA2028 gefördert. Die Entwicklung des Lehr-Lern-Konzepts wurde vom Niedersächsischen Ministerium für Wissenschaft und Kultur im Projekt Innovation Plus (Nr. 93) gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

Literatur

Abrahams, I., & Millar, R. (2008). Does Practical Work Really Work?. International Journal of Science Education, 30, 1945-1969

Baur, A., Hummel, E., Emden, M., & Schröter, E. (2020). Wie offen sollte offenes Experimentieren sein? Ein Plädoyer für das geöffnete Experimentieren. MNU Journal, 73 (2), 125–128

Bell, R. L., Smetana, L., & Binns, I. (2005). Simplifying Inquiry Instruction. Assessing the Inquiry Level of Classroom Activites. The Science Teacher, 72 (7), 30 – 34

Bohrmann, M., & Möller, K. (2016). Förderung experimenteller Kompetenzen im Sachunterricht der 3. Klasse. In C. Maurer (Ed.), Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik. Regensburg: Universität Regensburg, 270–272

Choi, H. J., & Johnson, S. D. (2005). The Effect of Context-Based Video Instruction on Learning and Motivation in Online Courses. American Journal of Distance Education, 19 (4), 215–227

Emden, M., Koenen, J., & Sumfleth, E. (2016). Fördern im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung - Experimentieren im Inquiry-Ansatz. In J. Koenen, M. Emden & E. Sumfleth (Eds.), Chemieunterricht im Zeichen der Erkenntnisgewinnung. Münster: Waxmann, 9–18

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

Fischer, Roland A. (2017). Den Pulsschlag der Chemie fühlen - schon im Grundpraktikum. Angew. Chem. 129 (27), 7792-7793

Grube, C. (2011). Kompetenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung. Dissertation. Universität Kassel

Hammann, M. (2004). Kompetenzentwicklungsmodelle. Merkmale und ihre Bedeutung - dargestellt anhand von Kompetenzen beim Experimentieren. MNU, 57 (4), 196–203

Heimann, R., & Neumann, S. (2011). Naturwissenschaftliches Denken. NiU Chemie, 22 (124/125), 26–31

Kraeva, L. (2020). Problemlösestrategien von Schülerinnen und Schülern diagnostizieren. Berlin: Logos

Kultusministerkonferenz (2005). Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss. München: Luchterhand

Kultusministerkonferenz (2008). Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung. Berlin, Bonn: Sekretariat der Kultusministerkonferenz

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

Niegemann, H. M., Domagk, S., Hessel, S., Hein, A., Hupfer, M., & Zobel, A. (2008). Kompendium multimediales Lernen. Berlin: Springer

Nunaki, J. H., Siagian, S. I. R., Nusantari, E., Kandowangko, N. Y., & Damopolii, I. (2020). Fostering students' process skills through inquiry-based science learning implementation. JPCS, 1521, 1-6

Philipp, K., & Leuders, T. (2011). Experimentelles Denken fördern. In R. Haug & L. Holzäpfel (Eds.), Beiträge zum Mathematikunterricht 2011. Münster: WTM, 619-622

Priemer, B. (2011). Was ist das Offene beim offenen Experimentieren?. ZfDN, 17, 315–337

Schaate, K. (2020). Konzeption und Evaluation von Lernvideos zu Teilkompetenzen der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung für die universitäre Lehre. Bachelorarbeit. TU Braunschweig

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

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

Cornelia Borchert[1]
Annika Nimz[1]
Dörte Sonntag[1]
Oliver Bodensiek[1]

[1]Technische Universität Braunschweig

Fach und Fachdidaktik im Lehramt MINT: Vernetzung produktiv aufgreifen

Aktuelle Herausforderungen der universitären Lehrerbildung

Die Hochschule gilt als Hauptlernort für den fachwissenschaftlichen Anteil der professionellen Kompetenzen in den drei Phasen der Lehrerbildung (Arzi & White, 2008). Trotzdem geben Referendarinnen und Referendare der Chemie und Biologie an, ihr Fachwissen als einzigen der drei Kompetenzbereiche (Fachwissen, fachdidaktisches sowie pädagogisch-psychologisches Wissen) über den gesamten Vorbereitungsdienst kontinuierlich weiter ergänzen zu müssen; sie werten Fachwissen als wichtigste Komponente für die Berufsausübung (Hornung, Thyssen, Mayerl & Andersen, 2019).

Studierenden hingegen fällt es oftmals schwer, die Relevanz ihrer fachwissenschaftlichen Studieninhalte zu erkennen (Lersch, 2006; Lorentzen, Friedrichs, Ropohl & Steffensky, 2018; Hermanns, 2020). Mögliche Ursachen für eine „Ablehnung der wissenschaftlichen Haltung“ und damit der fachwissenschaftlichen Anteile (Wenzl, Wernet & Kollmer, 2018, S. 73) mögen in den Rahmenbedingungen des Studiums (doppelte Diskontinuität, Ableitinger, Kramer & Prediger, 2013; mangelnde Vernetzung der Studieninhalte untereinander, z. B. Lersch, 2006; Mayer, Ziepprecht & Meier, 2018), in der Selbst- und Fremdwahrnehmung von Lehramtsstudierenden als „Studierende zweiter Klasse“ (Wenzl et al., 2018, S. 89; Leonty, 2019; DPG, 2014) oder auch in den persönlichen Voraussetzungen der Studierenden liegen: Eine schlechte(re) Ausgangslage für Lehramtsstudierende der Naturwissenschaften im Vergleich zu Studierenden in fachwissenschaftlichen Studiengängen besteht bereits zu Studienbeginn, z. B. hinsichtlich der Abiturnote (Rothland, 2014), des fachlichen Vorwissens (Busker, Parchmann & Wickleder, 2010) und der Selbstwirksamkeitserwartung in Bezug auf naturwissenschaftliche Tätigkeiten (Wentorf, Höffler & Parchmann, 2017). Nichtsdestoweniger existiert durchweg großes Interesse am Fach (Busker et al., 2010; Lersch, 2006) - ein Kontrast zur vergleichsweise geringen Begeisterung Studierender für das Vermitteln ihres Fachs (Lersch, 2006) und der unterrichtlichen Wirksamkeit von Fachenthusiasmus (Kunter, 2011).

Aus bildungspolitischer Sicht sollen Lehrkräfte Schülerinnen und Schüler für die Naturwissenschaften begeistern und sie authentisch, alltagsrelevant und mit aktuellen Methoden und Medien vermitteln können; das schließt auch die sog. „Digitale Bildung“ (BMBF, 2016, S. 8; Caena & Redecker, 2019) und die Thematisierung moderner Entwicklungen der Fachwissenschaft (DPG, 2014; KMK, 2008) ein. Dies fordert von der universitären Lehrerbildung die Vermittlung einer differenzierten, theoriegeleiteten Sicht auf (Natur-)Wissenschaft und auf Digitalisierung im Kontext des Lernens und Lehrens. Vielversprechende Erkenntnisse in dieser Hinsicht liefern die erste Phase der Qualitätsoffensive Lehrerbildung zur Integration aktueller naturwissenschaftlicher Forschung in fachdidaktische Veranstaltungen (Ziepprecht, Gimbel, Frevert, Roetger, Mayer, Di Fuccia & Wodzinski, 2018) sowie praxisorientierte Zugänge zur Vermittlung digitalisierungsbezogener Kompetenzen an Lehramtsstudierende (Zimmermann & Melle, 2019), durch die auch auf die „Doppelrolle“ der Naturwissenschaften im gemeinsamen Kontext der aktuellen Forschung(smethoden) und der Digitalisierung verwiesen wird (Becker, Meßinger-Koppelt & Thyssen, 2020, S. 6).

ProSciencE⁺ - Aktuelle Fach- und Forschungsthemen in der Lehrerbildung

Im Projekt *ProSciencE⁺* werden die beiden Schwerpunkte (1) aktuelle Fach– und Forschungsthemen und (2) Digitalisierung im Bildungswesen synergetisch für die Lehrerbildung in den naturwissenschaftlichen Fächern an der TU Braunschweig zugänglich gemacht. Ausgehend von aktueller Forschung werden über drei neu konzipierte Module fachwissenschaftliche und fachdidaktische Bildungsinhalte miteinander verbunden. Sie dienen der Förderung studentischer Kompetenzen in den Bereichen fachliches Orientierungswissen, Metawissen zur wissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung und fachdidaktische Fähigkeiten der Konzeption naturwissenschaftlichen Unterrichts mit aktuellen Medien und Methoden (KMK, 2008). Die Modulstruktur folgt einem kumulativen Vernetzungsmodell (Mayer et al., 2018), in dem die Studierenden über den Verlauf ihres Bachelor- und Masterstudiums nacheinander unterschiedliche fachliche und fachdidaktische Lernumgebungen durchlaufen, die aufeinander aufbauen (Abb. 1).

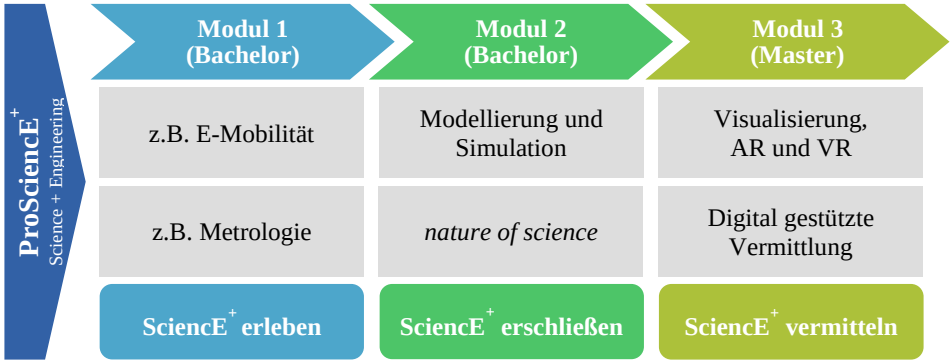


Abb. 1. Modulstruktur der Lehrveranstaltungen im Projekt ProSciencE⁺

SciencE⁺ erleben

Im ersten Modul erhalten Lehramtsstudierende im Bachelor die Möglichkeit zur Hospitation in natur- und ingenieurwissenschaftlichen Arbeitskreisen an der TU Braunschweig (vgl. Ziepprecht et al., 2018; Stamer, Schwarz & Parchmann, 2020). Ihre Erfahrungen zum Forschungsalltag und ihre erworbenen fachlichen Kenntnisse sammeln die Studierenden in einem Reflexionsjournal (Schwartz, Lederman & Crawford, 2004). Im Anschluss an die Besuche diskutieren sie diese in Gruppen vor dem Hintergrund von Erkenntnissen aus der fachdidaktischen Forschung (z. B. Wong & Hodson, 2009). Eine erste Pilotveranstaltung im Modul fand 2019 zum Thema Elektromobilität statt.

Übergeordnetes Ziel dieses persönlichen Kontakts mit Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern und ihren Forschungsthemen ist die Förderung der Identifikation der Studierenden mit dem eigenen Fach, da diese u.a. in enger Verbindung zu den das Fach verkörpernden Personen steht (Kreitz, 2000). Welche Lerngelegenheiten zur Ausbildung einer fachlichen Identität im Lehramt beitragen, wird in einer Interviewstudie untersucht.

SciencE⁺ erschließen

In der Veranstaltung *SciencE⁺ erschließen* in Modul 2 wird eine Lernumgebung in der Methode des Forschenden Lernens (Basten, Mertens, Schöning & Wolf, 2020) eingesetzt, in der die Studierenden in Anlehnung an die Tagungsmethode (Nehring & Lüttgens, 2019) einen Forschungsprozess mit wissenschaftlich-administrativer Rahmung durchlaufen: von der Antragstellung, gegenseitiger Begutachtung der Anträge per *peer review* und einem *project pitch* über die Projektdurchführung bis zur Präsentation ihrer Forschungsergebnisse

auf einer studentischen Tagung. Für die Durchführung des Projekts wählen die Studierenden ein fachdidaktisches Schwerpunktthema (*nature of science*, vgl. Beitrag Nimz et al., oder Modellierung und Simulation, vgl. Beitrag Sonntag & Bodensiek). In den Schwerpunkten wird die Kompetenzentwicklung der Studierenden in einer Pre-Post-Fragebogen-Studie mit Follow-up Interviews erhoben; die Schwerpunkte dienen untereinander als alternative Treatments. Durch Reflexionsgespräche mit den Lehrenden werden die Studierenden in der Rahmung begleitet. Anträge, Begutachtungen und Gedächtnisprotokolle der Reflexionsgespräche dienen der Evaluation der Methode.

SciencE$^+$ vermitteln

Im Wintersemester 2020/21 findet erstmals eine Veranstaltung in Modul 3 statt. Aktuelle Fach- und Forschungsthemen werden derzeit über Gastvorträge von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern in die Veranstaltung eingebracht, da noch keine Studierenden aus Modul 1 den Master erreicht haben. Die Forschungsthemen werden von den Studierenden zunächst fachlich aufgearbeitet. Zusätzlich setzen sich die Studierenden mit Theorien und Modellen, Chancen und Risiken der Digitalisierung im Bildungswesen auseinander und lernen Beispiele für den Einsatz digitaler Methoden und Tools im naturwissenschaftlichen Unterricht kennen. Unter Einsatz digitaler Medien, u.a. Augmented und Virtual Reality, sowie digital gestützter Methoden wie dem Inverted Classroom entstehen zu den aktuellen Fach- und Forschungsthemen Lerneinheiten für den Einsatz in Schule oder Schülerlabor. In veranstaltungsbegleitenden Portfolios dokumentieren die Studierenden ihren Lernfortschritt. Die Portfolios dienen dabei gleichzeitig als Datenmaterial zur Evaluation der Veranstaltung.

Erste Ergebnisse aus SciencE$^+$ erschließen

Im Sommersemester 2020 nahmen 13 Studierende des Lehramts der Chemie und Physik an der Rahmung des Seminars teil. Die Reflexionsgespräche deuten erwartungskonform darauf hin, dass die Studierenden vor dem Seminar kaum Kenntnisse über die administrativen Prozesse der Mitteleinwerbung in der Wissenschaft haben. Die Formulierungen in den Anträgen und Gutachten sind dennoch größtenteils bildungssprachlich und weisen typische Kollokationen dieser Textsorten auf, ohne dass dies explizit geübt oder gefordert wurde. Wenngleich einige Studierende den erhöhten Arbeitsaufwand bemängeln, sehen die meisten für ihre Fähigkeiten zum wissenschaftlichem Arbeit einen Lerneffekt durch die Rahmung. Die Aufnahme weiterer qualitativer Daten im Kontext der Abschlusstagung ist von Interesse. Erkenntnisse zu den Schwerpunktthemen *nature of science* und Modellierung und Simulation werden in den Beiträgen von Nimz et al. bzw. Sonntag und Bodensiek berichtet.

Ausblick:

Die Module befinden sich in der Pilotphase. Die Veranstaltungskonzepte werden nach Überarbeitung in den kommenden Semestern wiederholt eingesetzt, um die Stichprobengröße zu erhöhen. Zur kriteriengeleiteten Auswertung der Portfolios wird ein Rating-Instrument entwickelt. Eine pandemiegeeignete Adaption von *SciencE$^+$ erleben* ist derzeit in Planung, ebenso entsprechende Formate für die Einbindung der Lerneinheiten aus *SciencE$^+$ vermitteln* in der Schule. Künftig werden die Studierenden entlang der Module über Bachelor und Master in ihrer Professionalisierung anhand aktueller Themen begleitet.

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 01JA1909 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

Literatur

Ableitinger, C., Kramer, J., & Prediger, S. (Eds.). (2013). Zur doppelten Diskontinuität in der Gymnasiallehrerbildung. Wiesbaden: Springer Spektrum

Arzi, H. J., & White, R. T. (2008). Change in teachers' knowledge of subject matter. A 17-year longitudinal study. Science Education, 92 (2), 221–251

Basten, M., Mertens, C., Schöning, A., & Wolf, E. (Eds.). (2020). Forschendes Lernen in der Lehrer/innenbildung. Implikationen für Wissenschaft und Praxis. Münster: Waxmann.

Becker, S., Meßinger-Koppelt, J., & Thyssen, C. (Eds.). (2020). Digitale Basiskompetenzen. Orientierungshilfe und Praxisbeispiele für die universitäre Lehramtsausbildung in den Naturwissenschaften. Hamburg: Joachim Herz Stiftung

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (2016). Bildungsoffensive für die digitale Wissensgesellschaft. Berlin: BMBF

Busker, M., Parchmann, I., & Wickleder, M. (2010). Eingangsvoraussetzungen von Studienanfängern im Fach Chemie. Welches Vorwissen und welche Interessen zeigen Studierende? CHEMKON, 17 (4), 163–168

Caena, F., & Redecker, C. (2019). Aligning teacher competence frameworks to 21st century challenges. Eur J Educ. 54, 356–369.

Deutsche Physikalische Gesellschaft (DPG) (2014). Zur fachlichen und fachdidaktischen Ausbildung für das Lehramt Physik. Bad Honnef: DPG

Hermanns, J. (2020). Perceived relevance of tasks in organic chemistry by preservice chemistry teachers. Chemistry Teacher International, [ahead of printing].

Hornung, G., Thyssen, C., Mayerl, J., & Andersen, H. (2019). Die Auswirkung der Bachelor-Master-Reform auf die Beurteilung der universitären Lehrerausbildung. https://osf.io/preprints/socarxiv/j9enp/

Kreitz, R. (2000). Vom biographischen Sinn des Studierens. Die Herausbildung fachlicher Identität im Studium der Biologie. Opladen: Leske + Budrich

Kultusministerkonferenz (2008). Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung. Berlin, Bonn: Sekretariat der Kultusministerkonferenz

Kunter, M. (2011). Motivation als Teil der professionellen Kompetenz - Forschungsbefunde zum Enthusiasmus von Lehrkräften. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum & M. Neubrand (Eds.), Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Münster: Waxmann, 259–276

Leontiy, H. (2019). "Der Eindruck ist natürlich schon, dass wir jetzt 'ne viel heterogene Studierendenschaft haben". Deutungsmuster von Diversität in verschiedenen Fachkulturen. In F. Feuser, C. Ramos Ménes-Sahlender, & C. Stroh (Eds.), Diversität an Hochschulen. Bielefeld: transcript, 7–34

Lersch, R. (2006). Lehrerbildung im Urteil der Auszubildenden. Eine empirische Studie zu beiden Phasen der Lehrerbildung. In C. Allemann-Ghionda & E. Terhart (Eds.), Kompetenzen und Kompetenzentwicklung von Lehrerinnen und Lehrern. Zeitschrift für Pädagogik, Beiheft 51, 164–181

Lorentzen, J., Friedrichs, G., Ropohl, M., & Steffensky, M. (2019). Förderung der wahrgenommenen Relevanz von fachlichen Studieninhalten. Unterrichtswissenschaft, 47 (1), 29-49

Mayer, J., Ziepprecht, K., & Meier, M. (2018). Vernetzung fachlicher, fachdidaktischer und bildungswissenschaftlicher Studienelemente in der Lehrerbildung. In M. Meier, K. Ziepprecht & J. Mayer (Eds.), Lehrerausbildung in vernetzten Lernumgebungen. Münster: Waxmann, 9–20

Nehring, A., & Lüttgens, U. (2019). Die Tagungsmethode. Unterricht Chemie, 30 (6), 14–19

Rothland, M. (2014). Wer entscheidet sich für den Lehrerberuf? In E. Terhart, H. Bennewitz & M. Rothland (Eds.), Handbuch der Forschung zum Lehrerberuf (2. Aufl.) Münster: Waxmann, 319–348

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., Schwarzer, S., & Parchmann, I. (2020). Authentisches Lernen im Schülerlabor. In K. Sommer, J. Wirth & M. Vanderbeke (Eds.), Handbuch Forschen im Schülerlabor. Münster: Waxmann, 31–38

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

Wenzl, T., Wernet, A., & Kollmer, I. (2018). Praxisparolen. Dekonstruktionen zum Praxiswunsch von Lehramtsstudierenden Wiesbaden: Springer VS

Wong, S. L., & Hodson, D. (2009). From the horse's mouth. What scientists say about scientific investigation and scientific knowledge. Science Education, 93 (1), 109–130

Ziepprecht, K., Gimbel, K., Frevert, M., Roetger, R., Mayer, J., Di Fuccia, D.-S., & Wodzinski, R. (2018). Aktuelle naturwissenschaftliche Forschung in der Lehrerausbildung – erste Ergebnisse aus dem Projekt Contemporary Science. In C. Maurer (Ed.), Qualitätsvoller Chemie - und Physikunterricht - normative und empirische Dimensionen. Regensburg: Universität Regensburg, 98-101

Zimmermann, F., & Melle, I. (2019). Professionalisierung angehender Chemielehrkräfte für die Digitalisierung im Chemieunterricht. In C. Maurer (Eds.), Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe. Regensburg: Universität Regensburg, 898-901

Gesa Uhde[1]
Barbara Thies[1]
Selina Brück[1]

[1]Technische Universität Braunschweig

Fachspezifisches Classroom-Management-Training für Masterstudierende

Ausgangssituation und theoretischer Hintergrund

Effektives Classroom-Management ist förderlich für die zur Verfügung stehende aktive Lernzeit von Schülerinnen und Schüler und hat einen wesentlichen Einfluss auf die Lernleistung und den Lernfortschritt von Klassen (Helmke & Helmke, 2015). Überdies spielt effektives Classroom-Management eine wichtige Rolle als protektiver Faktor für die Gesundheit von Lehrkräften im Zusammenhang mit Belastungserleben und Burnout (Dicke, Elling, Schmeck & Leutner, 2015; Kiel, Frey & Weiß, 2013). Für viele (angehende) Lehrkräfte gilt Classroom-Management als eine der größten Herausforderungen im Schulalltag (Evertson & Weinstein, 2006). Der Erwerb adäquater Classroom-Management-Kompetenzen ist daher ein wichtiger Baustein im Rahmen der Professionalisierung von Lehrkräften (Kunter & Trautwein, 2013; Chval, Abell, Pareja & Musikul, 2008), der möglichst bereits im Studium angebahnt werden sollte.

Im Rahmen der Lehrkräfteausbildung gelten schulische Praxisphasen als ein zentrales Element, dem sowohl von schulischen Mentorinnen und Mentoren als auch von Lehramtsstudierenden große Bedeutung beigemessen wird (Gröschner, Müller, Bauer, Seidel, Prenzel, Kauper & Möller, 2015; Hascher, 2012). Neben fundierter praxisbezogener Vorbereitung ist dabei eine angemessene schulische und universitäre Begleitung der Studierenden während der Praxisphasen von großer Bedeutung, um einerseits eine strukturelle Verzahnung von Theorie und Praxis und darüber hinaus die Kompetenzselbsteinschätzungen der Studierenden zu fördern (Gröschner, Schmitt & Seidel, 2013). An der TU Braunschweig nehmen alle Lehramtsstudierenden im Bachelor zur Vorbereitung auf das Allgemeine Schulpraktikum an einem Classroom-Management-Training teil. Ziele sind dabei die Erweiterung des Handlungsrepertoires in für erste Praktika relevanten Bereichen des Classroom-Managements, wie beispielsweise der Prävention von und dem Umgang mit Unterrichtsstörungen (Hannemann, Uhde, Thies, 2019a). Des Weiteren zielt das Training auf die Reduzierung von Unsicherheiten der Studierenden und die Steigerung des Gefühls, gut auf das Praktikum vorbereitet zu sein. Das Training wurde evaluiert und erwies sich als effektiv bezüglich der Steigerung der selbsteingeschätzten Classroom-Management-Kompetenzen, des selbsteingeschätzten Classroom-Management-Wissens sowie der auf Classroom-Management bezogenen Selbstwirksamkeitserwartung (Hannemann, Uhde, Thies, 2019a; Hannemann, Uhde, Thies, 2019b). Zudem gaben Teilnehmende der Trainingsgruppe an, sich nach der Trainingsteilnahme sicherer und besser auf das Allgemeine Schulpraktikum vorbereitet zu fühlen, als Studierende, die an einem alternativen Treatment zur Vorbereitung in Form eines Online-Literaturkurses zum Classroom-Management teilgenommen hatten (Uhde, Thies, Perst & Hannemann, 2018). Diese Art der Vorbereitung und Begleitung für Lehramtsstudierende soll auf die Praxisphase im Master im Rahmen des vom BMBF geförderten Projekts TU4Teachers II, innerhalb des Teilprojekts *KoBB CMenT* ausgeweitet werden. Dazu werden aufbauend auf dem genannten Classroom-Management-Training der

Bachelorphase Trainingselemente unter Einbeziehung fachspezifischer Elemente entwickelt, erprobt und evaluiert werden. Ziel ist dabei einerseits auf struktureller Ebene eine durchgehende Begleitstruktur für Studierende in schulischen Praxisphasen zu schaffen und auf inhaltlicher Ebene eine Vertiefung und Spezialisierung der im Bachelortraining behandelten Aspekte unter einem naturwissenschafts-fachspezifischen Fokus zu ermöglichen. Durch die Verbindung von fachdidaktischen und pädagogisch-psychologischen Aspekten im Rahmen der Trainingselemente kann ein Beitrag zur Professionalisierung der Lehramtsstudierenden geleistet werden, indem Facetten aus den Kompetenzbereichen fachdidaktisches Wissen, Fachwissen und pädagogisch-psychologisches Wissen im Sinne des COAKTIV-Kompetenzmodells von Baumert und Kunter (2011) gemeinsam adressiert werden. Trotz bekannter fachspezifischer Herausforderungen im naturwissenschaftlichen Unterricht (Pawlak & Groß, 2020; Seidel, Prenzel, Rimmele, Dalehefte, Herweg, Kobarg, & Schwindt, 2006) und der Forderung nach stärkerer Fokussierung auf fachspezifische Aspekte in der Unterrichtsforschung (Helmke, 2003), liegen bisher kaum Befunde zu einem fachspezifischen Classroom-Management vor.

Entwicklung naturwissenschafts-fachspezifischer Classroom-Management-Trainingselemente

Um fachspezifische Classroom-Management-Trainingselemente für naturwissenschaftlichen Unterricht entwickeln zu können, muss in einem ersten Schritt erhoben werden, durch welche Besonderheiten sich naturwissenschaftlicher Unterricht auszeichnet und ob sich dadurch spezifische Anforderungen beim Classroom-Management ergeben. Da sich das zu konzipierende Training an Lehramtsstudierende richtet, muss darüber hinaus erhoben werden, welche classroom-management-spezifischen Herausforderungen die Studierenden mit naturwissenschaftlichem Profil während ihrer Lehrversuche in der Praxisphase erleben.

Zur Beantwortung dieser Fragen und damit als Basis für die Konzeption geeigneter Trainingselemente wurde zunächst eine Bedarfs- und Bedürfniserhebung durchgeführt. Dazu wurden einerseits Studierende mit naturwissenschaftlichem Profil (N=13), die sich zu Beginn der fünfmonatigen Praxisphase befanden, im Rahmen von Fokusgruppeninterviews befragt. Darüber hinaus wurden Expertinnen-/Experteninterviews (N=7) mit Mentorinnen und Mentoren, Lehrkräften in der Praxisphase und Praxisseminarleitenden durchgeführt. Ursprünglich war geplant, Unterrichtsbeobachtungen bei Studierenden während der Praxisphase durch geschulte Beobachterinnen zu zwei Zeitpunkten durchzuführen, um deren Classroom-Management-Kompetenzen einzuschätzen. Aufgrund der pandemiebedingten Schulschließungen ab März 2020 und dem damit verbundenen Ausfall der restlichen Praxisphase konnten nur drei Beobachtungen stattfinden und auch nicht zu einem späteren Zeitpunkt wiederaufgenommen werden.

Als Ergebnis der qualitativen Auswertung der Daten kann festgehalten werden, dass die festgestellten Bedarfe sowohl aus Sicht der Studierenden als auch aus Sicht der Expertinnen und Experten keine völlig neuen Bereiche des Classroom-Managements darstellen. Sie zielen vielmehr auf eine Spezialisierung oder Vertiefung solcher Classroom-Management Bereiche, denen im naturwissenschaftlichen Unterricht eine besondere Bedeutung zukommt, weil sie sich vor allem durch handlungsorientierte und naturwissenschaftliche Arbeitsweisen (z.B. Experimentieren oder Mikroskopieren) auszeichnen. Beispielhaft zu nennen sind hier Bedarfe in den Classroom-Management-Bereichen: Übergänge gestalten, Präsenz zeigen, Überblick über die Klasse behalten, Umgang mit Unterrichtsstörungen, klare Regeln und Grenzen sowie Konsequenzen. Von Seiten der Expertinnen und Experten wurden noch Bedarfe im Bereich

des Zeitmanagements, der Reflexionsfähigkeit der Studierenden und der Art der Rückmeldungen auf Beiträge von Schülerinnen und Schülern gesehen. Aus Sicht der Studierenden besteht Bedarf, methodisches Know-how zur Einführung von Sozialformen und Experimentierphasen zu erlangen und die Formulierung und das Timing von Instruktionen zu optimieren. Ein zentrales Ergebnis der Studierendenerhebung ist das von ihnen geäußerte Bedürfnis, die Classroom-Management-Trainingselemente nicht als Vorbereitung auf die Praxisphase zu absolvieren, sondern sie begleitend während der Praxisphase durchlaufen zu können, um einen direkten Transfer in die Praxis zu unterstützen und Fragen aus der Praxisphase unmittelbar klären zu können.
Basierend auf diesen Ergebnissen werden derzeit kognitiv-behaviorale Trainingselemente konzipiert, welche im Zuge der nächsten Praxisphase ab 2021 pilotiert und evaluiert werden. Geplant ist eine Kombination von Präsenz- und Onlineelementen, bei der ganz im Sinne eines kognitiv-behavioralen Trainingsformats stark auf die Arbeit mit Rollenspielen in Klein- und Großgruppen inklusive Videofeedback gesetzt wird. Darüber hinaus sind vor allem Transfer- und Reflexionsaufgaben angedacht sowie ein online zur Verfügung gestellter Bereich, der Material im Sinne eines Methodenkoffers enthält. Die pandemiebedingten Einschränkungen führen möglicherweise im ersten Jahr dazu, stärker auf den Onlinebereich zu setzen und einige ursprünglich als Präsenzformat geplante Elemente in virtuellen Zusammenkünften zu substituieren.

Geplante Evaluation

Zur Überprüfung der Wirksamkeit der fachspezifischen Classroom-Management-Trainingselemente ist folgendes Evaluationsvorgehen geplant: Als Interventionsgruppe nehmen Studierende mit naturwissenschaftlichem Profil während der Praxisphase am fachspezifischen Classroom-Management-Training teil. Als Kontrollgruppe dienen Studierende ohne naturwissenschaftliches Profil, die nur an den regulären Begleitseminaren während der Praxisphase teilnehmen. Zur Berechnung von Gruppenunterschieden werden beide Gruppen zu drei Messzeitpunkten gebeten, Selbstauskünfte anhand von Fragebögen zu den Bereichen Classroom-Management-Kompetenzen und –Wissen, selbstregulative Fähigkeiten sowie Belastungserleben zu geben. Dabei wird zu Beginn der Praxisphase (t1), nach der Durchführung des Trainings (t2) und zum Ende der Praxisphase (t3) befragt. Zusätzlich sind Unterrichtsbeobachtungen der Interventionsgruppe zu zwei Zeitpunkten (t1 und t2) geplant, um über Selbstauskünfte hinausgehende Daten zur Kompetenzentwicklung im Bereich des Classroom-Managements zu generieren.

Ausblick

Erweist sich das Trainingskonzept als wirksam, könnten in Zukunft auch für weitere Fächer Classroom-Management-Trainingselemente entwickelt werden, welche die jeweils fachspezifischen Besonderheiten und Herausforderungen thematisieren und vertieft behandeln. Die Vorgehensweise der Bedarfs- und Bedürfniserhebung und der darauf basierenden Konzeption von Trainingselementen ließe sich auch auf andere Disziplinen übertragen. Auf diese Art kann die Professionalisierung von Lehramtsstudierenden im Zusammenhang mit deren Praxisphasen unterstützt werden.

Literatur

Baumert, J. & Kunter, M. (2011). Das Kompetenzmodell von COACTIV. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Eds.), Professionelle Kompetenzen von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV. Münster: Waxmann, 29-53

Chval, K., Abell, S., Pareja, E., Musikul & Ritzka, G. (2008). Science and MathematicsTeachers' Experiences, Needs, and Expectations Regarding Professional Development. Eurasia J. Math. Sci. & Tech. Ed., 4(1), 31-43.

Dicke, T., Elling, J., Schmeck, A., & Leutner, D. (2015). Reducing reality shock: The effects of classroom management skills training on beginning teachers. Teaching and Teacher Education, 48, 1–12.

Evertson, C. M., & Weinstein, C. S. (Eds.), (2006). Handbook of classroom management: Research, practice and contemporary issues. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.

Gröschner, A., Müller, K., Bauer, J., Seidel, T., Prenzel, M., Kauper, T., Möller, J. (2015). Praxisphasen in der Lehrerausbildung – Eine Strukturanalyse am Beispiel des gymnasialen Lehramtsstudiums in Deutschland. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 18, 639- 665

Gröschner, A., Schmitt, C. & Seidel, T. (2013). Veränderung subjektiver Kompetenzeinschätzungen von Lehramtsstudierenden im Praxissemester. Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 27 (1-2), 77-86

Hannemann, L., Uhde, G. & Thies, B. (2019a). Training zur Förderung von Classroom-Management-Kompetenzen von Lehramtsstudierenden – 2. Evaluationsstudie. In G. Uhde & B. Thies (Hrsg.). Kompetenzentwicklung im Lehramtsstudium durch professionelles Training. Technische Universität Braunschweig, 69-82. https://doi.org/10.24355/dbbs.084-201901231323-0

Hannemann, L., Uhde, G., Thies, B. (2019b). Evaluation eines Classroom-Management-Trainings. Zeitschrift für Bildungsforschung. 9(3), 309-327. doi: 10.1007/s35834-019-00255-1

Hascher, T., (2012). Lernfeld Praktikum – Evidenzbasierte Entwicklungen in der Lehrer/innenbildung. Zeitschrift für Bildungsforschung, 2 (2), 109-129

Helmke, A. (2003). Unterrichtsqualität erfassen, bewerten, verbessern. Seelze: Kallmeyersche Verlagsbuchhandlung.

Helmke, A., & Helmke, T. (2015). Wie wirksam ist gute Klassenführung? Pädagogik leben, 2, 7-11.

Kunter, M. & Trautwein, U. (2013). Psychologie des Unterrichts. Paderborn: Schöningh, UTB

Kiel, E., Frey, A., & Weiß, S. (2013). Trainingsbuch Klassenführung. utb-studi-e-book: Vol. 3992. Bad Heilbrunn, Stuttgart: Klinkhardt; UTB.

Pawlak, F., & Groß, K. (2020). Einsatz von Schülerexperimenten im inklusiven Chemieunterricht -Chancen und Herausforderungen aus Sicht der Chemielehrenden. Chemkon,27/1, 1-7. doi: 10.1002/ckon.201900017

Seidel, T., Prenzel, M., Rimmele, R., Dalehefte, I., M., Herweg, C., Kobarg, M., & Schwindt, K. (2006). Blicke auf den Physikunterricht. Ergebnisse der IPN Videostudie. Zeitschrift für Pädagogik, 52, 799-821. doi: urn:nbn:de:0111-opus-44897

Uhde, G., Thies, B., Perst, H., & Hannemann, L. (2018). Kompetenzorientierte Beratungs- und Begleitstrukturen im Lehramtsstudium: Selbstreflexionskompetenzen und Classroom-Management-Strategien fördern. In M. Krämer, S. Preiser & K. Brusdeylins (Hrsg.), Psychologiedidaktik und Evaluation XII. Aachen: Shaker, 45-53

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 01JA1909 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

Tobias Denecke[1]
Dagmar Hilfert-Rüppell[1]
Kerstin Höner[1]

[1]Technische Universität Braunschweig

Classroom Management im naturwissenschaftlichen Unterricht: Lehramtsstudierende analysieren Videovignetten

Ausgangslage

Das Classroom Management macht einen wichtigen Teil der professionellen Handlungskompetenz von Lehrkräften aus (vgl. Baumert & Kunter, 2006). Es umfasst dabei „Konzepte, Strategien und Techniken, die dem Ziel dienen, einen störungsfreien und reibungslosen Unterrichtsverlauf zu ermöglichen“ (vgl. Helmke & Helmke 2015, S.7). Der naturwissenschaftliche Unterricht stellt besondere Anforderungen an das Classroom Management, indem er ein sicheres und lernförderliches experimentelles Umfeld beansprucht (vgl. Pawlak & Groß, 2020). Für (angehende) Lehrkräfte der naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächer ist es daher relevant, über ein entsprechendes Wissen und Können hinsichtlich des Classroom Managements im naturwissenschaftlichen Unterricht zu verfügen. Die Identifikation fachspezifischer Classroom Management Strategien verdeutlicht das Zusammenspiel von Fachwissenschaft und Bildungswissenschaft (vgl. Pawlak & Groß, 2020).

Zielsetzung

Im Projekt „NaWi-Classroom“ wird - innerhalb einer Kooperation mit dem Institut für Pädagogische Psychologie der Technischen Universität Braunschweig - das Ziel verfolgt, die professionelle Wahrnehmung von Master-Lehramtsstudierenden der naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächer hinsichtlich des (fachspezifischen) Classroom Managements zu fördern. Die Grundlage bildet dabei ein forschungs- und evidenzbasiertes Lehrkonzept zur Förderung der diagnostischen Kompetenzen von Lehramtsstudierenden (vgl. Eghtessad, Hilfert-Rüppell & Höner, 2020), wobei die systematische Analyse lernrelevanter Situationen aus dem experimentell-naturwissenschaftlichen Unterricht anhand von Videovignetten aus authentischem Unterricht erfahrener Lehrkräfte im Mittelpunkt steht. Den inhaltlichen Schwerpunkt des Lehrkonzepts und der zu analysierenden Unterrichtssituationen bildete bislang die Diagnose der Experimentierfähigkeiten von Schüler:innen während des experimentellen Problemlösens im naturwissenschaftlichen Unterricht (vgl. Hilfert-Rüppell, Eghtessad & Höner, 2018). Perspektivisch wird jener Aspekt um das (fachspezifische) Classroom Management erweitert, indem entsprechend ausgewählte Unterrichtssituationen zum Einsatz kommen, welche Classroom Management relevante Facetten (bspw. Experimentierregeln und -routinen) abbilden.

Theoretischer Hintergrund

In der Lehramtsausbildung hat sich der Einsatz von Unterrichtsvideovignetten als besonders wirksames Instrument erwiesen, um die professionelle Wahrnehmung von Studierenden zu fördern (vgl. Sunder, Todorova & Möller, 2016). Bei der professionellen Wahrnehmung handelt es sich um die Fähigkeit, die wesentlichen Merkmale von Interaktionen im Unterricht zu erkennen und zu interpretieren (vgl. Sherin & van Es, 2008). Sie gilt als entscheidende

Voraussetzung für (angehende) Lehrkräfte, um im unterrichtlichen Alltag professionell handeln zu können (vgl. Kersting, Givvin, Thompson, Santagata & Stigler, 2012) und kann hierbei auch als Mediator zwischen Ressourcen und Handeln, also bei der Transformation von Kompetenz in Performanz, dienen (vgl. Blömeke, König, Suhl, Hoth & Döhrmann, 2015). Die Transformation kann dabei über die situationsbezogenen Fähigkeiten erfolgen, welche im Rahmen einer Videoanalyse über entsprechend operationalisierte Arbeitsaufträge trainiert werden (vgl. Eghtessad, Hilfert-Rüppell & Höner, 2020).

Für spezifische Domänen scheint die Analyse von Unterrichtsvideovignetten zur Förderung der professionellen Wahrnehmung besonders vielversprechend zu sein (vgl. Steffensky, Gold, Holodynski & Möller 2015; Sunder, Todorova & Möller, 2016). Insbesondere zum Classroom Management als Analyseschwerpunkt liegen bereits Untersuchungen vor, welche von positiven Ergebnissen zur Förderung der professionellen Wahrnehmung berichten (vgl. Hellermann, Gold, Holodynski, 2015).
Nicht kritiklos scheint die Vermittlung von isolierten und aus dem Zusammenhang gelösten Wissensdomänen in universitären Ausbildungskontexten zu sein. So bemängeln Hörter, Gippert, Holodynski, und Stein (2020) die universitäre Ausbildung in isolierten Wissensdomänen - sie stünde im starken Kontrast zu den Anforderungen in der komplexen Unterrichtspraxis. Infolgedessen verweisen sie auf die besondere Bedeutsamkeit der Verknüpfung mehrerer domänenspezifischer Wissensbereiche (u.a. fachdidaktisches und pädagogisch-psychologisches Wissen). Dieser Hinweis wird im vorliegenden Projekt durch die Einbindung von Videovignetten, die komplexes Unterrichtsgeschehen abbilden, und durch die Kopplung von (naturwissenschaftsspezifischem) Classroom Management relevanten fachdidaktischen und pädagogisch-psychologischen Aspekten aufgegriffen.

Fragestellungen
Angesichts des anvisierten Ziels wird der Fragestellung nachgegangen, inwiefern eine wiederholte eigenständige Analyse authentischer Classroom Management Unterrichtsvideovignetten aus dem naturwissenschaftlichen Unterricht einen Einfluss auf die Entwicklung der professionellen Wahrnehmung und auf den Wissens- und Kompetenzerwerb zum Classroom-Management von Master-Lehramtsstudierenden der naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächer hat. Darüber hinaus wird untersucht, wie das Lehr-Lern-Konzept ausgestaltet sein muss, um lernwirksam hinsichtlich der Professionalisierung zum Classroom Management zu sein.

Methode
Die Effektivität des Lehr-Lern-Konzeptes wird innerhalb eines quantitativ-qualitativen Forschungsdesigns längsschnittlich über drei Semester untersucht. Die Untersuchungen teilen sich in drei wesentliche Bereiche auf, welche im Folgenden ausführlicher beschrieben werden.

Videoanalyse und Professionelle Wahrnehmung
Die kategoriebasierte Analyse der fachspezifischen Unterrichtsvideovignetten dient den Master-Lehramtsstudierenden als Anlass ihre professionelle Wahrnehmung zu trainieren. Sie erfolgt mithilfe eines induktiv-deduktiv entwickelten Kategoriensystems, welches an das Linzer Konzept der Klassenführung angelehnt und entsprechend in den Dimensionen Beziehungsförderung, Verhaltenskontrolle und Unterrichtsgestaltung ausdifferenziert ist (vgl. Lenske & Mayr, 2015). Die Messung der professionellen Wahrnehmung erfolgt in Anlehnung

an die situationsbezogenen Fähigkeiten „perception“, „interpretation“ und „decision-making“ (vgl. Blömeke, König, Suhl, Hoth & Döhrmann, 2015).

Wissens- und Kompetenzerwerb im Bereich Classroom-Management
Das Zusammenspiel zwischen der theoretischen Aneignung einer Wissensgrundlage und der praktischen Auseinandersetzung anhand der Unterrichtsvideovignetten zum Classroom Management wird durch den Einsatz standardisierter Fragebögen im Rahmen von Prä-Post-Erhebungen untersucht. Im Vordergrund der Untersuchungen stehen hierbei das selbsteingeschätzte Wissen über Klassenführung bzw. die selbsteingeschätzten Kompetenzen der Klassenführung (vgl. Thiel, Ophardt & Piwowar, 2013). Ferner erfasst ein adaptierter Situation Judgement Test (vgl. Weresch-Deperrois, 2014) das tatsächliche fachspezifische Classroom Management Wissen anhand von sehr kurzen Classroom Management relevanten Situationsbeschreibungen einer fiktiven Lehrkraft aus dem naturwissenschaftliche Unterricht. Die beschriebenen Situationen und die darauf bezogenen Interventionen werden von den Befragten hinsichtlich der Effektivität auf einer 6er-Likert-Skala von „sehr effektiv“ bis „sehr ineffektiv“ eingeschätzt. Um aussagekräftigere Ergebnisse realisieren zu können, werden die Messinstrumente durch eine Erhebung entsprechender Moderatorvariablen (z.B. Alter, Studienfächer und Praxiserfahrung) komplettiert.

Formative Evaluation
Eine formative Evaluation erfolgt über kurze leitfadengestützte Follow-Up-Interviews, die eine studierendenzentrierte Überarbeitung des Lehrkonzepts ermöglichen sollen. Zudem dient das individuelle Feedback dazu, eine nachhaltige Qualitätsentwicklung sicherzustellen.

Ausblick
Die durch die Corona-Pandemie bedingten Herausforderungen machen die Nutzung digitaler Formate (u.a. Online-Videodatenbank, Online-Umfragen und Videokonferenzen) innerhalb der Lehre und Forschung erforderlich. Hierfür wurden die bereits bestehenden Lehrinhalte, Unterrichtsvideovignetten und Erhebungsinstrumente entsprechend digital angepasst und aufbereitet. Infolgedessen kann das hier vorgestellte Lehr- und Forschungskonzept vollständig digital in synchronen wie auch asynchronen Lehr- und Lerneinheiten ab dem Wintersemester 2020/2021 durchgeführt werden.

Neben dem bereits vorgestellten Lehr- und Forschungskonzept finden an der Technischen Universität Braunschweig zudem weitere Untersuchungen zum (fachspezifischen) Classroom Management statt. Unter anderem wird die Entwicklung eines instruktions-psychologischen Trainings, welches die Master-Lehramtsstudierenden auf das Classroom Management in den naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächern vorbereitet, vom Institut für Pädagogische Psychologie vorangetrieben und ausgestaltet.

Hinweis
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 01JA1909 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.

Literatur

Baumert, J. & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. In: Zeitschrift für Erziehungswissenschaft (9). Wiesbaden: Springer Fachmedien. 469-520.

Blömeke, D., König, J., Suhl, U., Hoth, J. & Döhrmann, M. (2015). Wie situationsbezogen ist die Kompetenz von Lehrkräften? Zur Generalisierbarkeit der Ergebnisse von videobasierten Performanztests - In: Zeitschrift für Pädagogik (61/3). 310-327.

Eghtessad, A., Hilfert-Rüppell, D. & Höner, K. (2020). Videoanalyse von Unterricht angehender Lehrkräfte der Fächer Biologie, Chemie und Physik. In: Hauenschild, K.; Schmidt-Thieme, B.; Wolff, D.; Zourelidis, S. (Hg.). (2020): Videografie in der Lehrer*innenbildung. 75-88.

Helmke, A. & Helmke, T. (2015): Wie wirksam ist gute Klassenführung? Effiziente Klassenführung ist nicht alles, aber ohne sie geht alles andere gar nicht. In: Pädagogik Leben (2). 7-11.

Hellermann, C., Gold, B. & Holodynski, M. (2015): Förderung von Klassenführungsfähigkeiten im Lehramtsstudium – Die Wirkung eigener und fremder Unterrichtsvideos auf das strategische Wissen und die professionelle Wahrnehmung. In: Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie (47/2). Göttingen: Hogrefe Verlag.

Hilfert-Rüppell, D., Eghtessad, A. & Höner, K. (2018). Interaktive Videovignetten aus naturwissenschaftlichem Unterricht – Förderung der Diagnosekompetenz von Lehramtsstudierenden hinsichtlich der Experimentierfähigkeit von Schülerinnen und Schülern». MedienPädagogik (31). 125-142.

Hörter, P., Gippert, C., Holodynski, M. & Stein, M. (2020). Klassenführung und Fachdidaktik im (Anfangs-)Unterricht Mathematik erfolgreich integrieren – Konzeption einer videobasierten Lehrveranstaltung zur Förderung der professionellen Unterrichtswahrnehmung. HLZ – Herausforderung Lehrer*innenbildung, (3/1). 256-282.

Kersting, N., Givvin, K., Thompson, B., Santagata, R. & Stigler, J. (2012). Measuring usable knowledge: Teachers' analyses of mathematics classroom videos predict teaching quality and student learning. American Educational Research Journal, (49/3). 568–589.

Lenske, G. & Mayr, J. (2015). Das Linzer Konzept der Klassenführung (LKK). In: Zierer, K. (2015): Jahrbuch für allgemeine Didaktik. Schneider Verlag: Hohengehren.

Pawlak, F. & Groß, K. (2020a). Einsatz von Schülerexperimenten im inklusiven Chemieunterricht - Chancen und Herausforderungen aus Sicht der Chemielehrenden. In: Chemkon (27/1). Weinheim: Wiley-VCH Verlag. 1-7.

Sherin, M. G. & van Es, E. A. (2008): Effects of video club participation on teachers' professional vision (60). In: Journal of Teacher Education (1). 20–37.

Steffensky, M., Gold, B., Holodynski, M. & Möller, K. (2015). Professional Vision of Classroom Management and Learning Support in Science Classrooms - Does Professional Vision Differ Across General and Content-Specific Classroom Interactions? International Journal of Science and Mathematics Education (13). 351-368.

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.

Thiel, F., Ophardt, D. & Piwowar, V. (2013). Kompetenzen des Klassenmanagements (KODEK) - Entwicklung und Evaluation eines Fortbildungsprogramms für Lehrkräfte zum Klassenmanagement. URL: https://www.ewi-psy.fu-berlin.de/einrichtungen/arbeitsbereiche/schulentwicklungsforschung/downloads/Abschlussbericht-KODEK.pdf (letzter Aufruf: 08.10.2020)

Weresch-Deperrois, I. (2014). Entwicklung eines standardorientierten Situational Judgement Tests zur Erfassung professioneller pädagogischer Kompetenz. Dissertation. Frankfurt am Main. URL: https://d-nb.info/1054044112/34 (letzter Aufruf: 08.10.2020)

Dagmar Hilfert-Rüppell[1]
Kerstin Höner[1]

[1] Technische Universität Braunschweig

Diagnose- und Reflexionsfähigkeiten von Lehramtsanwärter*innen

Motivation und Zielsetzung

Eine hohe Diagnose- und kritisch-analytische Reflexionskompetenz von Lehrkräften sind wichtige Voraussetzungen für eine gelungene Unterrichtsplanung sowie für eine kognitive Aktivierung und individuelle Förderung von Schüler*innen (Helmke, 2009; Lipowsky, Rakoczy, Pauli, Drollinger-Vetter, Klieme & Reusser, 2009). Im Rahmen einer universitären Lehramtsmasterveranstaltung am Institut für Fachdidaktik der Naturwissenschaften (IFdN) zeigte sich, dass sich die Diagnosefähigkeit von Lehramtsstudierenden der naturwissenschaftlichen Fächer mit Hilfe von Analysen von Videovignetten aus authentischem Unterricht erfahrener Lehrkräfte anbahnen bzw. fördern lässt (Hilfert-Rüppell, Eghtessad & Höner, 2018). Inhaltlich fokussierte die Diagnose in Anlehnung an die Schritte des „professional vision" (Sherin, 2007; Seidel &Stürmer, 2014) auf experimentelle Problemlösefähigkeiten von Schüler*innen, wobei im Seminar eine lernförderliche Planung von Experimentierphasen thematisiert und diskutiert wurde. Das hier vorgestellte, darauf aufbauende Forschungsprojekt zielt nun auf die Begleitung „unserer" ehemaligen Studierenden in der 2. Phase der Lehrerbildung, um zu prüfen, ob diese ihre im Studium erworbene Diagnose- und Reflexionskompetenz im Unterricht anwenden können und sich dahingehend von Anwärter*innen mit einem Abschluss des Lehramtsstudiums an anderen Universitätsstandorten bzw. Quereinsteiger*innen unterscheiden. Die Studie kann einen Beitrag zur Etablierung eines übergreifenden Rahmenmodells zum diagnostischen unterrichtlichen Handeln und zur theoretischen Konzeptionierung des Diagnosebegriffs leisten (vergl. Ophuysen & Behrmann, 2015).

Theoretischer Hintergrund

In Bezug auf die Untersuchung von Diagnosekompetenz sind Selbstauskünfte in Forschungsarbeiten üblich, so dass ein Bedarf an Tools besteht, mit denen die Diagnose- und Reflexionsfähigkeiten im natürlichen Setting erhoben werden können (Blomberg, Sherin, Renkl, Glogger & Seidel, 2014; Meissel, Meyer, Yao & Rubie-Davies, 2017). Diagnostische Kompetenz von Lehrpersonen beschreibt folgende Fähigkeiten: „*Ziel ist es, Informationen über Lernergebnisse, Lernvoraussetzungen und Lernvorgänge von Schülerinnen und Schülern zu gewinnen, die für verschiedene pädagogische Entscheidungen (Notengebung, Versetzung, Übergangsempfehlungen, Unterrichtsplanung und -gestaltung, Schul- und Unterrichtsentwicklung) genutzt werden können*." (Schrader, 2013, S. 154). Reflexionskompetenz kann zusammengefasst als Fähigkeit beschrieben werden, eigene unterrichtliche Handlungen und deren Grenzen selbstkritisch zu analysieren und Handlungsalternativen zu formulieren (Wyss, 2008). Neben der Begriffsdefinition von Diagnose und Reflexion bleibt festzuhalten, dass divergierende Annahmen darüber, was diese umfasst, daher rühren, dass unterschiedliche Aspekte wie Gegenstand, Methode und Ziel modelliert werden. Ein aktuelles Modell des Diagnoseprozesses bei Lehrkräften, welches über die Akkuratheit des diagnostischen Urteils hinausgeht, unterscheidet in der methodischen Herangehensweise die drei Phasen präaktional, aktional und postaktional, die zyklisch verlaufen und durch verschiedene Qualitätsindikatoren

gekennzeichnet sind (Klug, Bruder, Kevala, Spiel & Schmitz, 2013). Einen umfassenderen Vorschlag zur Differenzierung und Modellierung unterbreiten Von Aufschnaiter, Cappell, Dübbelde, Ennemoser, Mayer, Stiensmeier-Pelster, Sträßer und Wolgast (2015). Sie gehen der Frage nach, welchen Stellenwert die Status-, Prozess-, Veränderungs- und Verlaufsdiagnostik im Zusammenhang mit der diagnostischen Kompetenz von Lehrkräften hat. Entscheidend für einen nachhaltigen Diagnosezyklus ist die Transformation von Kompetenz in Performanz vermittelt über situationsbezogene Fähigkeiten der Wahrnehmung (P), Interpretation (I) und (Handlungs)Entscheidung (D) im Sinne des Modells von Blömeke, Gustafsson und Shavelson (2015), in dem die Kompetenz von Lehrkräften als ein Kontinuum mit vielfachen Übergängen betrachtet wird (P-I-D model of competence transformation). Diagnosekompetenz setzt dabei die korrekte Wahrnehmung relevanter Unterrichtsmerkmale (noticing) und deren Bewertung unter Bezugnahme auf theoretisch fundiertes, pädagogisches Handlungswissen (reasoning) voraus (Seidel & Stürmer, 2014), während die analytisch- kritische Reflexionskompetenz das Betrachten des eigenen Planens und Handelns aus einer Distanz heraus (Wyss, 2008) inklusive des Generierens von begründeten Handlungsalternativen umfasst.

Forschungsdesign und -methodik

Diagnose- sowie Reflexionsfähigkeiten und -potenziale müssen mit beobachtbarer Praxis erschlossen werden, um so Hinweise auf potenzielle konzeptuelle Anpassungen zu erhalten. Die Forschungsfrage lautet, ob die gezielten Analysen von Videovignetten zur Anbahnung bzw. Förderung der Diagnose- und kritisch-analytischen Reflexionsfähigkeiten im Lehramtsstudium auf die Anwendung im eigenen Unterrichtsgeschehen übertragen und im Anwärterdienst genutzt werden können. Als Datengrundlage dienen Unterrichtsvideografien, Interviews und Fragebögen für die Anwärter*innen zum Stellenwert der Diagnostik in der Lehrerbildung und zur Selbsteinschätzung ihrer eigenen diagnostischen und reflexiven Fähigkeiten, die mit dem Urteil aus Fragebögen der fachdidaktischen Fachseminarleitung abgeglichen werden. Die Auswertung der Unterrichtsvideografie, die situationsspezifisch im authentischen Unterrichtsgeschehen die Analyse anhand konkreter Performanz ermöglichen, sowie das sich nach dem Unterricht anschließende Reflexionsgespräch und einem ca. 45-minütigen Leitfadeninterview liefern Daten auch zur Prozessdiagnostik. Die Untersuchung und Verknüpfung von Status- und Prozessdiagnostik kann wertvolle Hinweise darüber liefern, auf welche theoretischen Kenntnisse und Vorerfahrungen präaktional (Unterrichtsentwurf), auf welche Beobachtungen und Entscheidungen im Unterricht - also aktional (Videografie) - und auf welche Aspekte in der Reflexion, d.h. postaktional (Reflexionsgespräch und Leitfadeninterview) Bezug genommen wird. Die Unterrichtsvideos werden entsprechend eines Event-Sampling (Faßnacht, 1995) nach relevanten Sequenzen mit (erforderlichem) diagnostischem Verhalten analysiert und mit genannten Diagnoseaspekten im Reflexions-gespräch abgeglichen. Die qualitative Datenauswertung der wort-wörtlich transkribierten Interviews erfolgt inhaltsanalytisch nach Mayring (2015) im Analyseprogramm MAXQDA (Version 2018) in Form einer deduktiven Codierung anhand unterschiedlicher theoretischer Modellierungen von Diagnostik und diagnostischer Kompetenz, sowie einer induktiven Codierung der Fundstellen anhand von Ankerbeispielen nach inhaltlichen Ähnlichkeiten.

Stand der Studie

Prozesse des Kompetenzaufbaus und -verlaufs zu untersuchen, ist aufwendig. Ohne deren Kenntnisse bleibt aber unklar, wie Interventionsmaßnahmen gestaltet sein müssen. Eine

Herausforderung liegt in der Vielzahl der beteiligten Akteur*innen: Es müssen ausreichend Probanden gewonnen und Genehmigungen bei den zuständigen Behörden eingeholt werden, um systematisch die Aufrechterhaltung und Weiterentwicklung der unterrichtlichen Diagnose- und Reflexionsfähigkeiten untersuchen zu können. Diese sind jedoch nur zwei Facetten von vielen, die die professionelle Kompetenz von Lehrkräften ausmachen und hier unberücksichtigt bleiben (vergl. Kaiser, Helm, Retelsdorf, Südkamp & Möller, 2012). Aufgrund des begrenzten Umfangs dieses Beitrags und des frühen Zeitpunkts bei der Datenerhebung und -auswertung können nur Einblicke in die Daten der Fragebögen und der Interviews der Anwärter*innen gegeben werden: Die Stichprobe an Fragebögen von Anwärter*innen umfasst zurzeit 10 Probanden im Alter von 24 bis 54 Jahren (sieben weiblich, drei männlich). Sieben Probanden sind ehemalige Studierende des IFdN und haben ein Lehramtsstudium mit dem Schulziel Haupt-/Realschule/IGS absolviert, eine Person hat ihr Lehramtsstudium an einer anderen Universität mit dem Schulziel IGS abgeschlossen, zwei Personen sind Quereinsteiger*innen. Alle Probanden haben mindestens eine Naturwissenschaft studiert. Der eigenverantwortliche Unterricht im naturwissenschaftlichen Fach variiert zwischen 2-7, der betreute Unterricht zwischen 0-5 h/Woche. Drei Befragte sind weniger als 8 Monate im Anwärterdienst, alle anderen zwischen 12 und 18 Monaten.

Erste Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Befragten in der Planung eines Lehrerexperiments oder eines angeleiteten Schülerexperiments sicherer als bei der Planung und Durchführung einer Unterrichtsstunde mit offenem Schülerexperiment sind. Bei der Durchführung einer Unterrichtsstunde mit Lehrerdemonstrationsexperiment fühlen sie sich unsicherer als bei einer mit angeleitetem Schülerexperiment. Die Probanden wurden darüber hinaus gefragt, wie sicher sie sich in der Diagnose verschiedener Schülerleistungsbereiche seien. Am unsichersten sind sich die Befragten bei der Einschätzung der Schülerleistungen beim Experimentieren im Unterricht, am sichersten bei der Einschätzung der Schüler im Leistungsbereich im Allgemeinen. Bis zum jetzigen Zeitpunkt liegen sechs transkribierte Interviews vor. Die Kategorisierung erfolgte zunächst am Material der einzelnen Teilnehmer*innen. Es konnten Kategorien mit knapp 500 Codes und Subcodes identifiziert werden. Das Gros der Aussagen zur Diagnostik lässt sich in das Konstrukt der Statusdiagnostik einordnen, deutlich weniger Fundstellen fallen in die Prozessdiagnostik. Aussagen zur Verlaufs- und Veränderungsdiagnostik konnten bisher nur jeweils zweimal zugeordnet werden. Äußerungen zur Diagnosetätigkeit während der Planung (präactional) und während des Unterrichtens (actional) sind nahezu zu gleichen Anteilen vertreten: „*Ich geb mir ja immer am Anfang sehr viel - also ich plane sehr genau, geb mir schon sehr viel Mühe* [B4, Zeile 171]; „ … *ich weiß, wo Probleme auftreten* [...] *ich sehe es schon in der Stunde."* [B5, Zeile 106]. Hingegen nehmen Aussagen zur Diagnose in der Reflexion (postactional) nur in einem Drittel der Fundstellen Bezug: „ *... und im Nachhinein, also das […] durchzuführen und dann zu reflektieren*." [B3, Zeile 424]; „ … *und im Nachhinein bei der Reflexion habe ich dann meinem Seminarleiter gesagt, also, die Stunde lief rund, das ist die einzige Stelle, da wo ich ein Problem hatte, das habe ich schon vorher gewusst, das habe ich in der Stunde gemerkt und jetzt besprechen wir kurz, wie ich das hätte anders machen können."* [B5, Zeile 112].
Neben der Methoden-Triangulation und der fallübergreifenden Analyse bietet das Datenmaterial die Möglichkeit der Perspektiven-Triangulation durch die Befragungen der ausbildenden Fachseminarleitungen. Diese Auswertungen werden nun parallel vorgenommen.

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 01JA1909 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen.

Literatur

Aufschnaiter, C. v., Cappell, J., Dübbelde, G.; Ennemoser, M., Mayer, J., Stiensmeier-Pelster, J., Sträßer, R., & Wolgast, A. (2015). Diagnostische Kompetenz - Theoretische Überlegungen zu einem zentralen Konstrukt der Lehrerbildung. *Zeitschrift für Pädagogik,5*, 738-758.

Blömeke, S., Gustafsson, J.-E., & Shavelson, R.J. (2015). Beyond Dichotomies. Competence Viewed as a Continuum. *Zeitschrift für Psychologie, 223 (1)*, 3-13. doi: 10.1027/2151-2604/a000194

Blomberg, G., Sherin, M. G., Renkl, A., Glogger, I., & Seidel, T. (2014). Understanding video as a tool for teacher education: Investigating instructional strategies to promote reflection. *Instructional Science, 42 (3)*, 443-463. doi:10.1007/s11251-013-9281-6

Faßnacht, G. (1995). *Systematische Verhaltensbeobachtung. Eine Einführung in die Methodologie und Praxis*. München: Reinhardt.

Helmke, A. (2009). Unterrichtsforschung. In K.-H. Arnold, U. Sandfuchs, & J. Wiechmann (Hrsg.), *Handbuch Unterricht* (2. Aufl., S. 44-50). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Hilfert-Rüppell, D., Eghtessad, A. & Höner, K., (2018). Interaktive Videovignetten aus naturwissenschaftlichem Unterricht. Förderung der Diagnosekompetenz von Lehramtsstudierenden hinsichtlich der Experimentierfähigkeit von Schülerinnen und Schülern. *Zeitschrift für Medienpädagogik 31*, 124-141. doi: http://dx.doi.org/10.21240/mpaed/31/2018.03.31.X

Kaiser, J., Helm, F., Retelsdorf, J., Südkamp, A., & Möller, J. (2012). Zum Zusammenhang von Intelligenz und Urteilsgenauigkeit bei der Beurteilung von Schülerleistungen im Simulierten Klassenraum. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 26*, 251-261.

Klug, J., Bruder, S., Kelava, A., Spiel, C., & Schmitz, B. (2013). Diagnostic competence of teachers. A process model that accounts for diagnosing learning behavior tested by means of a case scenario. *Teaching and Teacher Education, 30*, 38-46.

Lipowsky, F., Rakoczy, K., Pauli, C., Drollinger-Vetter, B., Klieme, E., & Reusser, K. (2009). Quality of geometry instruction and its short-term impact on students' understanding of the Pythagorean Theorem. *Learning and Instruction, 19 (6)*, 527-537.

Mayring, P. (2015). Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. Weinheim, Basel: Beltz.

Meissel, K., Meyer, F., Yao, E. S., & Rubie-Davies, C. M. (2017). Subjectivity of teacher judgments: Exploring student characteristics that influence teacher judgments of student ability. *Teaching and Teacher Education, 65*, 48–60. https://doi.org/10.1016/j.tate.2017.02.021

Ophuysen, S. van & Behrmann, L. (2015). Die Qualität pädagogischer Diagnostik im Lehrerberuf - Anmerkungen zum Themenheft „Diagnostische Kompetenzen von Lehrkräften und ihre Handlungsrelevanz“ *Journal for educational research* 7 (2), 82-98.

Schrader, F.-W. (2013). Diagnostische Kompetenz von Lehrpersonen. Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung, 31 (2), 154-165.

Seidel, T., & Stürmer, K. (2014). Modeling and Measuring the Structure of Professional Vision in Preservice Teachers. *American Educational Research Journal, 51*, 739-771.

Sherin, M.G. (2007). The development of Teachers’ Professional Vision in Video Clubs. In R. Goldman, R. Pea, B. Barron, & S.J. Derry (Hrsg.), *Video Research in the Learning Sciences*. London: Lawrence Erlbaum Associated Publishers, 383-395.

Wyss, C. (2008). Zur Reflexionsfähigkeit und -praxis der Lehrperson. *Bildungsforschung 5 (2)*, https://www.pedocs.de/volltexte/2014/4599/pdf/bf_2008_2_Wyss_Reflexionsfaehigkeit.pdf [zuletzt abgerufen am 28.09.2020].

Annika Nimz[1] [1]TU Braunschweig
Cornelia Borchert[1]
Kerstin Höner[1]

ProSciencE⁺: Nature of Science mit aktuellen Forschungsthemen vermitteln

Problemaufriss und Ziel der Studie

Unter Nature of Science (kurz: NOS) versteht man (Meta-)Wissen *über* Naturwissenschaften. Dieses beinhaltet unter anderem Vorstellungen über naturwissenschaftliche (Erkenntnis-)Prozesse, über die Person und Arbeit als Wissenschaftler*in sowie Werte und Annahmen über die Rechtfertigung und Gültigkeit von Wissen in den Naturwissenschaften (Ertl, 2010).

Die Vermittlung adäquater Ansichten über NOS stellt ein übergeordnetes Bildungsziel der Lehrerbildung dar (KMK, 2019) und ist hilfreich zur reflektierten Einordung vielfältiger Informationen in den Medien. Befunde verschiedener Studien weisen allerdings darauf hin, dass sowohl Schüler*innen als auch Studierende und Lehrkräfte eher inadäquate NOS-Vorstellungen besitzen (z.B. Hofheinz, 2010; Lederman, 2007). Weitere Ergebnisse zeigen, dass Lehrkräfte NOS-Aspekte (wenn überhaupt) eher implizit in den Unterricht einbeziehen (Höttecke, 2001), obwohl wissenschaftliche Befunde darauf verweisen, dass explizite NOS-Reflexionen eher zu angemessenen NOS-Vorstellungen führen können (Deng, Chen, Tsai & Chai, 2011; Khishfe & Abd-El-Khalick, 2002).

Des Weiteren geht aus anderen Untersuchungen hervor, dass forschendes Lernen als eine Methode der expliziten Vermittlung von NOS (Henke, 2016) motivierend auf Studierende wirkt (Dürnberger, Reim & Hofhues, 2011). Weitere Befunde zeigen, dass Fachenthusiasten eher über fundierte Vorstellungen zu wissenschaftstheoretischen Begriffen verfügen und rezeptartiges Lernen eher ablehnen (Gramzow, Riese & Reinhold, 2011). Ergebnisse der IPN-Videostudie und der Qualitätsoffensive Lehrerbildung I zeigen einen positiven Zusammenhang zwischen dem Wissenschaftsverständnis von Lehrenden und ihrem schülerorientierten Lehr-Lernverständnis auf (Seidel, Schwindt, Rimmele & Prenzel, 2009; Gimbel, Ziepprecht & Mayer, 2018).

Aus diesen Gründen scheint es notwendig, Lehramtsstudierende naturwissenschaftlicher Fächer stärker als üblich mit NOS-Wissen und dessen Vermittlung vertraut zu machen. Dies ist ein Ziel des Projektes ProSciencE⁺, in das aktuelle Fach- und Forschungsthemen in die Lehramtsausbildung mit einbezogen und unter der NOS-Perspektive reflektiert werden. Aus dieser Verbindung von aktueller Forschung aus den Natur- und angrenzenden Ingenieurwissenschaften (implizite Vermittlung) mit der expliziten Vermittlung von NOS-Inhalten soll erreicht werden, dass die Studierenden adäquate NOS-Vorstellungen ausbilden, welche sie an ihre zukünftige Schülerschaft weitergeben können. Dabei fließen auch die Vermittlungsmöglichkeiten an Schüler*innen als Seminarinhalte ein.

Seminarkonzept

Das Seminar „SciencE⁺ erschließen“ richtet sich an Lehramtsstudierende der Fächer Chemie und Physik und dient u.a. zur Vorbereitung auf das eigene wissenschaftliche Forschen im Rahmen der Bachelorarbeit. Die Studierenden erarbeiten selbstständig ein eigenes

Forschungsprojekt zu einem aktuellen Forschungsthema aus der Fachwissenschaft und durchlaufen den Zyklus des naturwissenschaftlichen Forschungsprozesses (über Antragsstellung, Durchführung bis hin zur Präsentation der Ergebnisse im Tagungsstil, vgl. Borchert, Nimz, Sonntag & Bodensiek, in diesem Band; Nehring & Lüttgens, 2019). Angeleitet werden sie durch themenbezogene, wöchentliche Sitzungen zum Vorgehen beim Forschen in den Naturwissenschaften (u.a. Literaturrecherche, Forschungsfragen und Hypothesen formulieren). Darin eingebettet finden auch die Interventionssitzungen zu NOS statt. Dort setzen sich die Studierenden intensiv mit den Themen „Grundbegriffe in den Naturwissenschaften“, „Ablauf des naturwissenschaftlichen Forschungsprozesses“, „Kernaspekte der NOS“ sowie „NOS in Universität und Schule“ auseinander.

Forschungsfragen und Hypothesen

Auf Basis des darlegten Problemaufrisses ergeben sich folgende Forschungsfragen und Hypothesen:

F1: Welche NOS-Vorstellungen zeigen Lehramtsstudierende der Fächer Chemie und Physik?

F2: Wie verändert die explizite Vermittlung von NOS-Inhalten das NOS-Verständnis von Lehramtsstudierenden der Fächer Chemie und Physik im Vergleich zur impliziten Vermittlung?

H1: Lehramtsstudierende der Fächer Chemie und Physik verfügen vor der Intervention über inadäquate Vorstellungen über NOS.

H2: Die explizite Vermittlung von NOS-Inhalten hat eine positivere Wirkung auf das NOS-Verständnis der Studierenden als die implizite Vermittlung.

H3: Es besteht ein positiver Zusammenhang zwischen dem NOS-Verständnis von Lehramtsstudierenden der Fächer Chemie und Physik und ihrer Motivation, ihren schülerorientierten Lehr-Lern-Überzeugungen und ihrem Fachenthusiasmus.

Untersuchungsdesign und Methodik

Die Entwicklung des NOS-Verständnisses der Studierenden wird in einem quasi-experimentellen Prä-Post-Design mit Alternativtreatment-Gruppe untersucht (siehe Abb.1). Die Interventionsgruppe besucht im Rahmen des Seminars „SciencE^{+} erschließen“ vier Sitzungen, in denen explizit NOS-Themen besprochen werden. Die Kontrollgruppe erhält ein Alternativtreatment zum mathematischen Modellieren und Simulieren (M+S).

Im SoSe 2020 wurde zur empirischen Untersuchung der Wirksamkeit der NOS-Intervention ein Fragebogen mit Items aus der Literatur und weiteren Items zu relevanten Aspekten zusammengestellt (vgl. Ertl, 2010; Kremer, 2010). Dieser besteht aus vier Teilen. Im ersten Testteil werden quantitative Daten zu persönlichen Ansichten zu NOS mithilfe einer fünfstufigen Likert-Skala („stimme voll und ganz zu“ bis „stimme gar nicht zu“) gewonnen (Bsp.-Item: „Soziale Aspekte, wie z.B. Traditionen und gesellschaftliche Werte, spielen in den Naturwissenschaften keine Rolle.“, geändert nach Ertl, 2010). Im zweiten Teil werden über offene Fragen qualitative Aussagen der Proband*innen zum Verständnis von NOS erhoben. Im dritten Teil werden die Begleitvariablen Motivation (Wilde, Bätz, Kovaleva & Urhahne, 2009), schülerorientierte Lehr-Lern-Überzeugungen (Lindner, Klusmann, Baum, Brouër et al., 2018a; Seidel, Prenzel, Duit & Lehrke, 2003) und Fachenthusiasmus (Lindner, Klusmann, Baum, Brouër et al., 2018b) ebenfalls mit likert-skalierten Items erfasst sowie im letzten Teil demografische Daten der Studierenden erfragt.

Die Auswertung der quantitativen NOS-Daten erfolgt über einen Vergleich der Antworten aus einem Expert*innen-Rating mit 20 Teilnehmer*innen, die in der Chemie- und Physikdidaktik tätig sind. Die qualitativen Antworten werden qualitativ-inhaltsanalytisch kategorisiert und ausgewertet.

Leitfaden-gestützte Follow-Up Interviews schließen sich an die schriftliche Erhebung an (Abb. 1). Die Interviews dienen der qualitativen Evaluation der NOS-Intervention, um die Lehrveranstaltung „SciencE$^+$ erschließen“ zu optimieren sowie der vertiefenden Befragung der Seminarteilnehmer*innen zu ihren NOS-Vorstellungen.

Im SoSe2020 fand der erste Seminardurchlauf mit neun Bachelor-Studierenden der Chemie- und Physikdidaktik statt, von denen fünf Proband*innen die NOS-Intervention besucht haben und drei Proband*innen das M+S-Alternativtreatment erhielten (ein Datensatz ohne Angabe).

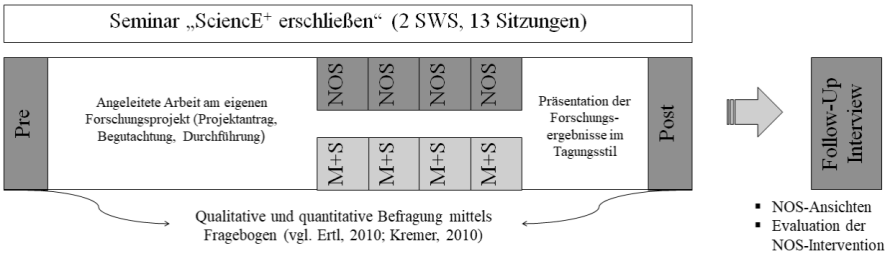


Abb. 1 - Untersuchungsdesign im Seminar "SciencE$^+$ erschließen"

Vorläufige Ergebnisse und Ausblick

Erste Analysen der qualitativen schriftlichen Befragung deuten teilweise auf inadäquate NOS-Vorstellungen hin (S1: „Eine Theorie ist eine Behauptung, die überprüft werden muss, damit sie ggf. zu einem Gesetz werden kann.“). Außerdem nannten die Studierenden vor der Intervention keine oder nur wenige Ideen zur Vermittlung von NOS-Inhalten im Schulunterricht. Die wenigen Vorschläge sprachen zudem ausschließlich implizite Methoden an (S2: „Komplette Durchführung eines Experiments kann die naturwissenschaftliche Arbeitsweise aufzeigen“). Nach der Intervention wurden in der schriftlichen Befragung auch explizite Gestaltungsmethoden zur NOS geäußert (S3: „Beispielhaft durch […] Atommodelle, Bezug auf die historischen Aspekte.“). Aus den Follow-Up-Interviews geht hervor, dass die Lehramtsstudierenden die Durchführung eines eigenen Forschungsprojektes als Lerngelegenheit für NOS-Wissen wahrgenommen haben. Zum jetzigen Zeitpunkt liegen aufgrund der geringen Stichprobe keine repräsentativen Ergebnisse vor. Insgesamt deuten diese ersten Ergebnisse aber auf die Notwendigkeit der Vermittlung von NOS-Inhalten im Lehramtsstudium hin, die mit dem Projekt ProSciencE$^+$ umgesetzt wird. Die Erkenntnisse aus der Evaluation werden genutzt, um die Intervention zu überarbeiten. In den kommenden Semestern schließen sich weitere Datenerhebungen an.

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 01JA1909 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen.

Literatur

Deng, F., Chen, D.-T., Tsai, C.-C., & Chai, C.S. (2011). Students' views of the nature of science: a critical review of research. Science Education, 95(6), 961–999

Dürnberger, H., Reim, B., & Hofhues, S. (2011). Forschendes Lernen. Konzeptuelle Grundlagen und Potenziale digitaler Medien. In T. Köhler & J. Neumann (Eds.), Wissensgemeinschaften. Digitale Medien – Öffnung und Offenheit in Forschung und Lehre (Medien in der Wissenschaft, Bd.60, Münster: Waxmann, 209–219

Ertl, D. (2010). The Nature of Science: Das Wesen / Die Natur der Naturwissenschaften. Plus Lucis, 1–2, 5–7

Gimbel, K., Ziepprecht, K., & Mayer, J. (2018). Verzahnung von fachlichem und fachdidaktischem Wissen in der Biologie. In Maurer, C. (Ed.), Qualitätsvoller Chemie - und Physikunterricht - normative und empirische Dimensionen. Regensburg: Universität Regensburg, 102–105

Gramzow, Y., Riese, J., & Reinhold, P. (2011). Wissensbasierte Kompetenzprofile angehender Physiklehrkräfte. In Didaktik der Physik, 1/10, 10–21

Henke, A. (2016). Lernen über die Natur der Naturwissenschaften – Forschender und historisch orientierter Physikunterricht im Vergleich. ZfDN 22, 123–145

Hofheinz, V. (2010). Das Wesen der Naturwissenschaften: Was die Naturwissenschaften ausmacht. Naturwissenschaften im Unterricht, 8–13

Höttecke, D. (2001). Die Vorstellungen von Schüler und Schülerinnen von der „Natur der Naturwissenschaft". ZfDN 7, 7–23

Khishfe, R., & Abd-El-Khalick, F. (2002). Influence of explicit and reflective versus implicit inquiry-oriented instruction on sixth graders' views of nature of science. Journal of Research in Science Teaching, 39(7), 551–578

Kremer, K. H. (2010). Die Natur der Naturwissenschaften verstehen – Untersuchungen zur Struktur und Entwicklung von Kompetenzen in der Sekundarstufe I. Universität Kassel, Kassel

Kultusministerkonferenz (KMK). (2019). Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.10.2008 i. .d. F. vom 14.03.2019). Berlin, Bonn: Sekretariat der Ständigen Kultusministerkonferenz der Länder in der Bundesrepublik Deutschland

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. Mahwah, N.J., New York, NY: Lawrence Erlbaum Associates; Routledge, 831–880

Lindner, C., Klusmann, U., Baum, M., Brouër, B. et al. (2018a). STePS 2017: Skalenhandbuch zur Dokumentation der Evaluationsinstrumente im Projekt „Lehramt mit Perspektive an der CAU Kiel". 1. Messzeitpunkt. Kiel: IPN

Lindner, C., Klusmann, U., Baum, M., Brouër, B. et al. (2018b). STePS 2018: Skalenhandbuch zur Dokumentation der Evaluationsinstrumente im Projekt „Lehramt mit Perspektive an der CAU Kiel". 2. Messzeitpunkt. Kiel: IPN

Nehring, A., & Lüttgens, U. (2019). Die Tagungsmethode: Kommunikationskompetenz und Nature-of-Science-Konzepte handlungs- und problemorientiert fördern. Naturwissenschaften im Unterricht - Chemie, 14–19

Seidel, T., Prenzel, M., Duit, R., & Lehrke, M. (2003). Technischer Bericht zur Videostudie „Lehr-Lern-Prozesse im Physikunterricht". Kiel: IPN, 246–248

Seidel, T., Schwindt, K., Rimmele, R., & Prenzel, M. (2009). Konstruktivistische Überzeugungen von Lehrpersonen: Was bedeuten sie für den Unterricht?. In: Meyer M.A., Prenzel M., Hellekamps S. (Eds.) Perspektiven der Didaktik. VS Verlag für Sozialwissenschaften

Wilde, M., Bätz, K., Kovaleva, A., & Urhahne, D. (2009). Überprüfung einer Kurzskala intrinsischer Motivation (KIM). ZfDN 15, 31–45

Lena Schenk[1]
Miriam Langlotz[1]
Rainer Müller[1]

[1]Technische Universität Braunschweig

Fachsprachlichkeit im Physikunterricht und Textverstehen

Fachsprache im Unterricht

Da im schulischen Kontext die Wissensvermittlung in erster Linie sprachlich erfolgt (Redder, 2013), kommt der Sprache eine zunehmend tragende Rolle zu. Entsprechend ist Sprachbildung nicht mehr ausschließlich die Aufgabe des Faches Deutsch, sondern jedes Unterrichtsfach stellt eigene sprachliche Anforderungen im schulischen Alltag (MK Niedersachsen, 2020). Entsprechend weisen mittlerweile die Lehrpläne vieler Unterrichtsfächer Sachtexten einen zentralen Stellenwert zu (Gräsel, 2010) und machen diese zu einem Leitmedium des Lehrens und des Lernens (Schmitz, 2016).

Betrachtet man naturwissenschaftlichen Unterricht im sprachlichen Kontext, so wird im direkten Fächervergleich die dort verwendete Sprache in ihrer Konstruktion und Anwendung als deutlich schwieriger empfunden (Leisen, 2011). Im Speziellen gilt dies auch für den Physikunterricht, in dem die Fachsprache als eines der größten Hindernisse für das schulische Lernen angesehen werden kann (ebd.). Für die Vermittlung fachlicher Inhalte stellen diese Hürden also zusätzliche sprachliche Herausforderungen bei der Wissensvermittlung dar. Entsprechend gewinnt die sprachsensible Unterrichtsgestaltung zunehmend an Bedeutung in der Ausbildung von Lehrerinnen und Lehrern.

Qualitätsoffensive Lehrerbildung und TU4Teachers

Die *Qualitätsoffensive Lehrerbildung (QLB)* des *Bundesministeriums für Bildung und Forschung* unterstützt bundesweit Hochschulen bei der Ausbildung von Lehrkräften und ermöglicht so Lösungen für die aktuellen Herausforderungen in der Lehrkräftebildung. Durch die gezielte Förderung von Projekten soll so u.a. eine Verbesserung des Lehramtsstudiums und eine stärkere Verbindung von Fachwissenschaft, Fachdidaktik und Bildungswissenschaft herbeigeführt werden (BMBF, 2020)

Das im Rahmen der Qualitätsoffensive Lehrerbildung geförderte Projekt *TU4Teachers* an der TU Braunschweig beinhaltet sechs Teilprojekte unterschiedlicher Disziplinen und Schwerpunkte. Oberstes Ziel des Projektes ist die Forschung in Ausbildung und Praxis für aktuelle Themenfelder, sowie die Vernetzung aller beteiligten Teilprojekte. So soll nachhaltig die Qualität der Lehrausbildung verbessert werden (TU4Teachers, 2020).

Um diesen (fach)übergreifenden Austausch zu forcieren kooperieren die beiden Teilprojekte *Diagonal NaWi Physik* der Abteilung *Physik und Physikdidaktik* und *Mehr-Sprache*[2] der Abteilung *Didaktik der deutschen Sprache und Literatur* in *TU4Teachers* miteinander. Dabei ist eine zentrale Zielsetzung dieser Kooperation der Kompetenzaufbau von Lehramtsstudierenden hinsichtlich der adressatengerechten Formulierung von Lehrtexten und Aufgabenstellungen. Dazu sollen handlungsorientierte Beschreibungsmodelle aus der Sprachdidaktik auf den Physikunterricht übertragen werden und so zu einer sprachlichen Reduktion im Physikunterricht beitragen.

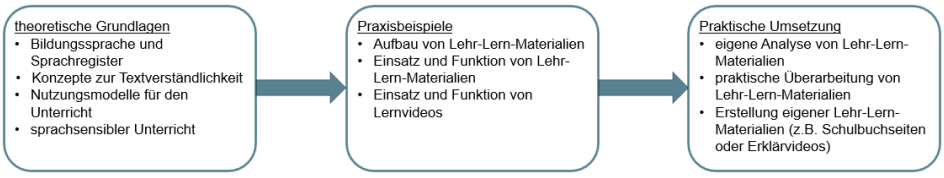
Kooperatives Seminar beider Fachdisziplinen

In einem ersten Schritt wurde von beiden Fachdisziplinen das gemeinsame Seminar *Physiklernen und Sprache* bzw. *Sprache in fachlichen Lehr-Lern-Prozessen* entwickelt, welches sich interdisziplinär an Studierende beider Fachrichtungen richtet.

Das Seminar vereint dabei die Zielsetzungen beider Projekte hinsichtlich der sprachlichen und fachlichen Gestaltung von Unterricht und verfolgt einen deduktiven Ansatz von den theoretischen Grundlagen bis hin zur praktischen Ausarbeitung. Dabei sollen im Idealfall Studierende der Physik und der Germanistik in einen gegenseitigen Austausch treten und durch Diskussionen eigene Ansätze reflektieren und weiterentwickeln.

Gliederung des Seminars

Das Seminar geht dabei in einem Dreischritt vor. Zu Anfang stehen die theoretischen Grundlagen, an die sich die Reflexion von Praxisbeispielen anschließt, bevor eine Einheit zur praktischen Umsetzung der gewonnenen Erkenntnisse den Abschluss bildet. Konkret sieht dies wie folgt aus, wobei jeder der drei Teilbereiche in der praktischen Umsetzung in etwa einem Drittel eines Vorlesungszeitraums entspricht:



Den Anfang bilden die Grundlagen der Sprachbildung und der Textverständlichkeit. Zunächst wird die Bildungssprache eingeführt und über eine Begriffsannäherung definiert (z.B. nach Gogolin/Lange, 2011). Eine anschließende Klassifizierung von Sprachregistern führt dann zur Bildung von Sprachregistern in der Schule (z.B. nach Maaß, 2015). Durch die Einführung der Reading-Ease-Formel (nach Flesch, 1948) wird ein erstes Gefühl hinsichtlich leichter und schwieriger Textkonstruktionen entwickelt. Die Betrachtung von Verständlichkeitsmodellen (z.B. das Hamburger Verständlichkeitsmodell nach u.a. Schulz von Thun) und die Einordnung in den schulischen Kontext runden den theoretischen Teil ab. Den Abschluss der Theorieeinheit bildet das Angebot-Nutzungsmodell für den Unterricht (nach Helmke, 2007). Durch das Übertragen des Modells auf die eigene Lehrsituation wird ein erster Zugang auf die Vielfältigkeit des Lehrens sowie die inner- und außerschulischen Einflüsse auf den Unterricht und das Textverstehen gelegt.

Im zweiten Semesterdrittel werden die gelernten Theorien und Ansätze auf bereits existierende Praxisbeispiele übertragen. Dabei werden Lehr-Lern-Materialien wie Lehrwerke, Arbeitsblätter, Lernvideos,… genauer betrachtet. Auf der Grundlage der gelernten Ansätze und Theorien wird ihre Umsetzung hinsichtlich Sprache und Textverwendung eingeordnet und diskutiert. Dabei werden zunächst die Rahmenbedingungen wie Einsatzort, Adressat und Inhalt in den Kontext gerückt, bevor die Umsetzung als solche diskutiert werden kann. Ebenso werden die curricularen Vorgaben (z.B. Lehrpläne der Länder) der einzelnen Fächer hinsichtlich ihrer sprachlichen Anforderungen in den Blick genommen und die Umsetzung im Material diskutiert.

Im letzten Semesterdrittel werden im Rahmen von Kleinprojekten die Seminarergebnisse praktisch umgesetzt. Die Studierenden erarbeiten in disziplinübergreifenden Gruppen Kleinprojekte, für die sich ihnen vielfältige Möglichkeiten bieten. So können beispielsweise die zuvor kritisch diskutierten bestehenden Lehr-Lern-Materialien überarbeitet und verbessert

werden. Im digitalen Bereich bietet sich das Schreiben eines Stroryboards für Erklärvideos unter der Berücksichtigung von Textmerkmalen an, welches dann in einem nächsten Schritt adressatengerecht umgesetzt werden kann.
Ein Posterrundgang mit Präsentation der Ergebnisse bildet den Abschluss des Seminars.

Implementierung des Seminars während der Corona-Pandemie
Das kooperative Seminar wurde erstmals im Sommersemester 2020 interdisziplinär mit 29 Studierenden beider Fachbereiche durchgeführt. Im Zuge der Umstellung auf ein digitales Semester musste auch das Konzept des Seminars kurzfristig angepasst und modifiziert werden. Im universitären Lernmanagementsystem (hier Stud.IP) ist so ein digitales Seminar entstanden, welches von den Studierenden online bearbeitet werden kann. So wurden im ersten Seminardrittel die Seminarstunden entweder als Web-Seminar in Echtzeit gehalten oder aber als Online-Kurs als Wochenaufgabe angelegt. Die Diskussionen im zweiten Drittel wurden durch interaktive Mindmaps und Foren unterstützt und können rückblickend eingesehen werden. Ebenso digitale Aufgaben zur Wissensabfrage.
Am stärksten geändert werden musste der letzte Teil des Seminars. Durch die Abstandsregelungen gestaltete sich die Durchführung in Kleingruppen schwierig. Durch die zusätzlichen Einschränkungen des schulischen Lebens und der starken Einbindung der Lehrkräfte waren Kleinprojekte in diesem Bereich ebenfalls nicht möglich. Neben Einzelarbeiten konnten ausgewählte Projekte jedoch in Zweiergruppen durchgeführt werden, sodass bei der Erarbeitung zumindest ein kleiner Austausch gewährleistet werden konnte.
Um den Austausch dennoch zu fördern, wurden die Arbeiten in Peer-Reviews vorgestellt und in Feedbackrunden Anregungen ausgetauscht.

Ausblick und Verwendung der Ergebnisse in kommenden Semestern
Nach Abschluss des Seminars liegen im Projekt nun folgende Kleinprojekte der Studierenden vor:
- sprachliche Analysen von Lehrbuchseiten (diverser Fächer);
- sprachlich überarbeitete Lehrbuchseiten (diverser Fächer);
- sprachsensibel erstellte Erklärvideos (z.B. zum waagerechten Wurf)
- sprachfördernde Lernspiele (z.B. Activity oder Physiker-Quartett)

Diese Ansätze und Ausarbeitungen können nun für den künftigen Projektverlauf genutzt und weitergeführt werden. Ebenso liegt das Seminar als digitale Lerneinheit vor und kann für folgende Semester genutzt werden. Mit den gemachten Erfahrungen kann es problemlos modifiziert und angepasst und ebenso fast gänzlich als Blended-Learning-Einheit aufgebaut werden.
Im Wintersemester 2020/21 wird ein adaptiertes Seminar für Studierende der Germanistik angeboten. Im Sommersemester 2021 wird das Seminar voraussichtlich wieder in Kooperation beider Abteilungen durchgeführt.

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 01JA1909 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

Literatur

BMBF (2020). https://www.qualitaetsoffensive-lehrerbildung.de/de/programm-50.html (zuletzt geprüft am 30.10.2020)

Flesch, R. (1948). A New Readability Yardstick. In: Journal of Applied Psychology. 32, Nr. 3, 221–233

Gogolin, I./Lange, I. (): Bildungssprache und Durchgängige Sprachbildung. In: Fürstenau, S./Gomolla, M. (Hrsg.), Migration und schulischer Wandel: Mehrsprachigkeit (S. 105-127) Wiesbaden: VS Verlag

Gräsel, C. (2010). Lehren und Lernen mit Schulbüchern. In: Fuchs, E., Kahlert, J. & Sandfuchs, U. (Hrsg.), Schulbuch konkret. Kontexte-Produktion-Unterricht, 137-148. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt.

Helmke, A. (2007). Was wissen wir über guten Unterricht? https://www.bildung.koeln.de/imperia/md/content/selbst_schule/downloads/andreas_helmke_.pdf (zuletzt geprüft am 29.10.2020)

MK Niedersachsen (2020). https://www.mk.niedersachsen.de/startseite/schule/lehrkrafte_und_nichtlehrendes_personal/unterricht/sprachbildung/sprachliche-bildung-107637.html (zuletzt geprüft am 27.10.2020)

Leisen, J. (2011). Sprachförderung. Sprachsensibler Fachunterricht. In: Betrifft: Lehrerausbildung und Schule 8, 6 -15.

Maaß, C. (2015). Leichte Sprache. Das Regelbuch. Berlin: LIT Verlag.

Redder, A. (2013). Sprachliches Kompetenzgitter. Linguistisches Konzept und evidenzbasierte Ausführung. In Redder, Angelika & Weinert, Sabine (Hrsg.), Sprachförderung und Sprachdiagnostik. Interdisziplinäre Perspektiven (S. 108-134) Münster: Waxmann.

Schmitz, A. (2016). Verständlichkeit von Sachtexten. Wirkung der globalen Textkohäsion auf das Textverständnis von Schülern. Wiesbaden: Springer VS

Schulz von Thun, F. (2011). Miteinander reden: 1. Störungen und Klärungen. Allgemeine Psychologie der Kommunikation. Reinbek bei Hamburg: Rowohlt Taschenbuch Verlag GmbH

TU4Teachers (2020). http://www.tu4teachers.de/ (zuletzt geprüft am 30.10.2020)

Christopher W.M. Kay[1]
Markus Peschel[1]
Franziska Perels[1]
Sarah Bach[1]
Mareike Kelkel[1]
Luisa Lauer[1]
Johann Seibert[1]
Vanessa Lang[1]
Annika Eichinger[1]

[1]Universität des Saarlandes

Kompetenzentwicklung für die Naturwissenschaften durch Augmented Reality

Die saarländischen Projekte „SaLUt“ und „MoDiSaar“ aus der Förderlinie “Qualitätsoffensive Lehrerbildung” des BMBF zeichnen sich durch eine fächer-, fakultäts-, disziplin- und phasenübergreifende Zusammenarbeit von Fachwissenschaft, Fachdidaktik und Bildungswissenschaft aus. Diese interdisziplinäre Kooperation wird die zunehmende Digitalisierung der Lehrer*innenbildung als Inhalt weiter stärken und fokussiert – vor allem im Projekt MoDiSaar – den digitalen Kompetenzerwerb (angehender) Lehrkräfte. Dieser Beitrag stellt Forschungsstränge und exemplarisch technische sowie didaktische Entwicklungen zum Thema “Augmented Reality (AR) als Werkzeug zum digitalen Kompetenzerwerb im naturwissenschaftlichen Unterricht” aus SaLUt, MoDiSaar und den angrenzenden Projekten „GeAR“, „SCIENCE without FICTION“ und „QUANTAG“ vor. In den zugehörigen Beiträgen präsentieren die Autor*innen verschiedene Beispiele zum Einsatz von AR im Chemie-, Physik- und Sachunterricht unter Berücksichtigung von pädagogischen, (fach-)didaktischen und bildungswissenschaftlichen Grundlagen.

MoDiSaar: Fächer-, stufen- und phasenübergreifende Lehr-Lernmodule zur Anbahnung digitaler Kompetenzen von Lehrkräften

Im Rahmen des Projekts MoDiSaar werden Lehr-Lernmodule zur Entwicklung medialer Kompetenzen für (angehende) saarländische Lehrkräfte sowohl schulformübergreifend als auch bezogen auf verschiedene Fächer der Primarstufe und Sekundarstufe geschaffen. Dabei werden neben grundlegenden Basiskompetenzen aus den Bereichen Informatik, Bildungstechnologie und Philosophie verschiedene Fächer (z.B. Chemie, Sachunterricht, Geschichte, Englisch, Französisch), mehrere Bildungsstufen (Primarstufe, Sekundarstufe I ,Sekundarstufe II, berufliche Schulen) sowie alle Phasen der Lehramtsausbildung (Studienphase, Referendariat, Weiterbildung) adressiert.

Ziel des Projekts MoDiSaar ist es, dass Wissenschaftler*innen aus der Informatik, der Bildungstechnologie, der Philosophie, den verschiedenen Fachdidaktiken sowie den Bildungswissenschaften innerhalb eines modularisierten und über die Phasen der Lehrerbildung hinweg abgestimmten „Lehr-Lern-Baukasten“ zum Aufbau digitalisierungsbezogener Kompetenzen im saarländischen Lehramtsstudium entwickeln und evaluieren. Dabei wird ein Basismodul implementiert werden, das (angehenden) Lehrkräften Kenntnisse über und Fertigkeiten im Umgang mit Digitalisierung aus drei verschiedenen Perspektiven vermittelt: Ein grundlegendes informatisches Verständnis, Bekanntschaft mit digitalen Werkzeugen und deren Nutzbarkeit in Schulen und zusätzlich die Fähigkeit zur

kritischen Reflexion über die Auswirkungen von Digitalisierung auf Individuum und Gesellschaft. Auf Grundlage des Basismoduls sollen in drei Anwendungsmodulen mediendidaktische Anwendungen für den naturwissenschaftlichen, den sprachlichen und den gesellschaftswissenschaftlichen Unterricht entwickelt und evaluiert werden (siehe Abb. 1).

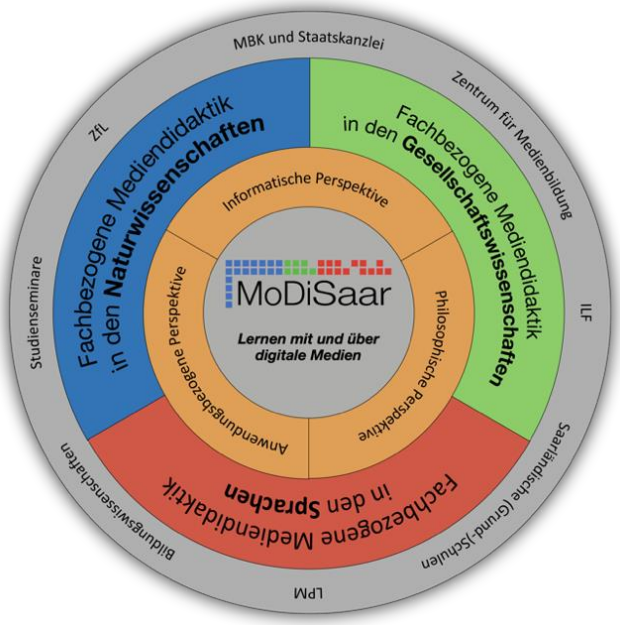


Abb. 1. Schematische Darstellung der Konzeption des Projekts MoDiSaar und der Kooperationen mit weiteren universitätsnahen Institutionen.

Vernetzender, disziplinübergreifender, interdisziplinärer Charakter von MoDiSaar
Für die Lehr-Lernmodule von MoDiSaar im Anwendungsbereich Naturwissenschaften ist insbesondere Augmented Reality (AR) eine innovative Möglichkeit zur Anbahnung medialer Kompetenzen. Zur Entwicklung der AR-Lehr-Lernmodule fließen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten aus weiteren BMBF-Projekten GeAR und QUANTAG sowie dem Projekt SCIENCE without FICTION in die Ausgestaltungen für verschiedene Klassen- und Schulstufen im Projekt MoDiSaar ein. Wie im Beitrag "Kompetenzentwicklung durch didaktisch eingebettete Augmented Reality" von Kay et al. innerhalb dieses Symposiums gezeigt wird, orientieren sich alle Forschungs- und Entwicklungsstränge und -aktivitäten der genannten Projekte am deAR-Modell (Seibert et al. 2020). Das deAR-Modell dient als praktisch-theoretischer Orientierungsrahmen zur Entwicklung und Reflexion der didaktischen Einbettung von AR im naturwissenschaftlichen Unterricht. Nachfolgend wird dargestellt, wie die genannten Projekte in das Curriculum von MoDiSaar und damit in die Lehrerausbildung an der Universität des Saarlandes einfließen und diese erweitern.

AR zur Visualisierung nicht-beobachtbarer Prozesse (Projekt SaLUt)
Der Beitrag stellt unterschiedliche Visualisierungsmöglichkeiten chemischer Prozesse auf submikroskopischer, makroskopischer und symbolischer Ebene mittels AR im

Chemieunterricht vor. Die im Rahmen von SaLUt entwickelten Lehr-Lernszenarien wurden mit Schüler*innen im Unterricht evaluiert und von (angehenden) Lehrkräften eingesetzt. Ziel ist es, Lehrkräfte der Sekundarstufe für den didaktisch eingebetteten Einsatz von AR im naturwissenschaftlichen Unterricht zu sensibilisieren und zu motivieren.

Untersuchung der Wirkungen verschiedener AR-Visualisierungstechniken (Projekt GeAR)
Der Beitrag beschreibt das Design und die thematische Ausrichtung einer Interventionsstudie zur Untersuchung der Wirkung verschiedener AR-Visualisierungstechniken im Rahmen des BMBF-Projekts GeAR – speziell für die Primarstufe und das Thema Elektrik. Die im Rahmen von GeAR gewonnenen Forschungsergebnisse bilden die Grundlage für Fortbildungen zum fachdidaktischen Einsatz von AR, insbesondere in der Primarstufe. Diese Fort- und Weiterbildungen werden im Portfolio von MoDiSaar implementiert.

Mixed-Reality (MR)-Anwendungen (Projekt Science without Fiction)
Die Anwendung von Augmented Reality in verschiedenen Ausprägungen innerhalb des Reality-Virtuality-Kontinuums im Rahmen eines game-based-Learning-Ansatzes im Chemieunterricht wird in diesem Beitrag näher beschrieben. In aufeinander aufbauenden Leveln bearbeiten die Schüler*innen Aufgaben bezüglich chemischer Aspekte verschiedener aktueller Umweltthemen, wie z.B. dem Kohlenstoffkreislauf, nachhaltige Energieträger etc. Neben chemischem Fachwissen werden damit gleichermaßen digitale Kompetenzen gefördert. Dieser game-based-Learning-Ansatz wird in das Anwendungsmodul Naturwissenschaften im Projekt MoDiSaar integriert.

Entwicklung einer AR-Campus-Rallye (Projekt QUANTAG)
Dieser Beitrag präsentiert eine erste Umsetzung von Elementen des Projekts QUANTAG. Bei einer AR-gestützten Campus-Rallye zum Thema Quanten erkunden Schüler*innen der Primarstufe (Studierende der Kinderuni Saar) den Campus der Universität des Saarlandes mit einer AR-Brille oder einem AR-Tablet. Sie erhalten einen Überblick in die auf dem Campus verorteten Arbeitsgruppen mit Quanten-Forschungsaspekten und Schülerlabore. Die Schüler*innen gewinnen somit einen ersten erkundenden und augmentierten Einblick in Orte der Quantentechnologie-Forschung und können ihr Wissen durch Vorträge im Rahmen der Kinderuni Saar sowie in Experimenten in den bereits erkundeten Schülerlaboren der Universität des Saarlandes vertiefen. Für die Umsetzung und Aktualisierung bzw. Weiterentwicklung arbeiten die jeweiligen Expert*innen der Fachwissenschaft und Fachdidaktik der Sekundar- und Primarstufe der Universität des Saarlandes im engen Austausch zusammen.

Förderhinweis
Die in diesem Beitrag beschriebene Forschung wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen der Projekte MoDiSaar (Förderkennzeichen: 01JA2035), SaLUt II (Förderkennzeichen: 01JA1906A) und GeAR (Förderkennzeichen: 01JD1811B) finanziert. Das Projekt MoDiSaar wird außerdem durch Mittel aus dem Hochschulpakt der saarländischen Staatskanzlei gefördert.

Literatur

Azuma, R., Baillot, Y., Behringer, R., Feiner, S., Julier, S., & MacIntyre, B. (2001). Recent advances in augmented reality. *IEEE Computer Graphics and Applications*, *21*(6), 34–47.

Bach, S. (2018). *Subjektiver Kompetenzerwerb von Schülerinnen und Schülern beim unterrichtlichen Einsatz von kidi-Maps Eine Studie zum Einsatz digitaler Karten am Beispiel von kidi-Maps im Vergleich zu analogen Karten bei Schülerinnen und Schülern einer vierten Jahrgangsstufe im geographisch-orientierten Sachunterricht* [Monographie]. Universität des Saarlandes.

Gervé, F., & Peschel, M. (2013). Medien im Sachunterricht. In E. Gläser & G. Schönknecht (Hrsg.), *Sachunterricht in der Grundschule* (S. 58–79). Grundschulverband.

Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts. (2020 i.V.). *Sachunterricht und Digitalisierung* – Positionspapier der Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts.

Gesellschaft für Fachdidaktik (GFD). (2018). *Fachliche Bildung in der digitalen Welt—Positionspapier der Gesellschaft für Fachdidaktik*.

Gesellschaft für Informatik e.V. (Hrsg.). (2016). *Dagstuhl-Erklärung—Bildung in der digitalen vernetzten Welt: Eine gemeinsame Erklärung der Teilnehmerinnen und Teilnehmer des Seminars auf Schloss Dagstuhl – Leibniz-Zentrum für Informatik GmbH*.

Kultusministerkonferenz (KMK). (2016). *Auf dem Weg zum digitalen Lernen und Lehren*.

Kultusministerkonferenz (KMK). (2017). *Bildung in der Digitalen Welt- Strategie der Kultusministerkonferenz*.

Peschel, M. (2020). Welterschließung als sachunterrichtliches Lernen mit und über digitale Medien—Lernen mit und über digitale Medien als Ausgangspunkt einer umfassenden Sachbildung. In M. Thumel, R. Kammerl, & T. Irion (Hrsg.), *Digitale Bildung im Grundschulalter—Grundsatzfragen zum Primat des Pädagogischen* (S. 341–355). kopaed.

Seibert, J., Lauer, L., Marquardt, M., Peschel, M., & Kay, C. W. M. (2020). DeAR: didaktisch eingebettete Augmented Reality. In K. Kaspar, M. Becker-Mrotzek, S. Hofhues, J. König, & D. Schmeinck (Hrsg.), *Bildung, Schule, Digitalisierung* (S. 451–456). Waxmann.

Annika Eichinger
Isabel Schmoll
Mareike Kelkel
Johann Seibert
Luisa Lauer
Vanessa Lang
Sarah Bach
Franziska Perels
Christopher W.M. Kay
Markus Peschel

Universität des Saarlandes

QUANTAG: Augmented-Reality-Campus-Rallye als Einstieg in die Quantentechnologie

Gesamtprojektplanung und -organisation

Mit dem vom BMBF geförderten Projekt QUANTAG (FKZ: 13N15401) wird eine interdisziplinäre Kollaboration zwischen Fachwissenschaftler*innen, Fachdidaktiker*innen, Schülerlaboren sowie Lernwerkstätten in Zusammenarbeit mit den Projekten SaLUt II und MoDiSaar (Qualitätsoffensive Lehrerbildung) an der Universität des Saarlandes realisiert. Ziel des Projekts ist es, eine alltagnahe Vermittlung von Quantentechnologien zielgruppenorientiert für verschiedene Alters- und Interessensgruppen umzusetzen.

QUANTAG

Im Projekt QUANTAG werden Bildungsangebote zum alltagsnahen Verständnis von Phänomenen der Quantentechnologie für unterschiedliche Adressatengruppen erarbeitet, mit dem Ziel, Quantentechnologien für eine breitere Masse der Gesellschaft verständlich und zugänglich zu machen. Neben Angeboten für Schüler*innen der Sekundarstufe II, Studienanfänger*innen sowie Bürger*innen, wird im Rahmen der Kinderuni Saar eine Vorlesungsreihe sowie eine Augmented-Reality-Campus-Rallye zum Thema Quanten für Schüler*innen im Alter von 8 bis 12 Jahren entwickelt. Als weitere Neuerung und Angebot wird parallel zur Kinderuni ergänzend ein Programm für Eltern – die Elternuni – eingeführt.

Kinder- und Elternuni im Rahmen von QUANTAG

Das Angebot der Kinder- und Elternuni umfasst mehrere Programmpunkte. Zunächst wird das Thema „Quantenwelt“ durch Expert*innen anhand von Beispielen in Vorträgen, die sich an Vermittlungskonzepten für die Grundschule orientieren, sach- und kindgerecht vermittelt. Dabei wird der Lerngegenstand (hier: Quanten) in einem ersten Schritt mit der Alltagswelt der Kinder und Eltern in Verbindung gebracht, um bislang nicht wahrgenommene Phänomene oder Technikeinflüsse aus der Quantenwelt “sichtbar” zu machen. Parallel zu der Vortragsreihe erfolgt eine Augmented-Reality-Campus-Rallye zum Thema „Quanten an der UdS“, bei der die Kinder mit einem Tablet oder speziellen AR-Brillen verschiedene Stationen auf dem Campus erkunden. An den Realobjekten auf dem Campus der Universität (Gebäude, Schülerlabore, Plätze) werden in einzelnen Stationen digitale Informationen und Animationen oder Erklärvideos über die AR angereichert. Dadurch erfolgt eine Verknüpfung der vielfältigen Quanten-Inhalte mit Ortbezügen, Expert*innen auf dem Campus sowie der Wahrnehmung von Phänomenen auf sichtbarer Makroebene. Zudem werden Inhalte der

Kinderuni-Vorlesung mit weiteren Erklärungen in Bezug auf Quantenforschungs- und Anwendungsgebiete in Schülerlaboren und Arbeitsgruppen der Universität miteingebunden. Parallel zu dieser Vorlesungsreihe und der Campus-Rallye für Kinder werden weitere Informationen und ergänzende Angebote direkt an die begleitenden Eltern (u.a. Handouts, vertiefende Kurzvorträge usw.) vermittelt, so dass diese einen tiefergehenden Einblick in die alltagsbezogenen Quantentechnologien zur weiteren Diskussion mit den Kindern gewinnen.

Augmented-Reality in ortsbezogenen Lehr-Lernsituationen

Unter Augmented Reality (AR) wird die Anreicherung der realen Umgebung durch virtuelle Objekte verstanden (Azuma, 1997). AR kann daher für Schüler*innen zur Unterstützung sowohl bei der allgemeinen Aufgabenbearbeitung als auch beim Experimentieren in Schülerlaboren und Lernwerkstätten genutzt werden. Hierbei interagieren Schüler*innen mit einem Mix aus virtuellen und reellen Objekten, aber auch direkt mit anderen Teilnehmer*innen und ihrer Umgebung (Dunleavy et al., 2009). Die Verknüpfung von Realraum mit virtueller Anreicherung durch den Einsatz von AR bewirkt messbare positive, motivationale Effekte bei Lernenden. Zusätzlich wird in Lehr-Lern-Situationen sogar eine Verbesserung der Schülerleistung (Cheng, 2013) und eine Steigerung der Kollaboration zwischen Schüler*innen ermöglicht (Wu, 2013). Das hohe Potenzial von AR zur Förderung individueller Lernwege trägt zur Leistungsverbesserung bei, indem der Problemlöseprozess durch differenzierte Hilfestellungen digital angereichert wird. Auf diese Weise durchlaufen alle Schüler*innen die gleiche Rallye, aber unter Berücksichtigung der Individualisierungs- und Aktivierungsaspekte, wie zum Beispiel Lerntempo, Kreativität und kognitive Leistungsfähigkeit (Huwer & Seibert, 2018; Seibert et al., 2020). Aus lernpsychologischer Sicht kommt in diesem Kontext ein weiterer Vorteil der Nutzung von AR zum Tragen: Durch die Anreicherung der Realität mit virtuellen Objekten kann eine Overlay-Attention erzeugt werden, da genau an der Position des entsprechenden realen Objektes gezielt Inhalte dargestellt werden können (Huwer et al., 2018). Auf diese Weise wird ein möglicher Split-Attention-Effekt vermieden und folglich auch der Cognitive Load der Schüler*innen geringgehalten (Mayer, 2005; Ayres & Sweller, 2005). Somit können Inhalte gezielt mit bestimmten Orten oder einem Gegenstand verknüpft werden und vor allem die quantentechnologischen Inhalte durch die Visualisierung der Teilchen und deren Prozesse ergänzt werden (Wu, 2013). AR bietet sich durch die Möglichkeit der Visualisierung insbesondere zur verständlicheren Erarbeitung komplexer Phänomene an (Arvanitis et al., 2009; Seibert et al., 2020). Bei Realexperimenten bietet AR die Möglichkeit, die beobachtbaren Phänomene mit Hilfe von Prozessen auf submikroskopischer (nicht-sichtbarer) Ebene beispielsweise durch Animationen, anzureichern. Des Weiteren ermöglicht

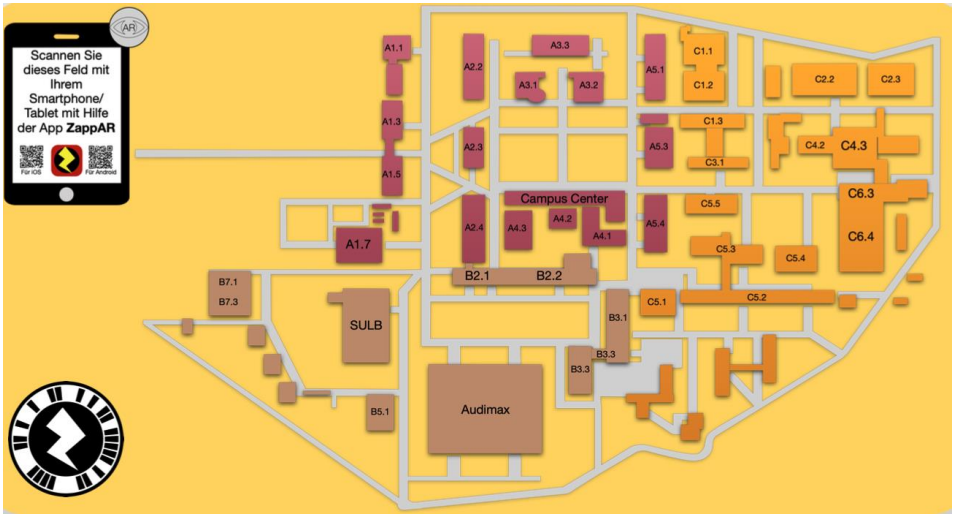


Abb. 1:Übersichtskarte der Augmented-Reality-Campus-Rallye.

AR einen Zugang zu nicht-durchführbaren (Quanten-)Experimenten, beispielsweise auf Grund von nicht vorhandener Ausstattung. Mittels AR können Videos zu Quanten-Experimenten oder -Forschung oder Quanten-Simulationen integriert werden. Insgesamt kann demnach ein sowohl inhaltlicher als auch experimenteller Einstieg in die Quantentechnologie angeboten werden, weshalb eine Umsetzung der Campus-Rallye durch den Einsatz von AR realisiert wird.

Augmented-Reality-Campus-Rallye

Für die Campus-Rallye sollen die Teilnehmer*innen einerseits den Campus mit unterschiedlichen Schülerlaboren und Lernwerkstätten kennen lernen und andererseits erste inhaltliche und praktische Erfahrungen zu Quantentechnologien sammeln. Die Campus-Rallye beinhaltet eine mit AR angereicherte Erkundungstour über das Universitätsgelände. Von einem Startpunkt (Kinderuni Saar) aus durchlaufen die Teilnehmer*innen verschiedene Stationen in ihrem individuellen Arbeitstempo. Mit einem Tablet (oder einer AR-Brille) und einer animierten Übersichtskarte werden die verschiedenen Stationen durch augmentierte Objekte lokalisiert. Hierfür scannen die Teilnehmer*innen zunächst das Trigger-Symbol (Abb.1, links unten) und erhalten so die Übersichtskarte in der App “Zappar” (s. Abb. 2). Auf dem Tablet/Brille erscheinen die einzelnen Stationen, an denen die Schüler*innen das Thema Quanten mit unterschiedlichen Inhalten augmentiert erfahren können. Jede Station enthält darüber hinaus didaktisch ausgerichtete und an das Alter der Teilnehmer*innen angepasste Informationen zum Thema Quanten. Neben Arbeitsgruppen sowie deren Forschungsgebiete im Bereich Quanten, sind auch die Standorte der Schülerlabore und Lernwerkstätten integriert, um sich bei weiteren Besuchen des Campus vertieft mit dem Thema auseinandersetzen zu können. Dazu bietet die AR-Lernumgebung interaktive Aufgaben, kurze Erklärvideos oder Quanteninformationen an. Des Weiteren können zusätzlich zu ortsgebundenen Informationen, bzgl. z.B. Gebäuden, weitere Realobjekte augmentiert werden, um durch digitales Zusatzmaterial vertiefte Bezüge zur Quantenwelt herzustellen. Die AR-Campus-Rallye und weitere Veranstaltungen im Rahmen von QUANTAG sind aktuell in der Realisierung und sollen planmäßig im Sommersemester 2021 starten, deren Durchführbarkeit in ihrer Art und Weise jedoch abhängig von den Reglungen bezüglich der gegenwärtig bestehenden Corona-Pandemie ist.

Förderhinweis

Die in diesem Beitrag beschriebene Forschung wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen des Projekts QUANTAG (Förderkennzeichen: 13N15401) finanziert.



Abbildung 2:Umsetzung der Augmented-Reality-Campus-Rallye mit Zappar.

Literatur

Arvanitis, T. N., Petrou, A., Knight, J. F., Savas, S., Sotiriou, S., Gargalakos, M., & Gialouri, E. (2009). Human factors and qualitative pedagogical evaluation of a mobile augmented reality system for science education used by learners with physical disabilities. *Personal and ubiquitous computing*, *13*(3), 243-250.

Ayres, P., & Sweller, J. (2005). The split-attention principle in multimedia learning. *The Cambridge handbook of multimedia learning*, *2*, 135-146.

Azuma, R. T. (1997). A survey of augmented reality. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, *6*(4), 355-385.

Cheng, K. H., & Tsai, C. C. (2013). Affordances of augmented reality in science learning: Suggestions for future research. *Journal of science education and technology*, *22*(4), 449-462.

Dunleavy, M., Dede, C., & Mitchell, R. (2009). Affordances and limitations of immersive participatory augmented reality simulations for teaching and learning. *Journal of science Education and Technology*, *18*(1), 7-22.

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.

Huwer, J., & Seibert, J. (2018). A new way to discover the chemistry laboratory: The Augmented Reality Laboratory-License. *World Journal of Chemical Education*, *6*(3), 124-128.

Mayer, R. E. (2005). Cognitive theory of multimedia learning. *The Cambridge handbook of multimedia learning*, *41*, 31-48.

Seibert, J., Marquardt, M., Gebhard, M., Kay, C.W.M., Huwer, J. (2020). Augmented Reality zur Visualisierung der Teilchenebene am Beispiel des Li-Ion Akkus. Naturwissenschaften im Unterricht. Heft 119/120.

Seibert, J., Marquardt, M., Pinkle, S., Carbon, A., Lang, V., Heuser, K., ... & WM Kay, C. (2020). Linking Learning Tools, Learning Companion and Experimental Tools in a Multitouch Learning Book. *World Journal of Chemical Education*, *8*(1), 9-20.

Wu, H.-K., Lee, S. W.-Y., Chang, H.-Y. & Liang, J.-C. (2013). Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education. *Computers & Education*, *62*, 41-49.

Christopher W.M. Kay
Markus Peschel
Franziska Perels
Luisa Lauer
Johann Seibert
Vanessa Lang
Annika Eichinger
Sarah Bach
Mareike Kelkel

Universität des Saarlandes

Kompetenzentwicklung durch didaktisch eingebettete Augmented Reality

Dieser Beitrag fokussiert forschungstheoretische Begrifflichkeiten sowie aktuelle Entwicklungen und Modellierungen des Medialen Lernens am Beispiel von Augmented Reality (AR) mit der Entwicklung unterrichtsnaher AR-Szenarien entlang des deAR-Modells (Seibert et al., 2020a). Die Planung, Konzeption und Reflexion didaktisch eingebetteter AR entlang des deAR-Modelles sind zentrale Aspekte bei des Umgangs mit digitalen Lerninhalten im Rahmen des Curriculums von MoDiSaar am Beispiel konkreter Fachinhalte der Chemie, der Physik und des Sachunterrichts. Mittels des deAR-Modells können fachliche Inhalte, wie zum Beispiel die Visualisierung von Teilchenprozessen sowie elektrische Schaltskizzen, und methodische Anwendungen, wie z.B. game-based Learning-Szenarien oder interaktive Lernformate zum Thema Quantenphysik, innerhalb eines didaktischen Rahmens unter Berücksichtigung der technischen Möglichkeiten und Grenzen von AR sinnvoll geplant und virtuell angereichert werden.

Didaktische Einbettung von AR als digitale Kompetenz (angehender) Lehrkräfte

Die digitale Technik Augmented Reality (AR) erlaubt die räumliche und/ oder semantische Echtzeit-Verschränkung digital generierter (und nur über ein spezielles AR-Gerät wahrnehmbarer) Inhalte im unmittelbaren Blickfeld (Azuma, 2001). AR zeichnet sich gegenüber ähnlichen digitalen Technologien (z.B. Virtual Reality) durch die Verknüpfung unterschiedlicher Informationen aus der realen Umgebung und Informationen aus einer digital generierten Umgebung aus. Bei vielen derzeit nutzbaren AR-Anwendungen werden die technischen Möglichkeiten von AR aus (fach-)didaktischer Sicht nicht oder nur teilweise ausgeschöpft (Seibert et al., 2020a). Um AR im Unterricht didaktisch reflektiert einsetzen zu können, müssen Lehrkräfte über entsprechende Kompetenzen bezüglich des Lehrens und Lernens mit AR in einem fachlichen Verständnis verfügen.

Zur Anbahnung digitalisierungsbezogener Kompetenzen von Lehrkräften (Becker et al., 2020; KMK, 2016) sind theoretische Modelle bzw. Planungskonzepte zur Entwicklung, zum Einsatz und zur Evaluation didaktisch-medialer Lehr-Lernsituationen notwendig. Dies erfordert die Entwicklung bzw. Adaption theoriegeleiteter und handlungsorientierter Modelle zum Einsatz von AR in fachdidaktischen Lehr-Lernsituationen. Ergänzend zu fachdidaktischen Grundlegungen (z.B. GFD, 2018; GDSU, 2020 i.V.) und Modellierungen Medialen Lernens (z.B. Gervé & Peschel, 2013; Huwer et al., 2019) beschreibt das deAR-Modell (Seibert et al., 2020a) die konkrete und spezifische Planung, Konzeption und Reflexion didaktisch eingebetteter AR für naturwissenschaftliche Lehr-Lernsituationen. Das Modell systematisiert

dabei medienpädagogische, medien- und fachdidaktische Aspekte, sowie technische Spezifika von AR. Die hierarchische Ebenenstruktur des Modells sieht eine prozedurale Abfolge der Überlegungen bzgl. der genannten Aspekte vor.

Didaktisch eingebettete AR – vier Anwendungsfelder

Nachfolgend wird erläutert, wie die in den Beiträgen von Seibert et al., Lauer et al., Lang et al. und Eichinger et al. dargestellten Forschungen entlang des deAR-Modells kategorisiert und verortet werden können und welche Beiträge diese Forschungen zur Kompetenzentwicklung bzgl. didaktisch eingebetteter AR im Rahmen von MoDiSaar leisten.

AR als Lernwerkzeug zur Differenzierung und Individualisierung im Chemieunterricht

AR kann durch eine didaktisch reflektierte Entwicklung im Chemieunterricht aus fachdidaktischer sowie pädagogischer Sicht einen Mehrwert für das Lernen generieren (Seibert et al., 2020b). Dabei werden in der Chemie häufig Prozesse thematisiert, bei denen die Darstellung chemischer und damit "unsichtbarer" Vorgänge formal bzw. abstrakt erfolgt. Der Abstraktionsgrad, der von Schüler*innen erwartet wird, unterscheidet nach Johnstone (1999) drei unterschiedliche Repräsentationsebenen. Die makroskopische Ebene beschreibt das Beobachtbare, die submikroskopische Ebene visualisiert Teilchen oft in Form von Modellen, welche mit Hilfe von symbolischen Repräsentationsebenen mit Zeichen, Symbolen oder mit Gleichungen erklärt werden. AR kann unterstützend das Lernen des Zusammenhangs der verschiedenen Repräsentationsebenen anreichern. Durch den Einsatz von AR haben die Schüler*innen ein digitales Lernwerkzeug, um diese Prozesse und Ebenen voneinander zu differenzieren und bewusst zu verwenden (Seibert et al., 2020b). Durch die zusätzliche Augmentierung und virtuelle Zusatzinformationen zu analogen Arbeitsblättern erhalten Schüler*innen die Möglichkeit, entsprechende differenzierende Hilfestellungen bzw. weitere Aufgabenstellungen „on demand" zu erhalten. Dadurch können Schüler*innen ihren eigenen Lernweg aktiv und individueller gestalten (Seibert et al., 2019).

Entwicklung und Erforschung einer deAR für den Sachunterricht der Primarstufe

Angesichts der zunehmenden Anzahl didaktischer Forschung zum Einsatz von AR in Lehr-Lernsituationen, bislang insbesondere für die Sekundarstufe (z.B. Altmeyer et al., 2020) und der bislang nur geringen Befunde zum Lernen mit AR in der Primarstufe (z.B. Chen et al., 2017) besteht bzgl. des Einsatzes von AR im Sachunterricht der Primarstufe ein Forschungsdesiderat. Im Rahmen des Projekts GeAR – Teilprojekt Primarstufe/ Sachunterricht – werden die speziellen Anforderungen für den Einsatz von AR im Sachunterricht der Primarstufe erforscht. Im Beitrag von Lauer et al. wird das Design einer Studie zur Untersuchung der Wirkungen verschiedener AR-Visualisierungstechniken im Sachunterricht der Primarstufe erläutert. Die Studie ist als Interventionsstudie zum Thema "Elektrische Schaltskizzen und Schaltsymbole" konzipiert und erforscht Schaltsymboliken (Symbole und Schaltskizzen) mittels AR-Visualisierungstechnologien, wobei – in Echtzeit – reale Bauteile und daraus resultierende (virtuelle) Schaltungen semantisch verknüpft werden (Lauer et al., 2020). Die AR-Lehr-Lernumgebung wurde anhand des deAR-Modells unter dem Primat der Pädagogik (mit dem Ziel der Individualisierung des Lernprozesses) durch eine fach-medien-didaktische Aushandlung (Bach, 2018) unter Berücksichtigung der technischen Möglichkeiten und Grenzen der AR-Technologie, der Vorstellungen von Schüler*innen zum Thema Elektrik und Schaltsymboliken und der (erwarteten) Lernschwierigkeiten (bzgl. des Fachinhalts und bzgl. technischer Nutzungsschwierigkeiten) entwickelt.

AR zur Realisierung von game-based Learning Ansätzen im Chemieunterricht
Als drittes Beispiel wird die Konzeption des game-based Learning-Projekts *SCIENCE without FICTION* mit Einsatz von AR skizziert. Die pädagogischen Überlegungen befassen sich zunächst mit dem narrativen Charakter von game-based Learning, welche unter anderem 3D-Umgebungen umfassen (Reeves & Read, 2009). Diese Überlegungen wurden mit der fachlichen Entscheidung für chemische Aspekte aktueller Umweltaspekte, wie z.B. dem Kohlenstoffkreislauf, regenerative Energieträger etc. kombiniert. Aus fachdidaktischer Sicht handelt es sich dabei vornehmlich um den Ausbau des Kompetenzbereichs Fachwissen. Dabei soll innerhalb der Lehr-Lern-Situation durch den vielfältigen Einsatz von AR im Projekt *SCINECE without FICTION* vor allem die Motivation erhöht werden (Yang, 2012). Das Projekt umfasst AR Aspekte in verschiedenen Ausprägungen innerhalb des Reality-Vituality-Kontinuums (Milgram, 1994).

AR zur Visualisierung von Quanten im Alltag
Zuletzt soll an dieser Stelle der Einsatz von AR in Verbindung mit dem Projekt QUANTAG aufgezeigt. Das vom BMBF geförderte Projekt QUANTAG umfasst einen vielfältigen Ansatz zu einer alltagsnahen Vermittlung von Quantentechnologien. Hierfür ist u.a. als Teil eines Programmpunkteseine AR-Campus-Rallye geplant. Durch Verknüpfung der realen Objekte bzw. Bauten auf dem Campus mit augmentierten virtuellen Zusatzinformationen wird die Umgebung gezielt mit den inhaltlichen Hintergründen aus der Quantentechnologie durch Overlay-Attention verbunden. Dies betrifft neben standort-bezogenen Informationen auch Aspekte des inhaltlichen Lernens. Zusätzlich abrufbare Erklärvideos und differenzierten Animationen submikroskopischer Vorgänge berücksichtigen zudem Aspekte der Individualisierung (Huwer & Seibert, 2018).

Förderhinweis
Die in diesem Beitrag beschriebene Forschung wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen der Projekte MoDiSaar (Förderkennzeichen: 01JA2035), SaLUt II (Förderkennzeichen: 01JA1906A), GeAR (Förderkennzeichen: 01JD1811B) und QUANTAG (Förderkennzeichen 13N15401) finanziert. Das Projekt MoDiSaar wird außerdem durch Mittel aus dem Hochschulpakt der saarländischen Staatskanzlei gefördert.

Literatur

Altmeyer, K., Kapp, S., Thees, M., Malone, S., Kuhn, J., & Brünken, R. (2020). The use of augmented reality to foster conceptual knowledge acquisition in STEM laboratory courses—Theoretical background and empirical results. *British Journal of Educational Technology*, bjet.12900.

Azuma, R., Baillot, Y., Behringer, R., Feiner, S., Julier, S., & MacIntyre, B. (2001). Recent advances in augmented reality. *IEEE Computer Graphics and Applications*, *21*(6), 34–47.

Bach, S. (2018). *Subjektiver Kompetenzerwerb von Schülerinnen und Schülern beim unterrichtlichen Einsatz von kidi-Maps Eine Studie zum Einsatz digitaler Karten am Beispiel von kidi-Maps im Vergleich zu analogen Karten bei Schülerinnen und Schülern einer vierten Jahrgangsstufe im geographisch-orientierten Sachunterricht* [Monographie]. Universität des Saarlandes.

Becker, S., Bruckermann, T., Finger, A., Huwer, J., Kremser, E., Meier, M., Thorms, L.-J., Thyssen, C., & von Kotzebue, L. (2020). *Orientierungsrahmen Digitale Kompetenzen für das Lehramt in den Naturwissenschaften – DiKoLAN*.

Chen, C.-H., Huang, C.-Y., & Chou, Y.-Y. (2017). Integrating Augmented Reality into Blended Learning for Elementary Science Course. *Proceedings of the 5th International Conference on Information and Education Technology - ICIET '17*, 68–72.

Duit, R., Gropengießer, H., & Stäudel, L (2004). Naturwissenschaftliches Arbeiten: Unterricht und Material 5-10. Seelze-Velber: Friedrich-Verlag

Gervé, F., & Peschel, M. (2013). Medien im Sachunterricht. In E. Gläser & G. Schönknecht (Hrsg.), *Sachunterricht in der Grundschule* (S. 58–79). Grundschulverband.

Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts. (2020 i.V.). *Sachunterricht und Digitalisierung* – Positionspapier der Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts.

Gesellschaft für Fachdidaktik (GFD). (2018). *Fachliche Bildung in der digitalen Welt—Positionspapier der Gesellschaft für Fachdidaktik*.

Huwer, J., & Seibert, J. (2018). A new way to discover the chemistry laboratory: The Augmented Reality Laboratory-License. *World Journal of Chemical Education*, *6*(3), 124-128.

Huwer, J., Irion, T., Kuntze, S., Schaal, S., & Thyssen, C. (2019). Von TPaCK zu DPaCK – Digitalisierung im Unterricht erfordert mehr als technisches Wissen. *MNU Journal*, *05*, 358–364.

Johnstone, A. (1999). Macro- and Micro-Chemistry. School Science Review, 64, 377–379.

Kultusministerkonferenz (KMK). (2017). *Bildung in der Digitalen Welt- Strategie der Kultusministerkonferenz*.

Lauer, L., Peschel, M., Malone, S., Altmeyer, K., Brünken, R., Javaheri, H., Amiraslanov, O., Grünerbl, A., & Lukowicz, P. (2020). Real-time visualization of electrical circuit schematics: An augmented reality experiment setup to foster representational knowledge in introductory physics education. *The Physics Teacher*, *58*(7), 518–519.

Milgram, P., Takemura, H., Utsumi, A., & Kishino, F. (1995). *Augmented reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum* (H. Das, Hrsg.; S. 282–292).

Seibert, J., Marquardt, M., Schmoll, I., Huwer, J. (2019) AR bringt mehr Tiefe in Experimentalanleitungen. Computer & Unterricht. 112.

Seibert, J., Lauer, L., Marquardt, M., Peschel, M., & Kay, C. W. M. (2020a). deAR: didaktisch eingebettete Augmented Reality. In K. Kaspar, M. Becker-Mrotzek, S. Hofhues, J. König, & D. Schmeinck (Hrsg.), *Bildung, Schule, Digitalisierung* (S. 451–456). Waxmann.

Seibert, J., Marquardt, M., Gebhard, M., Kay, C.W.M., Huwer, J. (2020b). Augmented Reality zur Visualisierung der Teilchenebene am Beispiel des Li-Ion Akkus. NiU, 119/120.

Reeves, B., & Read, J. L. (2009). *Total engagement: Using games and virtual worlds to change the way people work and businesses compete* (S. 274). Harvard Business School Press.

Yang, Y.-T. C. (2012). Building virtual cities, inspiring intelligent citizens: Digital games for developing students' problem solving and learning motivation. *Computers & Education*, *59*(2), 365–377.

Vanessa Lang[1]
Johann Seibert[1]
Annika Eichinger[1]
Sarah Bach[1]
Mareike Kelkel[1]
Markus Peschel[1]
Franziska Perels[1]
Christopher W. M. Kay[1]

[1]Universität des Saarlandes

Das Projekt SCIENCE without FICTION innerhalb des Reality-Virtuality-Continuum

Während Virtual Reality (VR) oder Mixed Reality (MR) eine Erweiterung der Realität ermöglichen, kleidet der game-based Learning-Ansatz das Lernszenario ein (Whitton, 2012). In diesem Beitrag wird das Projekt *SCINECE without FICTION* vorgestellt, welches den Kompetenzerwerb der Schüler*innen mittels verschiedener VR- und MR-Umgebungen (in Anlehnung an das Reality-Virtuality-Continuum, Milgram & Kishino, 1994) unterstützen soll und dabei dem game-based-Learning-Ansatz folgt. Neben Fachwissen zu naturwissenschaftlichen Aspekten der aktuellen Umweltdebatte (z.B. regenerative Energieträger, Stoffkreisläufe etc.) sollen auch überfachliche Kompetenzen, wie beispielsweise Sozial- oder personale Kompetenzen, gefördert werden (Gnahs, 2010). Nach Darlegung der theoretischen Grundlagen des Projekts werden erste Umsetzungsansätze beleuchtet.

SCIENCE without FICTION als Projekt

Das Projekt *SCIENCE without FICTION* verknüpft digitale und analoge Medien, um mit Hilfe des game-based-Learning-Ansatzes analog und digital das Lernen durch den Einsatz eines Games zu erleichtern (Whitton, 2012). Zu den umzusetzenden Eigenschaften eines Games zählen u.a. narrative Kontexte, Level, 3D-Umgebungen und Kommunikation (Reeves & Read, 2009). Folgend werden die Umsetzungen dieser Eigenschaften im Projekt *SCIENCE without FICTION* kurz erläutert. Der narrative Ansatz des Games wird durch einen inhaltlich orientierten, verknüpfenden Kontext geschaffen, der durch das folgende allumfassende Szenario (Storyline) beschrieben wird: Die Schüler*innen schlüpfen in die Rolle von Klima-Agenten, die die Anweisung erhalten, mit einer Zeitmaschine zu reisen, um in verschiedenen Zeiten die Auswirkungen und Ursprünge der aktuellen Umweltbelastung erforschen. Schließlich halten die Schüler*innen in der finalen Herausforderung mit ihrem erworbenen Wissen aus den Zeitreisen ein Abschlussplädoyer zur Verschärfung der aktuellen Umweltschutzgesetze. In diesem Game durchlaufen die Schüler*innen mehrere, aufeinander aufbauende Level, welche durch den Einsatz von Mixed und Virtual Reality als 3D-Umgebungen realisiert sind. Die Kommunikation in diesem game-based Learning-Szenario findet in der realen Umgebung ohne den Einsatz von Augmentierungen in Form von Diskussionen und Austausch im Klassenverband statt.

***SCIENCE without FICTION* zum fachlichen und überfachlichen Kompetenzerwerb**

In erster Linie zielt das Projekt *SCIENCE without FICTION* auf einen allgemeinen analogen sowie digitalen Kompetenzerwerb ab. Dieser umfasst neben der naturwissenschaftlichen Fachkompetenz auch überfachliche Kompetenzen, wie z.B. Sozial-, Methoden und personale Kompetenz (Strauch et al., 2009). Fachlich beschäftigen sich die Schüler*innen im Projekt *SCIENCE without FICTION* mit chemischen Umweltaspekten, wie z.B. dem Kohlenstoffkreislauf, fossilen Brennstoffen, erneuerbaren Energien, der Stickstoffkreislauf, Phosphat-Belastung von Böden im Sinne der Nachhaltigkeit. Diese fachchemischen Aspekte dienen innerhalb dieses Projektes als fachliche Grundlegung, mit der sich die Schüler*innen thematisch auseinandersetzen müssen. Abbildung 1 zeigt, inwiefern sich die Themen im Verlauf der einzelnen Level in der Storyline anordnen. So umfasst beispielsweise Level 1 mit dem Thema Kohlenstoffkreislauf die beteiligten Verbindungen, den CO_2-Fußabdruck und den Treibhauseffekt. Das Level 0 nimmt hierbei eine Sonderrolle ein, dieses trägt nicht zur Vermittlung von Fachwissen bei, sondern dient der Identifikation mit dem Game, dem narrativen Kontext und dem Vertraut-Machen mit der technischen Umsetzung.



Abb. 1: inhaltliche Zusammenstellung des Projekts SCIENCE without FICTION

Die Sozialkompetenz, zu welcher u.a. Anpassungsfähigkeit oder Konfliktfähigkeit zählen, soll durch den Einsatz kooperativer Lernphasen zur Bildung eines gemeinsamen Lernprodukts innerhalb des Projekts gefördert werden, dabei findet ein Wechsel zwischen Partner- und Gruppenarbeiten statt. Die Methodenkompetenz wird durch naturwissenschaftliche Arbeitsweisen beim Experimentieren in der realen, analogen Umgebung erweitert, die personalen Kompetenzen (bspw. Zeitmanagement, Entscheidungsfindung etc.) werden durch eine größtenteils eigenständige Bearbeitung der Herausforderungen ausgebaut. Darüber hinaus kann der Einsatz digitaler Medien, z.B. durch die Handhabe digitaler Endgeräte zur Nutzung von VR oder MR, auch die Stärkung digitaler Kompetenzen bezwecken.

***SCIENCE without FICTION* zur Erweiterung der Realität**

Das Reality-Virtuality-Continuum (Milgram & Kishino, 1994) stellt eine Möglichkeit dar, virtuelle und reale Objekte in Beziehung zu setzen und zu klassifizieren. Eine Umgebung, welche ohne virtuelle Anteile existiert, wird als Real Environment (RE) bezeichnet (Milgram et al., 1995) und bildet eine Randposition des Kontinuums. Die konträre Randposition stellt eine ausschließlich virtuelle Umgebung (Virtual Environment, VE) dar. Alle Umgebungen, welche sowohl reale als auch virtuelle Anteile aufweisen, werden mit Mixed Reality (MR) bezeichnet. Darunter fallen u.a. Augmented Reality (AR)-Umgebungen, welche vermehrt reale Anteile aufweisen, und Augmented Virtuality (AV)-Umgebungen, welche sich durch einen größeren virtuellen Anteil auszeichnen.



Abb. 2 Das Reality-Virtuality-Continuum im Projekt SCIENCE without FICTION

Im Projekt *SCINECE without FICTION* werden nun mehrere Kombinationen innerhalb des Reality-Virtuality-Continuums integriert. Die ausschließlich reale Umgebung wird durch ein analoges Arbeitsheft (vgl. Abb. 2 links) und face-to-face Interaktion zwischen den Schüler*innen realisiert. Das Arbeitsheft dient zum einen als Sicherungsmedium, um Definitionen und Fachbegriffe aus den digital dargestellten Umgebungen langfristig festzuhalten. Zum anderen erfüllt dieses Arbeitsheft auch einen Zweck im narrativen Kontext: Es dient den Schüler*innen in ihren Rollen als Klima-Agenten als Geheimprotokoll ihrer äußert vertraulichen Missionen. An einigen Stellen im Arbeitsheft erhalten die Schüler*innen Hilfestellungen, weiterführende Übungen oder Verlinkungen zur Storyline, welche als digitale Overlays auf den digitalen Endgeräten in Form von AR angezeigt werden. Eine Augmented Virtuality wird im Projekt beispielsweise durch eine Zeitmaschine integriert, welche den Schüler*innen auf ihrem digitalen Endgerät angezeigt wird. Diese platzieren die Lernenden durch Antippen des Bildschirms in ihrer Umgebung und können anschließend „hindurchgehen“ (virtuell), um in der Storyline voranzuschreiten. Diese Sequenz wird zum Wechseln zwischen den einzelnen Leveln als Zeitreise in den narrativen Spiel-Kontext eingebaut. Die Level selbst mit ihren Herausforderungen und den Informationen, welche die Schüler*innen sammeln, werden in Form einer virtuellen 360°-Umgebung realisiert. Hier können multimediale Inhalte und eine Interaktion mit virtuellen Objekten integriert werden.

Ausblick

Das Projekt *SCIENCE without FICTION* weist durch viele zusammenspielende Aspekte (Konzeption und Aufbau der Level, inhaltliche Ausrichtung, Integration von Schülerexperimenten) eine hohe Komplexität auf. Dabei sollen vor allem die zu integrierenden Schülerexperimente zur Förderung der Methodenkompetenz innerhalb des Erkenntnisgewinnprozesses fokussiert und pilotiert werden. Hierbei soll auch die Frage geklärt werden, inwiefern Experimente von einer Realisierung an verschiedenen Punkten des Reality-Virtualty-Continuums (Teichrew & Erb, 2020) didaktisch profitieren.

In Bezug auf die technische Umsetzung werden zukünftig mehrere Möglichkeiten zur virtuellen Schüler-Schüler- und Schüler-Umgebung-Interaktion erforscht, um die Usability des Lehr-Lernszenarios zu optimieren. Darüber hinaus soll das entwickelte game-based Learning-Szenario in weiteren Teilprojekten auf einen positiven Einfluss auf die Problemlöse-Fähigkeiten der Schüler*innen hin untersucht werden.

Literatur

Gnahs, D. (2010). *Kompetenzen—Erwerb, Erfassung, Instrumente* (2., aktualisierte und überarb. Aufl). Bertelsmann.

Huwer, J., & Seibert, J. (2018). A New Way to Discover the Chemistry Laboratory: The Augmented Reality Laboratory-License. *World Journal of Chemical Education*, *6*(3), 124–128. https://doi.org/10.12691/wjce-6-3-4

Kohls, C. (2020). Bildungstechnologie in der Schule. In H. Niegemann & A. Weinberger (Hrsg.), *Handbuch Bildungstechnologie* (S. 631–643). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-54368-9_53

Milgram, P., & Kishino, F. (1994). A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays. *IEICE Transactions on Information and Systems*, *E77-D*(12), 16.

Milgram, P., Takemura, H., Utsumi, A., & Kishino, F. (1995). *Augmented reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum* (H. Das, Hrsg.; S. 282–292). https://doi.org/10.1117/12.197321

Reeves, B., & Read, J. L. (2009). *Total engagement: Using games and virtual worlds to change the way people work and businesses compete* (S. 274). Harvard Business School Press.

Strauch, A., Jütten, S., & Mania, E. (2009). *Kompetenzerfassung in der Weiterbildung: Instrumente und Methoden situativ anwenden*. wbv, W. Bertelsmann Verlag.

Teichrew, A., & Erb, R. (2020). Hauptsache Augmented?-Klassifikation digitalisierter Experimentierumgebungen. In K. Kaspar, M. Becker-Mrotzek, S. Hofhues, J. König, & D. Schmeinck (Hrsg.), *Bildung, Schule, Digitalisierung* (S. 421–426). Waxmann Verlag GmbH. https://doi.org/10.31244/9783830992462

Whitton, N. (2012). Games-Based Learning. In N. M. Seel (Hrsg.), *Encyclopedia of the sciences of learning* (Bd. 3, S. 1337–1340). Springer.

Luisa Lauer
Markus Peschel
Johann Seibert
Vanessa Lang
Annika Eichinger
Kristin Altmeyer
Sarah Malone
Mareike Kelkel
Sarah Bach
Franziska Perels
Christopher W.M. Kay

Universität des Saarlandes

Untersuchung der Wirkungen von AR-Visualisierungstechniken in der Primarstufe

In diesem Beitrag wird eine Studie zur Untersuchung der Wirkungen von Augmented Reality (AR) -Technologien in der Primarstufe vorgestellt. Sie dient der Erforschung grundlegender Möglichkeiten und Grenzen des Einsatzes von AR-Technologien in Lehr-Lernsituationen aus fachdidaktischer Sicht für den naturwissenschaftlich-orientierten[1] Sachunterricht der Primarstufe. Zunächst wird der theoretische Hintergrund bezüglich der Wirkung der verschiedenen AR-Technologien beschrieben. Daraus wird das Design für eine experimentelle Evaluationsstudie zur Untersuchung der Wirkungen verschiedener AR-Technologien in der Primarstufe am Beispiel Elektrik abgeleitet.

Theoretischer Hintergrund

Während die Echtzeit-Darbietung digital generierter oder replizierter Inhalte schon länger durch Technologien, wie z.B. bei Echtzeit-Messwerterfassung oder Live-Streaming, möglich ist, stellt AR in zweifacher Hinsicht eine technische Innovation dar: AR ermöglicht die (Echtzeit-)Integration von Inhalten ins unmittelbare Blickfeld und außerdem eine Interaktion zwischen realen und virtuellen (also nur über das AR-Gerät wahrnehmbaren) Objekten bzw. Signalen (Azuma, 2001). Diese Objekte bzw. Signale können z.B. Bilder/Grafiken, Audiosignale, Videos oder Animationen sein. AR kann entweder über spezielle halbtransparente Brillen (AR-Smartglasses, „see-through"-AR) oder über die Kameraansicht auf Display-Geräten, z.B. Tablets („look-on"-AR) realisiert werden. Bisherige Forschungen zum Lernen mit AR deuten darauf hin, dass durch AR im Vergleich zu anderen (digitalen) Techniken Werkzeugen ein positiver Einfluss auf das Lernen, insbesondere im Kontext von Technik-Themen besteht (Garzón & Acevedo, 2019; Wu et al., 2013). Angesichts zahlreicher Forschungsaktivitäten zum Lernen mit AR in der Primarstufe im internationalen Raum (z.B. Chen et al., 2017) und für den (naturwissenschaftlichen) Unterricht der Sekundarstufen in Deutschland (z.B. Altmeyer et al., 2020) besteht insbesondere für den Sachunterricht der

[1] Der Begriff „naturwissenschaftlich-orientierter" Sachunterricht meint den Sachunterricht der Primarstufe mit seiner naturwissenschaftlichen Perspektive, wie sie der Perspektivrahmen der Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts formuliert wird (GDSU, 2013). Eine vielperspektivische Herangehensweise an das Lernen *mit* und *über* AR im sachunterrichtsdidaktischen Sinne (GDSU, 2019) findet in der Studie noch keine Anwendung, da es sich um Grundlagenforschung zu Wirkungen der Technik im Allgemeinen handelt.

Primarstufe noch ein erhebliches Forschungsdesiderat bzgl. des Lernens mit AR (Lauer et al., 2020a).

Die beiden beschriebenen AR-Technologien (AR-Smartglasses und Tablet-AR) unterscheiden sich nicht nur in der generellen Handhabung (Brille auf dem Kopf, die das Blickfeld vollständig einnimmt vs. Tablet-Kamerasicht), sondern auch in der Art der wahrnehmbaren Repräsentationen (Ainsworth, 2006; Schnotz & Bannert, 2003) von Objekten: Während bei AR-Smartglasses die virtuellen Objekte direkt in die reale Umgebung eingefügt werden, werden die virtuellen Objekte nur in einem digital replizierten Abbild der realen Umgebung (depiktionale bzw. konkret-ikonische Repräsentation (Purchase, 1998) angezeigt. Ziel der Studie ist es, zu untersuchen, wie sich diese verschiedenen AR-Visualisierungstechnologien (=Repräsentationstechnologien) auf das Lernen (beispielhaft anhand eines ausgewählten Fachinhalts aus dem Themenbereich Elektrik[2]) bei Kindern im Grundschulalter auswirken.

Studiendesign

Zur Untersuchung der Fragestellung wird derzeit an der Universität des Saarlandes eine experimentelle Evaluationsstudie mit Kindern im Alter von 8-10 Jahren durchgeführt. Wie in Abb. 1 dargestellt, werden vier Bedingungen unterschieden, die sich in der räumlichen und/oder zeitlichen Nähe der realen Objekte (Bauteile) und virtuellen Objekte (Schaltsymboliken) unterscheiden: In den Bedingungen „AR-Smartglasses“ und „AR-Tablets“ werden AR-Echtzeit-Visualisierungen über Smartglasses bzw. über Tablets in das Blickfeld integriert. Der Vergleich dieser beiden Bedingungen soll Hinweise auf Unterschiede zwischen den jeweils dargebotenen Arten von Repräsentationen (s.o.) bzgl. ihrer Auswirkungen auf das Lernen liefern. Die Kontrollbedingung „Non-AR-Visualisierung“ dient der Evaluation des Nutzens der Integration der Echtzeit-Visualisierung ins unmittelbare Blickfeld durch AR, während die Kontrollbedingung ohne Echtzeitvisualisierung zur Evaluation des Nutzens der Echtzeitvisualisierung an sich dient. Nach der jeweiligen (fachbezogenen und different AR-vermittelten) Intervention wird die Leistung der Kinder in einem schriftlichen bzw. praktischen Test zum Fachinhalt der Intervention gemessen (Abb. 1).

Vor der Intervention werden das Vorwissen bzgl. relevanter Fachinhalte aus dem Themenbereich Elektrik, insbesondere auch zu den Vorstellungen über den elektrischen Strom (Stork & Wiesner, 1981; Wilhelm & Hopf, 2018), sowie das Interesse für das Thema Elektrik und die aktuelle Motivation (Ryan & Deci, 2000) erhoben. Nach der Intervention werden neben der aktuellen Motivation außerdem die kognitive Belastung, sowie die Usability der AR-Technologie evaluiert. Die Messung und Analyse von Motivation, kognitiver Belastung (Sweller, 2011) und Usability (Brooke, 1996) werden von unseren Projektpartnern der AG Prof. Dr. Brünken, Lehrstuhl für empirische Bildungsforschung an der Universität des Saarlandes durchgeführt. Die Befunde zum Einfluss der verschiedenen Bedingungen bzgl. Motivation, kognitiver Belastung und Usability dienen der Varianzaufklärung bei der Interpretation von ggf. vorliegenden Unterschieden bei der gemessenen Leistung im Nachtest zum Fachinhalt der Intervention.

[2] Das der Studie zugrunde liegende Lehr-Lernszenario adressiert das Erlernen von Schaltsymboliken für elektrische Bauteile und Schaltungen (Lauer et al., 2020b).

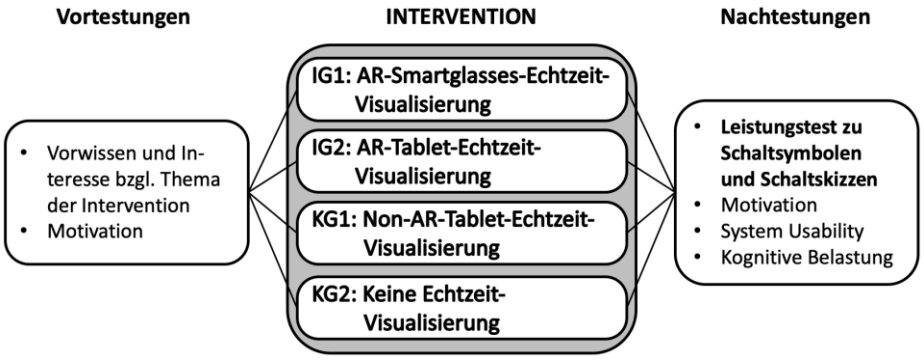


Abb. 1. Schematische Darstellung des Studienablaufs.

Fazit und Ausblick

Die dargestellte Studie und deren Befunde fungieren zur Gewinnung grundlegender Erkenntnisse über Einsatzmöglichkeiten und -grenzen von AR im Sachunterricht der Primarstufe. Die Erforschung dieser Möglichkeiten bzw. Grenzen findet zunächst „monoperspektivisch[3]“ und exemplarisch an einem ausgewählten Themenbereich des naturwissenschaftlich-orientierten Sachunterricht statt. Die gewonnenen Erkenntnisse müssen anschließend in sachunterrichtlichen Modellierungen Medialen Lernens und im Diskurs des Lernens *mit* und *über* Medien (Peschel, 2020) analysiert werden.

Danksagungen

Wir danken der AG von Herrn Prof. Dr. Brünken, Lehrstuhl für empirische Bildungsforschung, von der Universität des Saarlandes für die Zusammenarbeit bei der Konzeption, Planung, Durchführung und Auswertung der Studie. Ebenfalls danken wir der AG von Herrn Prof. Dr. Lukowicz vom Deutschen Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI) in Kaiserslautern für die technische Entwicklung und Optimierung der AR-Anwendung und der speziellen Bauteile für die Intervention.

Förderhinweis

Die beschriebene Forschung wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen des Projekts GeAR (Förderkennzeichen: 01JD1811B) finanziert.

Literatur

Ainsworth, S. (2006). DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning and Instruction*, *16*(3), 183–198.

Altmeyer, K., Kapp, S., Thees, M., Malone, S., Kuhn, J., & Brünken, R. (2020). The use of augmented reality to foster conceptual knowledge acquisition in STEM laboratory courses—Theoretical background and empirical results. *British Journal of Educational Technology*, bjet.12900.

[3] „Monoperspektivisch“ beschreibt die vormals beschriebene nicht-vielperspektivische (GDSU, 2013) Grundlegung und Erforschung des Lernens mit AR im Rahmen dieser Studie, wie sie meist bei sachunterrichtsbezogener Forschung zum Lehren und Lernen Anwendung findet.

Azuma, R., Baillot, Y., Behringer, R., Feiner, S., Julier, S., & MacIntyre, B. (2001). Recent advances in augmented reality. *IEEE Computer Graphics and Applications*, *21*(6), 34–47.

Brooke, J. (1996). *SUS:* a "quick and dirty" usability scale. In: P. W. Jordan, B. Thomas, B. A. Weerdmeester, & A. L. McClelland (Hrsg.): *Usability Evaluation in Industry*. London: Taylor and Francis.

Chen, P., Liu, X., Cheng, W., & Huang, R. (2017). A review of using Augmented Reality in Education from 2011 to 2016. In E. Popescu, Kinshuk, M. K. Khribi, R. Huang, M. Jemni, N.-S. Chen, & D. G. Sampson (Hrsg.), *Innovations in Smart Learning* (S. 13–18). Springer Singapore.

Garzón, J., & Acevedo, J. (2019). Meta-analysis of the impact of Augmented Reality on students' learning gains. *Educational Research Review*, *27*, 244–260.

Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (2013). *Perspektivrahmen Sachunterricht*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (GDSU) (2020 i.V.). *Sachunterricht und Digitalisierung – Positionspapier der GDSU*.

Kapp, S., Thees, M., Strzys, M. P., Beil, F., Kuhn, J., Amiraslanov, O., Javaheri, H., Lukowicz, P., Lauer, F., Rheinländer, C. & Wehn, N. (2019). Augmenting Kirchhoff's laws: Using augmented reality and smartglasses to enhance conceptual electrical experiments for high school students. *The Physics Teacher*, *57*(1), 52–53.

Lauer, L., Peschel, M., Marquardt, M., Seibert, J., Lang, V., & Kay, C. (2020a). Augmented Reality (AR) in der Primarstufe - Entwicklung einer AR-gestützten Lehr-Lerneinheit zum Thema Elektrik. In S. Habig (Hrsg.). *Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen. Jahresband der GDCP 2019 (S. 944–947)*.

Lauer, L., Peschel, M., Altmeyer, K., Malone, S., Brünken, R., Javaheri, H., Amiraslanow, O., Grünerbl, A., & Lukowicz, P. (2020b). Real-time visualization of electrical circuit schematics: An augmented reality experiment setup to foster representational knowledge in introductory physics education. *The Physics Teacher*, *58*, 518–519.

Mayer, R. E. (2005). Cognitive Theory of Multimedia Learning. In R. E. Mayer (Hrsg.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (S. 31). Cambridge University Press.

Peschel, M. (2020). Welterschließung als sachunterrichtliches Lernen mit und über digitale Medien—Lernen mit und über digitale Medien als Ausgangspunkt einer umfassenden Sachbildung. In M. Thumel, R. Kammerl, & T. Irion (Hrsg.), *Digitale Bildung im Grundschulalter—Grundsatzfragen zum Primat des Pädagogischen* (S. 341–355). kopaed.

Purchase, H. C. (1998). Defining multimedia. *IEEE Multimedia*, *5*(1), 8–15.

Ryan, R. &Deci, E. L. (2000). Intrinsic and Extrinsic Motivations: Classic Definitions and New Directions. Contemporary Educational Psychology, 25, S. 54-67.

Schnotz, W., & Bannert, M. (2003). Construction and interference in learning from multiple representation. *Learning and Instruction*, *13*(2), 141–156.

Stork, E., & Wiesner, H. (1981). Schülervorstellungen zur Elektrizitätslehre und Sachunterricht. Bericht über einen Versuch zur Integration von fachdidaktischer Forschung und schulpraktischer Ausbildung an der Universität. *Sachunterricht und Mathematik in der Primarstufe 9*, 218–230.

Sweller, J., Ayres, P., & Kalyuga, S. (2011). *Cognitive Load Theory*. Springer New York.

Wilhelm, T., & Hopf, M. (2018). Schülervorstellungen zum elektrischen Stromkreis. In H. Schecker, T. Wilhelm, M. Hopf, & R. Duit (Hrsg.), *Schülervorstellungen und Physikunterricht—Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis* (S. 115–138). Springer Spektrum.

Wu, H.-K., Lee, S. W.-Y., Chang, H.-Y., & Liang, J.-C. (2013). Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education. *Computers & Education*, *62*, 41–49.

Hanne Rautenstrauch[1]
Svenja M. Garrelfs[1]
Maike Busker[1]

[1]Europa-Universität Flensburg

Chemie fachfremd unterrichten – eine Interviewstudie

Das Schulfach Chemie wird in vielen Bundesländern, wie z.B. Schleswig-Holstein (Prien, 2018) oder Nordrhein-Westfalen (BMRLP, o.A.) als Bedarfsfach ausgewiesen. Zur Deckung des Bedarfs ist somit davon auszugehen, dass der Chemieunterricht vermehrt fachfremd oder durch QuereinsteigerInnen erteilt wird. Unter QuereinsteigerInnen versteht man Lehrpersonen, die nicht grundständig für das Lehramt qualifiziert sind, also ursprünglich ein nicht-lehramtsbezogenes Studium absolviert haben (Richter, Marx & Zorn, 2018).
Im IQB-Ländervergleich 2012 konnte festgestellt werden, dass das Fach Chemie in 10,4% der Fälle von einer Lehrkraft ohne entsprechende Lehrbefähigung erteilt wird (Pant, et al., 2012). Laut IQB-Ländervergleich 2018 sind die höchsten Anteile von QuereinsteigerInnen in den Fächern Chemie (15%) und Physik (17% aller Lehrkräfte) zu finden (Stanat, et al., 2019).
Zusätzlich ist in vielen Bundesländern in der Sekundarstufe I, wie z.B. Berlin oder Thüringen, ein integrierter Naturwissenschaftsunterricht eingeführt worden. In diesem werden die drei naturwissenschaftlichen Fachdisziplinen fächerverbindend und fächervernetzend integriert unterrichtet. An den Universitäten werden angehende Lehrkräfte jedoch weiterhin in den Einzeldisziplinen Biologie, Chemie und Physik ausgebildet. Somit ist davon auszugehen, dass auch im Rahmen des Naturwissenschaftsunterrichts chemische Fachinhalte vermehrt fachfremd unterrichtet werden. Belegt wird diese Annahme beispielsweise dadurch, dass laut IQB-Ländervergleich 2018 im Integrativfach Naturwissenschaften der Anteil fachfremd Unterrichtender mit 15% vergleichsweise groß ausfällt (ebd.). Bisher gibt es jedoch keine oder kaum Studien, die sich mit dem fachfremden Unterrichten des Faches Chemie in Deutschland aus Sicht der betreffenden Lehrkräfte befassen. Im IQB-Ländervergleich (Pant, et al., 2012, Stanat, et al., 2019) wird zwar beispielsweise die Qualifikation der Lehrkräfte erfasst, der Fokus liegt aber auf den Schülerleistungen und nicht auf den Lehrkräften.
Ziel dieser Studie ist daher die qualitative Befragung von Lehrkräften, welche das Fach Chemie bzw. chemische Fachinhalte im Rahmen des Naturwissenschaftsunterrichts fachfremd, d.h. ohne eine entsprechende Lehrbefähigung, unterrichten. In den Bildungsstandards (KMK, 2004) ist der Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung ein gleichgestellter Kompetenzbereich mit den Bereichen Fachwissen, Kommunikation und Bewertung. Das Experimentieren wird dabei als zentrales und wesentliches Element des Chemieunterrichts angesehen. Zugleich könnte es gerade beim Experimentieren Vorbehalte und Herausforderungen für fachfremd unterrichtende Lehrkräfte geben. Aus diesem Grund steht das Experimentieren im Unterricht im Fokus der nachfolgend vorgestellten Studie.

Forschungsfrage

In der Studie wird der Frage nachgegangen, ob fachfremd Unterrichtende Experimente in ihrem Unterricht einsetzen. Darüber hinaus soll ermittelt werden, ob und welche Herausforderungen und Schwierigkeiten beim Experimentieren im Unterricht von fachfremd Unterrichtenden wahrgenommen werden. Zudem wird untersucht, welche Fortbildungs- und Unterstützungsangebote gewünscht bzw. bereits wahrgenommen werden.

Methode

Zur Beantwortung der Forschungsfragen wurden leitfadengestützte Interviews durchgeführt. Der Leitfaden gliedert sich in die folgenden Bereiche:

- Begrüßung und allgemeine Hinweise (z.B. zur Durchführung und zum Datenschutz)
- Personenangaben (z.B. studiertes Lehramt und Fächer, Berufserfahrung, Schulart, Grund für das fachfremde Unterrichten)
- Einsatz von Experimenten und Herausforderungen beim Experimentieren (z.B. Einsatz von Schüler- bzw. Lehrerversuchen, Meidung von bestimmten Experimenten oder Chemikalien)
- Fortbildungsbedarf (z.B. bisherige Teilnahme und Erfahrungen, Themenwünsche, Verbesserungsvorschläge)
- Liste mit Laborgeräten, Chemikalien und Tätigkeiten

Nach dem eigentlichen Fragenteil (Punkt 1-4) wird den Befragten eine Liste mit gängigen Laborgeräten (z.B. Gaswaschflasche), Chemikalien (z.B. Lösungsmittel, Säuren) und Tätigkeiten (z.B. Glas biegen, Gasflasche bedienen) vorgelegt. Die Befragten sollen anhand dieser Liste einschätzen, welche Geräte, Chemikalien oder Tätigkeiten ihnen Schwierigkeiten bereiten bzw. herausfordernd für sie sind. Die Liste wird am Ende des Interviews thematisiert, um die zuvor gegebenen Antworten nicht zu beeinflussen. Durch die Liste kann jedoch eine Vergleichbarkeit zwischen den Interviews hinsichtlich der befragten Aspekte hergestellt und somit abgeleitet werden, ob sich bestimmte Thematiken als besonders herausfordernd herauskristallisieren. Anhand dieser Ergebnisse könnten dann zielgerichtete Unterstützungsangebote für fachfremd Unterrichtende entwickelt werden.
Die geführten Interviews wurden aufgezeichnet und im Anschluss geglättet transkribiert und mit Hilfe der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (Mayring, 2015) ausgewertet.

Stichprobe
Insgesamt wurden 20 Lehrkräfte im Land Schleswig-Holstein befragt, die entweder das Fach Chemie oder chemische Fachinhalte im Naturwissenschaftsunterricht fachfremd unterrichten. Alle befragten Lehrkräfte haben ursprünglich ein Lehramtsstudium absolviert, d.h. es befinden sich keine QuereinsteigerInnen in der Stichprobe. Zwei Lehrkräfte unterrichten derzeit an einem Gymnasium und 18 an einer Gemeinschaftsschule[1]. Bis auf eine befragte Lehrkraft haben alle ursprünglich ein anderes naturwissenschaftliches Fach als Chemie studiert. 15 Lehrkräfte haben ursprünglich das Fach Biologie studiert und vier Lehrkräfte das Fach Physik. Keiner der Befragten hat zwei naturwissenschaftliche Disziplinen studiert. Die Berufserfahrung der Lehrkräfte liegt zwischen drei und 27 Jahren. Im Durschnitt haben sie 10,5 Jahre Berufserfahrung. Fachfremd unterrichten die Lehrkräfte im Durchschnitt seit 7,2 Jahren, wobei die kürzeste Zeit ein halbes Jahr ist und die längste Zeit 25 Jahre beträgt.

Ausgewählte Ergebnisse
Als Grund, der zum fachfremden Unterrichten geführt hat, geben die Lehrkräfte zum Großteil die integrative Struktur des Faches Naturwissenschaften an. Darüber hinaus werden auch das eigene Interesse und der Fachlehrermangel als Ursache benannt. Zudem haben bei einigen Befragten auch strategische Gründe, wie z.B. eine angestrebte Weiterbeschäftigung, dazu geführt, dass sie sich zum Lehren des Faches Chemie bereit erklärt haben.
40% der Befragten geben an, dass sie Experimente nicht oder nicht regelmäßig in ihrem Unterricht einsetzen. Als Gründe dafür können verschiedene Ursachen identifiziert werden. Zum einen wird von mehreren Lehrkräften ein fehlender Überblick über schulrelevante Experimente geäußert.

[1] Gemeinschaftsschulen wurden in Schleswig-Holstein für ein längeres gemeinsames Lernen eingerichtet. An ihnen können alle Schulabschlüsse verfolgt werden, jedoch ist nicht allen Gemeinschaftsschulen eine gymnasiale Oberstufe angegliedert.

„(…) [Hmm] auf jeden Fall(,) dass ich gar nicht weiß(,) welchen Versuch ich machen kann überhaupt(,) um irgendetwas zu erklären(.)“ (Nr. 5, S. XLV, Z. 35-37)
Zum anderen ist die Zeit ein sehr entscheidender Faktor, der von vielen Lehrkräften angesprochen wird. Die Einbindung von Experimenten im Unterricht erfordert nicht nur die inhaltliche Erarbeitung des Experimentes, sondern auch ein vorheriges Durchführen und die Sichtung/das Sammeln des entsprechenden Experimentiermaterials.
„Also die Vorbereitung ist sehr zeitintensiv(,) weshalb man manchmal zweimal überlegt(,) ob man den Versuch jetzt durchführt(.) Also ich muss mich in die neuen Inhalte halt auch immer erst einlesen (…) und bei neuen Experimenten(/)Varianten will ich die Versuche ja auch vorab durchführen oder mir die von Kollegen zeigen lassen(,) um auf unerwartete Situationen besser reagieren zu können(.)“ (Nr. 13, S. LXXIV, Z. 31-35)
„Zum Teil ein Zeitproblem(,) weil es immer schwierig ist(,) die Sachen erst einmal zusammen zu suchen […] und [ähm] zum Teil muss ich dann gucken(,) sind die Sachen überhaupt da(,) wo finde ich sie dann überhaupt(.)“ (Nr. 6, S. L, Z. 37-40).

Des Weiteren wird von vielen Lehrkräften eine Überforderung, bedingt durch Unsicherheiten und fehlende Fachkenntnisse, insbesondere hinsichtlich
- komplexer Versuche und Lehrerversuche,
- der Erstellung von Gefährdungsbeurteilungen (Risikoabschätzung),
- Chemikalien, die über Alltagsstoffe hinaus gehen und ihre Entsorgung und
- „besonderer“ Laborgeräte (z.B. Gaswaschflasche), formuliert (vgl. Abb. 1).

Vor allem für den Unterricht in den höheren Klassenstufen (ab Klasse 8) und bei Lehrerversuchen fehlen Fachkenntnisse und Handlungskompetenzen. Diesbezüglich weisen die Lehrkräfte nach eigenen Angaben einen Fortbildungsbedarf auf.
Bisher werden Fortbildungen jedoch eher wenig besucht. Grund dafür ist zum einen die fehlende Zeit, zum anderen negative Erfahrungen (zu theoretische und wenig lernwirksame Fortbildungen). Gewünscht werden wiederholende Fortbildungsformate in Form von Experimentalpraktika, in denen viele verschiedene Schulexperimente kennen gelernt werden können. Des Weiteren werden vorbereitete Experimentierkästen, die alle benötigten Materialien enthalten, als hilfreich benannt.

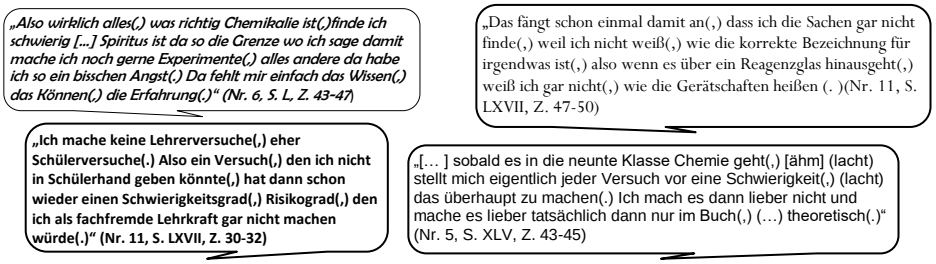


Abb.1: ausgewählte Äußerungen der fachfremd unterrichtenden Lehrkräfte

Zusammenfassung und Ausblick
Durch die Studie konnte gezeigt werden, dass sich fachfremd Unterrichtende im Fach Chemie hinsichtlich des Experimentierens mit vielfältigen herausfordernden Faktoren konfrontiert sehen. Es konnte aber ebenso herausgestellt werden, dass der Wunsch nach entsprechenden experimentellen Fortbildungsformaten groß ist. Darüber hinaus werden an der Europa-Universität Flensburg nun entsprechende Experimentierkästen und eine Plattform mit Videotutorials zu gängigen Schulexperimenten entwickelt, welche eine fortdauernde und wenig zeitintensive Unterstützung fachfremd Unterrichtender ermöglichen.

Literatur

Kultusministerkonferenz (KMK) (2004). Bildungsstandards im Fach Chemie für den mittleren Schulabschluss, Beschluss vom 16.12.2004. Online verfügbar unter https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Bildungsstandards-Chemie.pdf, zuletzt geprüft am 30.07.2020.

Mayring, P. (2015). Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. – 12. überarb. Aufl., Weinheim und Basel: Beltz Verlag.

Ministerium für Bildung Rheinland-Pfalz (BMRLP) (o. A): Bedarfsfächer. Online verfügbar unter https://bm.rlp.de/de/bildung/schule/lehrerin-oder-lehrer-werden/quer-und-seiteneinstieg-in-den-schuldienst/bedarfsfaecher/, zuletzt geprüft am 30.07.2020.

Pant, H. A., Stanat, P., Schroeders, U., Roppelt, A., Siegle, T. & Pöhlmann, C. (2012). IQB-Ländervergleich 2012, Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen am Ende der Sekundarstufe I. Münster: Waxmann

Prien, K. (2018). Neue Bedarfsfächer zum 01.02.2019. Online verfügbar unter https://www.schleswig-holstein.de/DE/Landesregierung/Themen/BildungHochschulen/LehrkraefteSH/Ausbildung/downloads/Bedarfsfaecher.pdf?__blob=publicationFile&v=1, zuletzt geprüft am 30.07.2020.

Richter, D., Marx, A. & Zorn, D. (2018). Lehrkräfte im Quereinstieg: sozial ungleich verteilt? Eine Analyse zum Lehrermangel an Berliner Grundschulen. Bertelsmann Stiftung. DOI 10.11586/2018048.

Stanat, P., Schipolowski, S., Mahler, N., Weirich, S. & Henschel, S. (Hrsg.). (2019). IQB-Ländervergleich 2018, Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen am Ende der Sekundarstufe I im zweiten Ländervergleich. Münster: Waxmann.

Dominique Rosenberg[1]
Hanne Rautenstrauch[1]

[1]Europa-Universität Flensburg

Professionalisierung zur Einbindung digitaler Medien im Chemieunterricht

Ausgangslage

An der Europa-Universität Flensburg ist die Lehramtsausbildung zu digitalen Medien derzeit hauptsächlich im dritten Studienfach „Pädagogik" verortet. In diesem belegen die Studierenden ein Modul zur Medienbildung, in welchem der Einsatz von digitalen Medien für den Schulunterricht losgelöst von den Fachdisziplinen vermittelt wird. Es besteht somit ein „Vernetzungsdefizit" zwischen dem Fach Pädagogik und den Fachdisziplinen. Digitalisierung ist jedoch als zukunftsweisende Querschnittsaufgabe zu verstehen und bedarf unbedingt einer Einbindung in die fachdidaktische Lehre der Fächer. Ebenso lässt sich in fachdidaktischen Veranstaltungen häufig beobachten, dass Studierende große Hemmungen sowie Unsicherheiten im Umgang mit digitalen Medien aufweisen. Mit einem neu entwickelten Lehrkonzept sollen den Lehramtsstudierenden über mehrere, kumulativ aufbauende Veranstaltungen im Fach Chemie während des Studiums Möglichkeiten aufzeigt werden, innovative Lehrkonzepte sowie Einsätze von digitalen Medien im Unterricht umzusetzen.

Theoretische Voraussetzungen

Das medienpädagogische Modell von Koehler und Mishra (2006, 2008) erweitert das Modell des Professionswissens von Lehrkräften nach Shulman (1986) um die Facette des technologischen Wissens. Ebenso zeigt es sehr deutlich auf, dass die Anbindung zur Fachdisziplin bzw. zum Fachwissen und fachdidaktischen Wissen zwingend notwendig zur Entwicklung eines technologie-bezogenen fachdidaktischen Wissens (TPCK) ist. TPCK lässt sich wie folgt definieren: „[…] is regarded as the contextualized and situated synthesis of teacher knowledge about teaching specific content through the use of educational technologies that best embody and support it in ways that optimally engage students of diverse needs and preferences in learning" (Angeli, Vala-Nides & Christodoulou, 2016: 15 f.). Um Studierende des Lehramtes auf den Einsatz digitaler Medien im Unterricht vorzubereiten, bedarf es somit einer Anbindung der Medienbildung in der Fachdisziplin, um die Entwicklung eines technologiebezogenen fachdidaktischen Wissens (TPCK) im Sinne der Professionalisierung von Lehrkräften bereits in der ersten Phase der Lehrerausbildung anzubahnen. Die Fachdisziplinen der Naturwissenschaften weisen besondere Spezifika, wie beispielsweise die Modellbildung oder die Erkenntnisgewinnung/das Experimentieren, auf, die sich durch digitale Medien auf vielfältige Weise unterstützen lassen. Insbesondere im Fach Chemie lassen sich digitale Medien sinnstiftend und sinnvoll in den Unterricht einbinden. Diese eröffnen neue Perspektiven beim Experimentieren sowie Protokollieren.

Um die Lehramtsstudierenden des Faches Chemie in der ersten Phase der Lehrerbildung auf die Einbindung von digitalen Medien im Chemieunterricht vorzubereiten, soll das neu entwickelte Seminarkonzept zum Tragen kommen, welches im nächsten Teilkapitel ausführlicher vorgestellt wird. Das Studium in der Fachdisziplin Chemie ist im Bereich der fachdidaktischen Ausbildung so aufgebaut, dass ein kumulativer Aufbau fachdidaktischen Professionswissens angestrebt wird. Erreicht werden soll dies jeweils durch Anwendung und Vertiefung des bereits zuvor gelernten Wissens. Mit dem neuen Lehrprojekt soll das Professionswissens um den Bereich des technologischen Wissens ergänzt werden.

Detaillierte Darstellung des Lehrkonzeptes

Im Fach Chemie an der Europa-Universität Flensburg belegen die Studierenden im dritten Bachelorsemester das fachdidaktische Seminar „Ausgangspunkte fachbezogenen Lernens“, in welchem u.a. die Grundlagen zu Interesse und Motivationstheorien, Schülervorstellungen, Bildungsstandards, Fachanforderungen und Modelldenken gelegt werden. Daran anschließenden belegen sie im vierten Semester ein Seminar zur „Konzeption und Gestaltung“ von Chemieunterricht, in welchem es um die Lehre verschiedener Unterrichtskonzeptionen und Methoden geht. Die im vorigen Seminar (3. Semester) gelernten Grundlagen zu Interesse, Motivation, Schülervorstellungen usw. müssen in diesem Seminar angewendet werden, um die verschiedenen Konzeptionen didaktisch einzuordnen und ihre Stärken und Schwächen auszuloten. Im weiteren Studienverlauf müssen die Studierenden im fünften oder im sechsten Semester des Bachelorstudiengangs das Modul zur experimentellen Schulchemie belegen, in welchem die Neukonzeption der Lehre hauptsächlich zum Tragen kommt. In den anschließenden Veranstaltungen zur experimentellen Schulchemie sollen die gelernten Grundlagen aus den fachdidaktischen Seminaren nun auf ein konkretes Schulthema eigenständig von den Studierenden angewendet werden. Durch das neu entwickelte Lehrprojekt findet nun eine Erweiterung des Professionswissens durch das technologische Wissen statt, indem in den zuvor vorgestellten kumulativen Aufbau der fachdidaktischen Ausbildung der Einsatz von digitalen Medien mit eingebunden wird (Abb. 1).

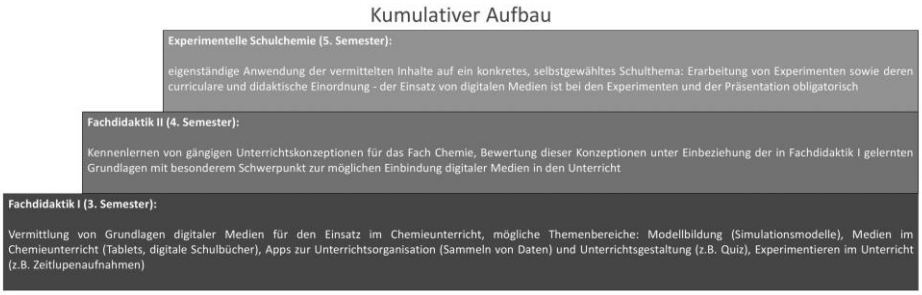


Abbildung 1: Darstellung des Lehrprojektes „ProMeC“

In den Fachdidaktikveranstaltungen im dritten und vierten Semester wird neben den oben genannten fachdidaktischen Grundlagen auch verstärkt zu digitalen Medien gelehrt werden. Dabei bilden beispielsweise die folgenden Bereiche gute Anknüpfungspunkte in der Lehre:

- Im Bereich der *Modellbildung* vermehrt Simulationsmodelle sowie Molekülstrukturen als auch Reaktionsabläufen am Tablet einsetzen (Stamer et al., 2018)
- Im Themenfeld *Medien im Unterricht* Tafelbilder mit Tablets und digitale Schulbücher (Huwer & Eilks, 2017) thematisieren, ausprobieren und ihren Einsatz hinsichtlich lernförderlicher und lernhinderlicher Faktoren reflektieren und bewerten
- Im Bereich der *Unterrichtsmethoden* auf Apps eingehen, die z.B. das Sammeln von Daten verschiedener Schülergruppen ermöglichen oder mit Hilfe derer Wissenssicherung in Form von selbst erstellten Quizfragen ermöglicht wird
- Im Themenfeld *Experimentieren* erste Möglichkeiten aufzeigen, wie sich z.B. Zeitlupenaufnahmen (Sieve, 2016), Messkurven sowie Experimentiervideos in digitalen Versuchsprotokolle einbinden lassen

Im anschließenden Modul zur experimentellen Schulchemie absolvieren die Studierenden ein Seminar und Praktikum, in welchen sie die gelernten Grundlagen nun auf ein konkretes Schulthema selbstständig anwenden. Dazu sollen die Studierenden zu einem selbst gewählten Themengebiet aus der Schule (z.B. Säuren und Basen, chemische Reaktion, Redoxreaktionen, Teilchenmodell, usw.) für das Seminar ein Referat ausarbeiten und für das Praktikum sechs Experimente entwickeln. Im Referat soll das technologiebezogene fachdidaktische Wissen auf das Schulthema angewendet werden und mindestens ein Drittel der entwickelten Praktikumsexperimente müssen mit digitalen Medien vernetzt sein. Dabei ist den Studierenden die konkrete Ausgestaltung eigenständig überlassen. Sie können und sollen auf die in den grundständigen Fachdidaktik-Seminaren vermittelten Inhalte und Methoden zum digitalen Lernen zurückgreifen und diese begründet und reflektiert einsetzen. Im Referat, in welchem Tablets (IPads) zwingend eingesetzt werden müssen, stellt der Studierende daher seine ausgewählten und entwickelten Experimente vor, ordnet diese auf Grundlage der gelernten Theorien und Inhalte der vorangegangenen fachdidaktischen Veranstaltungen didaktisch ein und führt die Experimente anschließend im Praktikum mit den Kommilitoninnen und Kommilitonen durch. Im Anschluss an diese Praxisphase erfolgt eine Evaluation der Versuche, bei welcher zwingend eine mediale Methode durch Tablets gewählt werden muss.

Zusammenfassung

Durch die Bearbeitung von vielen verschiedenen Themengebiete sowie der Erbringung der Modulleistung der Experimentellen Schulchemie in Einzelarbeit ist jede/r Studierende gezwungen, sich mit den digitalen Medien auseinander zu setzen. Auf diese Weise soll den Studierenden die Möglichkeit gegeben werden, in einem geschützten universitären Rahmen erste Praxiserfahrungen im Umgang mit iPad-Klassen und dem Einsatz von medialen Methoden zu sammeln. Durch die vielen verschiedenen Themengebiete wird den Studierenden ein möglichst breites Spektrum an Möglichkeiten und Anwendungsbeispielen zur Einbeziehung digitaler Medien in den Chemieunterricht aufgezeigt. Dies soll die von uns beobachteten bzw. von den Studierenden berichteten und auch in verschiedenen Studien belegten Hemmungen im Umgang mit digitalen Medien abbauen und die Studierenden bestmöglich auf die zweite und dritte Phase ihrer Lehrerlaufbahn vorbereiten.

Dank

Wir danken der Joachim Herz Stiftung sowie dem Lehrfonds der Europa-Universität Flensburg für die großzügige Finanzierung des Projektes.

Literatur

Angeli, C., Valanides, N. & Christodoulou, A. (2016): Theoretical considerations of technological pedagogical content knowledge. In Herring, M. C., Koehler, M. J., Mishra, P. (Hrsg). Handbook of technological pedagogical content knowledge (TPACK) for educators. New York & London: Routledge. 11-30.

Huwer, J. & Eilks, I. (2017). Multitouch Learning Books für schulische und außerschulische Bildung. In Meßinger-Koppelt, J., Schanze, S. & Groß, J. (Hrsg). Lernprozesse mit digitalen Werkzeugen unterstützen – Perspektiven aus der Didaktik naturwissenschaftlicher Fächer. Hamburg: Joachim Herz Stiftung Verlag, 81-94.

Koehler, M. J., & Mishra, P. (2008): Introducing TPCK. In AACTE Committee on Innovation and Technology. Handbook of technological pedagogical content knowledge (TPCK) for educators. New York: Rout-ledge.

Mishra, P. & Koehler, M. J. (2006): Technological pedagogical content knowledge: A new framework for teacher knowledge. In Teachers College Record, 108 (6), 1017-1054.

Shulman, L. S. (1986): Those who understand: Knowledge growth in teaching. In Educational Researcher, 15 (2), 4-14.

Sieve, B. F. (2016): Mit Zeitlupenaufnahmen chemischen Phänomenen auf die Spur kommen. In Chemie & Schule, 31 (4), 5-9.

Stamer, I., Beiroth, F., Schwarzer, S., Hartke, B., Lindhorst, T. K., Parchmann, I. (2018): Blick in die Zukunft: Compuersimulationen ergänzen die Heranführung von Schülerinnen und Schüler an naturwissenschaftliche Arbeitsweisen, Chemkon 25/7, 285-292

Mareike Freese[1]
Jan Winkelmann[1]
Albert Teichrew[1]
Mark Ullrich[1]

[1]Goethe-Universität Frankfurt am Main

Nutzung von und Einstellungen zu Augmented Reality im Physikunterricht

Modellieren ist ein wichtiger Bestandteil der physikalischen Erkenntnisgewinnung, doch Schüler*innen haben damit häufig Schwierigkeiten (Fruböse, 2010). Das digitale Hilfsmittel Augmented Reality (AR) kann dazu dienen, Experiment und Modell stärker in Beziehung zu setzen (Furht, 2011). Lehrkräfte und Lehramtsstudierende schätzen ihre eigenen, dafür benötigten digitalen Kompetenzen jedoch häufig als unzureichend ein (Vogelsang et al., 2019; Guillén-Gámez et al., 2020). Im Rahmen des QLB-Projekts *Digi_Gap*[1] (Teilprojekt *diMEx*) wird ein Fortbildungskonzept entwickelt, um Lehrkräften die Nutzung von AR im experimentierbasierten Physikunterricht zu vermitteln und ihre digitalen Kompetenzen zu fördern. Zur Entwicklung der Fortbildung wurde online eine Lehrkräftebefragung durchgeführt, welche neben individuellen Förderwünschen auch verschiedene Einstellungen der Lehrkräfte bezüglich des Einsatzes digitaler Medien, Open Educational Resources (OER) und User-Generated Content (UGC) im Unterricht erhebt.

Erhebungsinstrument und Stichprobe

Zur Erhebung der Erfahrungen, Einstellungen und des Förderbedarfs von Physiklehrkräften bezüglich des Einsatzes digitaler Medien im Unterricht wurde ein Online-Fragebogen erstellt. Dieser enthielt sieben Items sowie zwei offene Fragen zum Verständnis von und Erfahrungen mit AR. Für zwölf ausgewählte analoge und digitale Anwendungen sollte die Art des Einsatzes (siehe Legende in Abb. 1) angegeben werden. Zudem wurden Einstellungen und Motivation zum Einsatz digitaler Medien, sowie eigene Fähigkeiten und Kontextbedingungen diesbezüglich anhand einer vierstufigen Likert-Skala abgefragt (Vogelsang et al., 2019). Der Fragebogen wurde im Juni 2020 verschickt und war über einen Zeitraum von zwei Monaten online ausfüllbar. Die Stichprobe enthielt schließlich 81 Physiklehrkräfte (32,1 % weiblich, 53,1 % männlich, 14,8 % keine Angabe) der weiterführenden Schulen (außer Berufsschule), größtenteils aus Hessen (88,9 %). Die Berufserfahrung betrug in mehr als einem Viertel der Fälle über 20 Jahre, bei knapp einem Viertel lag sie zwischen einem und fünf Jahren.

Ergebnisse der Befragung

Verständnis von Augmented Reality

Mit zwei offen gestellten Fragen sollte das Verständnis von AR im Allgemeinen und in Bezug auf den schulischen (Physik-)Unterricht erforscht werden. Die qualitativen Antworten der Lehrkräfte wurden kategorisiert, indem sie anhand ihres Inhalts hinsichtlich mehrerer Schlüsselwörter in die Kategorien „richtige Definition“, „Definition in Ansätzen“ und „keine/falsche Definition“ eingeordnet wurden. Die Einordnung erfolgte, orientiert an der Definition von AR-Experimenten für den Physikunterricht von Teichrew und Erb (2020), durch unabhängige Einschätzungen von zwei Personen ($\kappa = .795$). Dabei war es für eine „richtige Definition“ (9,9 % der Antworten) erforderlich, dass die Echtzeit-Überlagerung (1) von realen Informationen (2) mit digitalen Inhalten (3) explizit und vollständig erwähnt ist.

[1] Das Projekt „Digi_Gap - Digitale Lücken in der Lehrkräftebildung schließen“ wird im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert.

Unvollständige Antworten, die jedoch teilweise die o.g. Elemente (1-3) enthielten, wurden als „in Ansätzen“ richtig eingestuft (23,5 %). Eindeutige Verwechslungen mit Virtual Reality (VR), oder keine abgegebene Antwort führten zu einer Einschätzung als „keine/falsche Definition“ (66,7 %).
61 der 81 Befragten gaben an, noch keine Erfahrungen mit AR im schulischen Kontext zu haben. Zwei Lehrkräfte beschrieben Erfahrungen mit AR im Unterricht anderer Kolleg*innen. Zwei weitere Lehrkräfte beschrieben eigene Unterrichtserfahrungen mit AR, welche jedoch nicht im Fach Physik gemacht wurden.

Erfahrungen mit dem Einsatz (digitaler) Medien im Unterricht
Das in Abb. 1 dargestellte Diagramm zeigt die Art des Einsatzes verschiedener analoger und digitaler Medien im Physikunterricht. Dabei ergeben sich zwei dunkelblaue Peaks bei den AR- und VR-Anwendungen. Diese beiden digitalen Medien wurden von einem Großteil (79 % AR bzw. 82 % VR) noch nie im Unterricht eingesetzt. Der Anteil selbst erstellter Medien in diesen beiden Bereichen liegt bei 11,1 % (AR) bzw. 2,5 % (VR). Klassische Medien wie Fotos oder Videos aus dem Alltag oder von technischen Anwendungen, sowie statische Skizzen oder Zeichnungen wurden dagegen von den meisten Lehrkräften als „selbst erstellte oder fremde Medien demonstriert und Schüler*innen damit arbeiten gelassen“ eingeordnet.

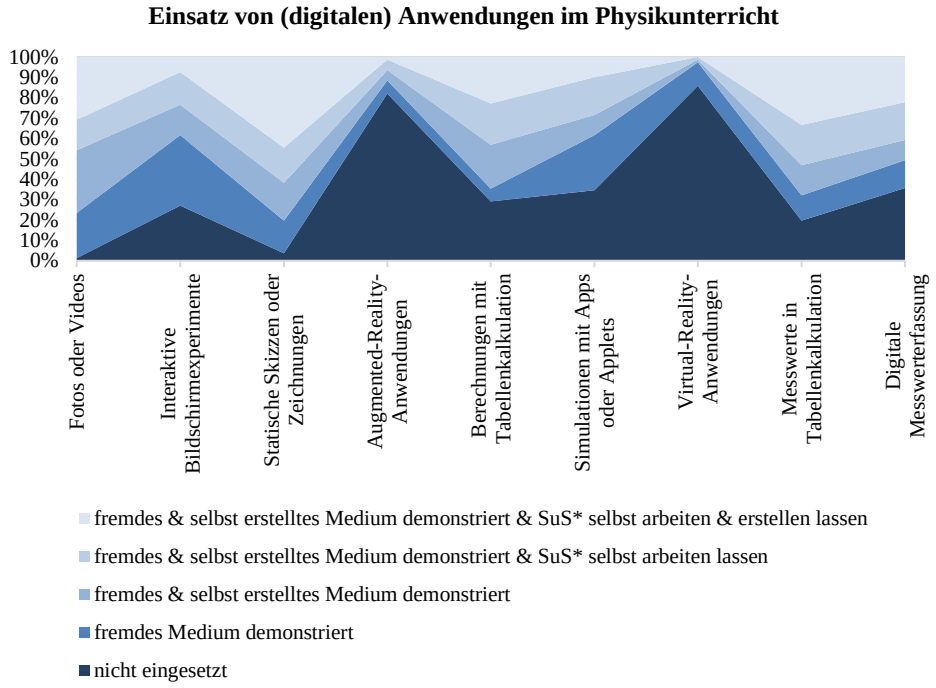


Abb. 1: Einsatz von (digitalen) Anwendungen im Physikunterricht

Einstellungen, Motivation, Fähigkeiten und Kontextbedingungen
Wie Abb. 2 zu entnehmen ist, stimmten 72,1 % der Befragten mit der These überein, dass digitale Medien im Unterricht Spielräume für Kreativität bieten. Keine einzige Lehrkraft gab an, ihren Schüler*innen die Bedienung von mobilen Geräten im Unterricht gar nicht zuzutrauen, während 90,7 % der Aussage (voll und ganz) zustimmten. Zudem können sich

80,3 % der befragten Lehrkräfte vorstellen, dass die Schüler*innen ihre eigenen mobilen Geräte für den Unterricht nutzen. Auf der anderen Seite befürchten 64,5 % eine Ablenkung der Schüler*innen durch mobile Geräte.
Bei der Befragung der Lehrkräfte zu OER und UGC fallen zwei Items besonders auf: Einerseits haben 83,3 % noch nie selbst erstellte Lehr- und Lernmaterialien im Internet zur freien Verfügung gestellt, andererseits besteht die Bereitschaft, selbst erstellte Materialien weiterzugeben.
80,0 % der Lehrkräfte finden es einerseits nicht schwierig, ihren Schüler*innen zu erklären, wie digitale Medien zu bedienen sind. Allerdings sehen sich nur 15,0 % in der Lage, das digitale Werkzeug AR zielgerichtet im Unterricht einzusetzen. Nur etwa ein Fünftel der Lehrkräfte (21,1 %) schätzt dabei die Ausstattung an ihren Schulen gut genug ein, um digitale Medien in Unterrichtsplanungen einzubinden.

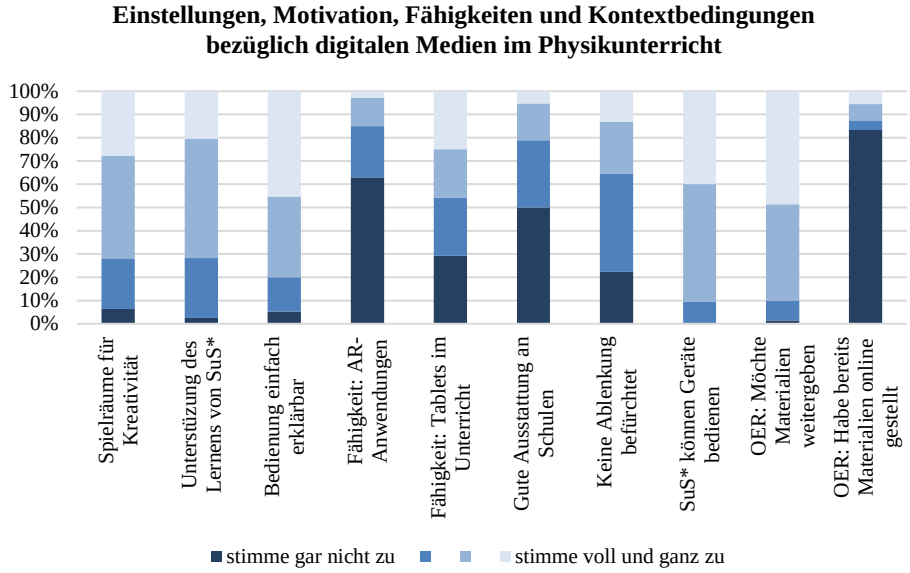


Abb. 2: Einstellungen und Motivation von Lehrkräften zum Einsatz digitaler Medien

Ausblick
Auf der Grundlage der vorgestellten Ergebnisse der Befragung wird eine Lehrkräftefortbildung entwickelt, die im Jahr 2021 in Baden-Württemberg und Hessen durchgeführt werden soll. Die befragten Lehrkräfte äußern den Wunsch nach Fortbildungsmaßnahmen im Bereich digitaler Medien, wobei auch Anfänger*innen auf diesem Gebiet berücksichtigt und geschult werden sollen, besonders im Hinblick auf die Nutzung von Tablets und AR. Für eine Binnendifferenzierung in heterogenen Lerngruppen sollten die selbst erstellten AR-Experimente für alle Schüler*innen angeboten werden. Es bietet sich daher an, die Fortbildung nicht getrennt nach Schulform, sondern gerade im Hinblick auf den Austausch für gemischte Gruppen aller Lehrämter anzubieten. Die geplante Fortbildung dient nicht dazu, AR als digitales Werkzeug bewerben und lediglich die bahnbrechenden Möglichkeiten dieser Technologie aufzuzeigen, sondern AR-Experimente in ein sinnvolles didaktisches Konzept zu integrieren, um durch die Verknüpfung von realem Experimentieren und virtuellen Modellierungen das Verständnis von Modellen in der Physik zu verbessern und den Zugang zu erleichtern (Freese et al., 2020).

Literatur

Freese, M., Winkelmann, J., Teichrew, A. & Ullrich, M. (2020). Digitale Kompetenz beim Modellieren und Experimentieren im Physikunterricht. Entwicklung eines Fortbildungskonzepts zur Implementierung von Augmented Reality im Physikunterricht. PhyDid B - Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung in Bonn 2020, 181-185

Fruböse, C. (2010). Der ungeliebte Physikunterricht. MNU, 63 (7), 388-392

Furht, B. (2011). Handbook of Augmented Reality. New York: Springer

Guillén-Gámez, F. D., Mayorga-Fernández, J., Bravo-Agapito, J. & Escribano-Ortiz, D. (2020). Analysis of Teachers‘ Pedagogical Digital Competence: Identification of Factors Predicting Their Acquisition. Technology, Knowledge and Learning

Kultusministerkonferenz (Hrsg.) (2005). Beschlüsse der Kultusministerkonferenz: Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10). München, Neuwied: Luchterhand

Teichrew, A. & Erb, R. (2020). Augmented Reality-Experimente mit GeoGebra. PhyDid B - Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung in Bonn 2020, 361-367

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

Freja Kressdorf[1]
Thorid Rabe[1]

[1]Martin-Luther-Universität
Halle-Wittenberg

„Naturwissenschaften begeistern mich halt einfach“ - Bildungswegentscheidungen junger Frauen unter Identitätsperspektive

Frauen sind im MINT-Bereich (insb. Physik) unterrepräsentiert (MINT, 2020). So besteht seit Jahren ein Interesse zu untersuchen, was die Bildungswegentscheidungen (BWE) von Schülerinnen bestimmt. Interessant ist hier die Phase des Übergangs nach dem Abitur, in der Fragen wie „Wer bin ich?“ und “Wer möchte ich in Zukunft sein?“ besonders relevant werden. Sie implizieren neben der Beschäftigung mit den eigenen Interessen eine Auseinandersetzung mit dem Stellenwert von Beruf, Beziehung und Familie für die eigene Zukunft. Es ist davon auszugehen, dass Bildungswegentscheidungen in einem komplexen Prozess zustande kommen (Holmegaard, Ulriksen, & Madsen, 2012) und mit Identitätsaushandlungen der Schülerinnen verbunden sind (Rabe & Krey, 2018), wobei sie in komplexe und wechselseitige Interaktionen mit ihrer Umwelt treten (Morf, 2014). Ziel der hier vorgestellten Studie ist es, über die Untersuchung von Identitätsaushandlungsprozessen besser zu verstehen, was die Bildungswegentscheidungen junger Frauen hinsichtlich Naturwissenschaften bestimmt.

Vor diesem Hintergrund stellen sich folgende Leitfragen:
- Wie handeln junge Frauen ihre Identität mit Blick auf Physik aus?
- Wer oder was sind relevante Bezugspunkte in ihrem Aushandlungsprozess?
- Wie verändern sich die Identitätsaushandlungen dieser Frauen über einen längeren Zeitraum?

Identität und methodologische Überlegungen

Eine scharfe Definition von Identität ist kaum möglich. In erster Annäherung verstehen wir darunter das subjektive Gefühl von Kohärenz, Stabilität und Individualität sowie die Vorstellung sich als Individuum von anderen zu unterscheiden (Lee, 2012; Morf, 2014). Gleichzeitig verstehen wir Identität nicht als dem Individuum innewohnendes Merkmal, sondern als das Resultat von kontextabhängigen Konstruktionsprozessen (Archer & DeWitt, 2015; Archer et al., 2010). So wird Identität sprachlich konstituiert und interaktiv hergestellt (Lucius-Hoene & Deppermann, 2002). Aufgrund unseres Forschungsinteresses an BWE im Kontext von Physik nehmen wir insb. die Aushandlung der Physik-Identität in den Blick. Diese verstehen wir als die Selbst- und Fremdwahrnehmung von Personen sowie deren (sprachliches) Verhalten in Bezug auf Inhalte, Themen und Aktivitäten im Kontext von Physik. Die Aushandlung von Physik-Identität und anderen Identitäten findet im Wechselspiel zwischen individuellem Handeln und sozialen Strukturen statt (Shanahan, 2009). Damit besitzt Identität immer vorläufigen Charakter und Identitätsarbeit lässt sich als lebenslange Aufgabe verstehen (Lucius-Hoene & Deppermann, 2002).

Identitätsarbeit wird u.a. in (autobiographischen) Erzählungen geleitest. Im Erzählen über sich selbst werden Gedanken, Gefühle und Erfahrungen (neu) interpretiert. Diese Interpretation wiederum ist kontextabhängig, sodass im Erzählen selbst situativ relevante Aspekte der eigenen Identität repräsentiert und hervorgebracht werden (Lucius-Hoene & Deppermann, 2002). Im Erzählen wird die Vergangenheit reflektiert und zugleich finden Vergleichsprozesse mit der eigenen Person in der Vergangenheit sowie mit anderen Personen wie z.B. eine*r

konkreten Physiker*in statt. In diesem Zusammenhang rekonstruieren wir anhand von narrativen Interviewdaten die Aushandlung der narrativen Identität von jungen (MINT-interessierten) Frauen beim Übergang nach dem Abitur.

Studiendesign und organisatorischer Rahmen

Die Studie ist an MINT-Berufsorientierungsakademien für Oberstufenschülerinnen im Rahmen des BMBF Projekts HelpING! angegliedert. Die Akademieteilnehmerinnen müssen sich aktiv für die Akademien bewerben, sodass sie im Regelfall bereits Interesse an MINT mitbringen. Die Akademien finden innerhalb von vier Jahren über jeweils eine Woche an drei Standorten (Heidelberg (2018), Halle (Saale) (2019), Pellworm (2021?)) statt, wobei die dritte Akademie pandemiebedingt um ein Jahr verschoben wurde. In einer längsschnittlichen Studie (prä, post und 2x follow-up) werden mit 4 bzw. 5 Teilnehmerinnen je Akademie narrativ angelegte Interviews mit erzählgenerierenden Impulsen geführt (vgl. Kressdorf & Rabe (2019). Die Interviews werden transkribiert und anschließend nach Lucius-Hoene & Deppermann (2002) ausgewertet, d.h. es wird versucht, die narrative Identität durch sequentielle Textinterpretation zu rekonstruieren. Im ersten Interview (vor Beginn der Akademie) werden die Probandinnen angeregt, so viel wie möglich über sich selbst und ihr Leben, über ihren bisherigen Kontakt mit Physik, ihre Vorstellung von Physik und Physiker*innen, sowie über ihre Vorstellungen ihrer eigenen Zukunft zu erzählen. Der nachfolgende exemplarische Falleinblick fokussiert auf die Daten dieses ersten Interviews und blickt kurz auf das vierte Interview ca. ein Jahr nach der Akademie.

Exemplarischer Falleinblick – Julia

Julia ist zum Zeitpunkt des 1. Interviews 18 Jahre alt, hat bereits an mehreren naturwissenschaftlichen Wettbewerben teilgenommen und kürzlich ihr Abitur abgeschlossen. Aktuell wartet sie auf den Beginn ihres FSJs in ihrem Heimatort. Im ersten Interview wirkt sie unsicher und unterbricht sich immer wieder selbst. Bei der Frage nach Besonderheiten ihrer Person erwähnt Julia ihr ausgezeichnetes Gedächtnis und ihre mathematischen Fähigkeiten:

„Also ich glaube, dass mein (.) Gedächtnis mich schon ganz gut auszeichnen könnte, weil ich mir eigentlich gefühlt alles merke. //aha// aber auch meine (.) mathematischen Fähigkeiten n bisschen. @(.)@“ [J-1, 56-59]

Julia markiert die Selbstbeschreibung ihrer Fähigkeiten als unsicher – sie verwendet bspw. Konjunktive und abschwächende Formulierungen (z.B. „n bisschen“). Möglicherweise spiegelt Julia damit soziale Erwartungen, sich als Frau nicht zu selbstbewusst zu präsentieren. Julia äußert *"@Naturwissenschaften begeistern mich halt einfach@."* [J-1, 414]. Obwohl sie Physik als zusätzliches Schulfach belegt und ihr Interesse daran als intrinsisch und hoch im Vergleich zu ihren Mitschüler*innen kennzeichnet, spricht sie erst über Physik, als sie danach gefragt wird. Ob Physik und sie zusammenpassen, beantwortet Julia zwar im Aussagegehalt positiv, aber in einem sprachlich distanzierten Modus:

„Also es gi- ich finde es könnte schon zusammenpassen, (.) es kommt dann aber glaub ich ganz darauf an was für=n Bereich der Physik. Wenn=s eher an Mathematik angelehnt ist glaub ich eher (.) mehr. //mmh// und wenn=s eher weiter weg ist dann @vielleicht eher nicht so@ @(.)@“[J-1, 189-193]

Für ihre fernere Zukunft sind Julia eine eigene Familie und sichere Strukturen, ebenso wie ein gutes Gleichgewicht zwischen Beruf und Privatleben wichtig:

„Also: es wäre schon schön wenn man (.) n Mann finden könnte also würde @(.)@ und dann ein geregelten (.) Job beziehungsweise ne geregelte Arbeitsstelle hat (.) u:nd dann gleichzeitig aber auch noch seine Hobbys ausführen kann. //mhm// Und das ist dann alles zusammenpasst."

Auffallend ist, dass Julia hier in der 3. Person antwortet, obwohl sie nach ihrer persönlichen Zukunft gefragt wird. Julia scheint stark nach stabilen Strukturen und einem Gleichgewicht zwischen Berufs- und Privatleben zu suchen. Hinsichtlich ihrer beruflichen Vorstellungen gibt Julia mehrfach an, noch nicht zu wissen, was sie später machen möchte. Forschung im Bereich von Mathematik, Chemie oder Informatik ist möglich, aber auch „irgendwas anderes" [J-1, 53]. Auch im vierten Interview scheint Julia eine Ausgewogenheit zum Privaten wichtig (hier insb. ihr Hobby Schwimmen):

„Ja, also ich würde gerne in der Zukunft (.) weiterhin natürlich Schwimmen //mhm// -n Studienplatz finden (.) beziehungsweise dann haben, der mir gefällt (.)" [J-4, 120-126]

Julia steht aktuell vor der Entscheidung zwischen zwei Studiengängen im Bereich der angewandten Mathematik. Für ihren Favoriten müsste sie wegziehen, bei dem anderen könnte sie bei ihren Eltern wohnen bleiben und ihre Hobbys weiter ausführen. Die Wahl des Studienortes bleibt für Julia ein sehr wichtiges Thema.

Erste allgemeine Erkenntnisse

Obwohl sowohl Erhebungs- als auch Auswertungsprozess noch nicht abgeschlossen sind, lassen sich bereits folgende allgemeine Erkenntnisse festhalten. Zunächst: BWE sind komplex und laufen hochgradig individuell und dabei nicht linear ab. Darüber hinaus finden sie in intensiver Auseinandersetzung mit sich selbst und mit anderen Menschen statt. Dies können sowohl vertraute Personen sein, als auch Menschen, denen sie mehr oder weniger zufällig begegnen. Überdies sind BWE eng mit Identitätsarbeit verwoben. Wie sich die jungen Frauen jetzt und in Zukunft sehen (wollen), wird bei ihren Überlegungen zur Zukunft immer individuell mitverhandelt, unabhängig davon, ob sie sich auf die Vereinbarkeit von Familie, Hobbys und Beruf beziehen oder auf den Ort ihres Studiums. Die Begründungen der individuellen Überlegungen sind über größere Zeiträume hinweg nicht immer konsistent formuliert und werden z.T. retrospektiv sogar uminterpretiert. Bereits getroffene Entscheidungen werden immer wieder neu- bzw. weiterverhandelt.

Darüber hinaus erscheinen in den Interviews spezifische Bilder von Physik und Physiker*innen. Zum Beispiel unterscheiden die jungen Frauen zwischen dem Schulfach Physik, der akademischen Disziplin Physik und den Naturphänomenen der Physik auf unterschiedliche Art und Weise. Dafür, dass die Probandinnen durchgängig ein hohes Interesse an Physik äußern und sie hinsichtlich ihrer Affinität eine tendenziell homogene Gruppe darstellen, erweisen sich ihre Vorstellungen zu Physik und zur eigenen Zukunft als sehr heterogen. Insofern erweist es sich als aufschlussreich, BWE auf der Ebene der Einzelperson zu betrachten und so individuelle (Um-)Orientierungen nachvollziehen zu können.

Literatur

Archer, L., & DeWitt, J. (2015). Science Aspirations and Gender Identity: Lessons from the ASPIRES Project. In E. K. Henriksen, J. Dillon, & J. Ryder (Eds.), *Understanding student participation and choice in science and technology education* (pp. 89–102). Dordrecht, Heidelberg, New York, London: Springer.

Archer, L., DeWitt, J., Osborne, J., Dillon, J., Willis, B., & Wong, B. (2010). "Doing" science versus "being" a scientist: Examining 10/11-year-old schoolchildren's constructions of science through the lens of identity. *Science Education*, *94*(4), 617–639. https://doi.org/10.1002/sce.20399

Holmegaard, H. T., Ulriksen, L. M., & Madsen, L. M. (2012). The Process of Choosing What to Study: A Longitudinal Study of Upper Secondary Students' Identity Work When Choosing Higher Education. *Scandinavian Journal of Educational Research*, (October 2013), 1–20. https://doi.org/10.1080/00313831.2012.696212

Kressdorf, F. M., & Rabe, T. (2019). Bildungswegentscheidungen von jungen Frauen unter Identitätsperspektive. In C. Maurer (Ed.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Kiel 2018.* (pp. 640–643). Universität Regensburg.

Lee, Y.-L. (2012). Identity-Based Research in Science Education. In B. J. Fraser, K. Tobin, & C. J. McRobbie (Eds.), *Second International Handbook of Science Education* (pp. 35–45). Springer International Handbook of Science Education. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9041-7

Lucius-Hoene, G., & Deppermann, A. (2002). *Rekonstruktion narrativer Identität*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

MINT, komm mach. (2020). MINT-Datenpool. Retrieved October 12, 2020, from https://www.komm-mach-mint.de/service/mint-datentool

Morf, C. C. (2014). *Sozialpsychologie*. https://doi.org/10.1007/978-3-642-41091-8

Rabe, T., & Krey, O. (2018). Identität als Analyseperspektive für die Physikdidaktik? In C. Maurer (Ed.), *Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht- normative und empirische Dimensionen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Regensburg 2017* (pp. 464–467). Universität Regensburg.

Shanahan, M.-C. (2009). Identity in science learning: exploring the attention given to agency and structure in studies of identity. *Studies in Science Education*, *45*(1), 43–64. https://doi.org/10.1080/03057260802681847

Felix Pawlak[1]
Katharina Groß[1]

[1]Universität zu Köln

Chemiespezifisches Classroom-Management – Einblick in den inklusiven Chemieunterricht

Theoretischer Hintergrund

Die Durchführung von Schülerexperimenten im inklusiven Chemieunterricht stellt Lehrer*innen vor vielfältige Aufgaben und Herausforderungen (Stinken-Rösner et al., 2020; UK-NRW, 2018; Menthe & Hoffmann, 2015; Reiners & Adesokan, 2017). Zum einen sind die individuellen Lern- und Entwicklungsvoraussetzungen durch die Lehrenden angemessen zu berücksichtigen und der Chemieunterricht ist entsprechend an die Vielfalt der Schüler*innen anzupassen (Abels, 2013; Filusch, 2017; Schlüter, Melle & Wember, 2016). Zum anderen sind die grundlegenden Bedingungen und Voraussetzungen für das Lernen aller Schüler*innen zu schaffen, wodurch insbesondere die Sicherheit der Schüler*innen im Chemieunterricht verstärkt in den Fokus tritt (UK-NRW, 2018; Reiners & Adesokan, 2017).
Ein Konzept, das die Gestaltung dieser Grundvoraussetzungen des Lernens zum Ziel hat, stellt das Classroom-Management dar. Das Classroom-Management intendiert ein positives Lehr- und Lernklima, indem es grundlegende inhaltlich und organisatorische Strukturen im (Chemie-)Unterricht zu etablieren versucht und entsprechende Routinen und Regeln einführt. Als Teil der Lehrerkompetenz und damit als Teil des Professionswissens von Lehrer*innen geht es beim Classroom-Management also darum, förderliche, störungs- und belastungsarme Bedingungen im Unterricht zu schaffen (u.a. Helmke, 2017; Korpershoek et al., 2016). Auch in inklusiven Settings und stark heterogenen Lerngruppen zeigt sich das Classroom-Management als vielversprechendes Konzept, um das Lernen aller Schüler*innen zu ermöglichen (Ferreira González et al., 2019; Seiz et al., 2016; Melzer et al., 2015; Lotan, 2013; Soodak & McCarthy, 2013; Claßen, 2013).
Da die angemessene Umsetzung des Classroom-Managements nicht nur auf einem allgemeinen, theoretischen Wissen von Lehrer*innen über dieses basiert, sondern in besonderem Maße auch als situatives Handlungswissen aufgefasst werden kann, erfordert es eine fachspezifische Anpassung an den jeweiligen Fachunterricht und dessen Besonderheiten. In diesem Sinne muss die Frage aufgeworfen werden, wie das Classroom-Management für das Gemeinsame Experimentieren im inklusiven Chemieunterricht gestalten werden kann.

Einordnung in das Forschungsprojekt

Im Rahmen des vorliegenden Forschungsprojekts konnten bereits chemiespezifische Classroom-Management-Strategien (CMS) identifiziert und mit Hilfe von Experteninterviews evaluiert werden. Daraufhin wurden drei CMS forschungsbasiert herausgearbeitet, die für das sichere und lernförderliche Gemeinsame Experimentieren von Bedeutung sind: *Experimentierregeln und konsequente Umsetzung* (CMS1), *Experimentierroutinen* (CMS2) sowie *Klarheit und Struktur des Experimentierens* (CMS3) (Pawlak & Groß, 2020). Die vorausgegangenen Betrachtungen und Untersuchungen des Classroom-Managements erfolgten dabei aus Sicht des Forschungs- und Theoriestandes sowie allgemein aus Sicht von Chemielehrenden und Fachseminarleiter*innen. Um einen konkreten Einblick in die tatsächliche praktische Umsetzung und damit in das spezifische Wirkungsgeflecht des

Classroom-Managements in seiner realen Anwendung zu gewinnen, werden in einem weiteren Teilschritt des Forschungsprojekts Unterrichtsbeobachtungen im inklusiven Chemieunterricht und beim Gemeinsame Experimentieren der Schüler*innen durchgeführt und analysiert. Dabei liegt das Hauptaugenmerk der Untersuchung zum einen auf dem situativen Agieren der Chemielehrenden und zum anderen auf der Wahrnehmung der CMS durch die Schüler*innen.

Methodik der Unterrichtsanalyse

Das Ziel der Untersuchung ist es, das Classroom-Management in der Praxis des inklusiven Chemieunterrichts, d.h. in seiner praktischen Umsetzung tiefergehend zu untersuchen und dadurch weitere Erkenntnisse über den lernförderlichen Einsatz der drei CMS zu gewinnen. Dabei soll zunächst untersucht werden, ob bzw. inwiefern die im Rahmen der vorherigen Teilschritte des Forschungsprojekts herausgearbeiteten CMS im inklusiven Chemieunterricht von Chemielehrenden eingesetzt bzw. angewendet werden. Dazu werden erneut diejenigen Chemielehrende in der Unterrichtspraxis begleitet, die in der explorativen Vorstudie bereits per Interview befragt wurden (Pawlak & Groß, 2020). Die im vorangegangenen Teilschritt des Forschungsprojekts herausgearbeiteten Kriterien zur Sicherheit und zur effektiven Experimentierzeit werden zudem als Qualitätsmerkmale des Gemeinsamen Experimentierens in die Analyse mit einbezogen. Darüber hinaus wird das Classroom-Management aus der Perspektive der Schüler*innen betrachtet, um Erkenntnisse darüber zu gewinnen, wie die Schüler*innen das Classroom-Management ihrer Chemielehrer*innen wahrnehmen. Daraus leiten sich folgende Untersuchungsfragen für die Unterrichtsanalyse ab:

I. Inwiefern setzen die Chemielehrer*innen die CMS für das Gemeinsame Experimentieren der Schüler*innen ein?
II. Inwiefern hängen die Sicherheit und effektive Experimentierzeit mit den CMS beim Gemeinsame Experimentieren zusammen?
III. Wie schätzen die Schüler*innen das Classroom-Management für das Gemeinsame Experimentieren ein?

Zur Untersuchung des konkreten Einsatzes des Classroom-Managements wird der inklusive experimentelle Chemieunterricht als natürliches Umfeld der Lehrer*innen und Schüler*innen teilnehmend beobachtet (vgl. Lamnek & Krell, 2016). Insgesamt wurden 47 Chemieunterrichtsstunden mit unterschiedlichen Themen, Inhalten und Experimenten an einer inklusiven Gesamtschule von einem teilnehmenden Beobachter begleitet ($N_{\text{Unterrichtsstunden}} = 47$, $N_{\text{Chemielehrer*innen}} = 4$). Die durchgeführte (Feld-)Beobachtung ist als qualitative, teilstrukturierte Beobachtung einzuordnen (vgl. Döring & Bortz, 2016). Die Datenerhebungsmethode der wissenschaftlichen Beobachtung ist durch die Selektivität und Konstruiertheit sowie durch Wahrnehmungsverzerrungen limitiert (Döring & Bortz, 2016, S. 328). Diese Limitationen werden bei der Datenauswertung angemessen beachtet. Darüber hinaus werden sie mit entsprechenden Maßnahmen der Strukturierung sowie mit Gegenmaßnahmen bezüglich möglicher Beobachtungsfehler zu minimieren versucht. Zur Strukturierung der Beobachtungsstudie wird ein dreiteiliger Beobachtungsbogen verwendet. Die Strukturierung durch einen Beobachtungsbogen fokussiert die Aspekte der CMS und deren Einsatz, sodass die Selektivität der Beobachtung gesteuert und methodisch genutzt werden kann. Das Design des Beobachtungsbogens baut sich aus drei Teilen auf: dem Beobachtungsbogen für die chronologischen Feldnotizen, einem Kriterienbogen mit Indikatoren bezüglich der CMS und dem Beobachtungsbogen zur Einschätzung der Sicherheit und der effektiven Experimentierzeit.

Bisher wurden die Perspektiven der Chemielehrenden und der Fachseminarleiter*innen untersucht. Die teilnehmende Beobachtung eröffnet nun den Blick auf die Ganzheit des Chemieunterrichtsgeschehens. Durch den Einsatz von Fragebögen soll die Perspektive der Schüler*innen auf das Classroom-Management ihrer Chemielehrer*innen miteinbezogen werden, um der dritten Untersuchungsfrage nachzugehen. In Unterrichtsstunden, in denen die Schüler*innen experimentieren, wird im Anschluss an das Experimentieren der Fragebogen eingesetzt, der sich auf die jeweils angewendeten CMS und auf die Wahrnehmung dieser durch die Schüler*innen bezieht.
Neben den Erhebungsmethoden der teilnehmenden Beobachtung und des Schüler*innen-Fragebogens wird Material aus dem Feld (u.a. das „Laborbuch" der Schüler*innen) in die Datenauswertung miteinbezogen. Das Feldmaterial soll im Sinne der Feldforschung die Flexibilität zusätzlicher Daten und Perspektiven ermöglichen und die Erkenntnisse über den lernförderlichen Einsatz der drei CMS erweitern.
Zur Beantwortung der drei Untersuchungsfragen werden die Daten durch die qualitative Inhaltsanalyse nach Mayring (2015) mit Hilfe der Software MAXQDA ausgewertet. Das Datenmaterial wird hinsichtlich der Classroom-Management-Strategien deduktiv durch einen Kodierleitfaden analysiert (inhaltliche Strukturierung).

Erste Ergebnisse
In der laufenden Datenauswertung können erste vorläufige Ergebnisse aus der teilnehmenden Beobachtung festgestellt werden:
- Die Lehrer*innen setzen die CMS in ihrem Unterricht tatsächlich ein und nutzen darüber hinaus Substrategien, wie z.B. ein *Laborbuch* mit verbindlichen Experimentierregeln, die über mehrere Schuljahre eine inhaltliche und formale Struktur für die Schüler*innen grundlegt.
- Gerade im Anfangsunterricht investieren die Lehrer*innen viel Zeit, um mit ihren inklusiven Lerngruppen Experimentierregeln und -routinen einzuüben. Dadurch können sie ein sicherheitsgerechtes Verhalten der Schüler*innen im Fachraum und beim Experimentieren gewährleisten.
- Es ist für die Schüler*innen sehr lernförderlich, wenn die Lehrkraft die drei CMS beim Gemeinsamen Experimentieren konsequent umsetzt und dabei alle Schüler*innen im Blick hat. Mit Hilfe von Hinweisen und Erinnerungen (z.B. durch nonverbale Signale, wie auf die Schutzbrille zu zeigen) wird insbesondere die Einhaltung der Sicherheitsregeln stark begünstigt.

Zur Beantwortung der ersten Forschungsfrage kann bereits festgestellt werden, dass der Einsatz von CMS variantenreicher ausfällt als dies durch die vorausgegangenen Interviews mit den Chemielehrer*innen zu erwarten war.

Ausblick
Die ersten Ergebnisse zeigen bereits die vielfältigen und individuellen Möglichkeiten der konkreten Ausgestaltung der CMS in ihrer realen Unterrichtsanwendung auf. In der weiteren Datenauswertung wird der Blick verstärkt auf die Zusammenhänge der drei CMS gerichtet, indem auch die unterschiedlichen Perspektiven (Chemielehrer*innenperspektive und Schüler*innenperspektive) mit einbezogen werden. Mit Hilfe des gesamten Forschungsprojekts sollen langfristig Aussagen darüber gemacht werden, welche CMS besonders lernförderlich für alle Schüler*innen sind und wie sich diese in der praktischen Umsetzung äußern.

Literatur

Abels, S. (2013). Differenzierung und Individualisierung – Individuelle Lernvoraussetzungen als Orientierung für die Unterrichtsplanung. *Naturwissenschaften im Unterricht - Chemie*, 24 (135), S. 31–35.

Claßen, A. (2013). *Classroom-Management im inklusiven Klassenzimmer: Verhaltensauffälligkeiten: vorbeugen und angemessen*. Verl. an der Ruhr.

Döring, N. & Bortz, J. (2016). *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften* (5. überarbeitete, aktualisierte und erweiterte Auflage). Springer.

Ferreira González, L., Hövel, D. C., Hennemann, T., & Schlüter, K. (2019). Auswirkungen des gezielten Einsatzes von Classroom-Management-Strategien im inklusiven Fachunterricht Biologie auf das Unterrichtsverhalten von Schülern unter erhöhten Risiken aus Perspektive der Lehrperson. Eine Einzelfallstudie. *Empirische Sonderpädagogik*, *11*(1), 53–70.

Filusch, M. (2017). Steinsalzreinigung - Inklusion im Experimentalunterricht. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, (162), 12–15.

Helmke, A. (2017). *Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität: Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts: Franz Emanuel Weinert gewidmet* (7. Auflage). Klett/Kallmeyer.

Korpershoek, H., Harms, T., de Boer, H., van Kuijk, M., & Doolaard, S. (2016). A Meta-Analysis of the Effects of Classroom Management Strategies and Classroom Management Programs on Students' Academic, Behavioral, Emotional, and Motivational Outcomes. *Review of Educational Research*, 86(3), 643–680.

Lamnek, S., & Krell, C. (2016). *Qualitative Sozialforschung: Mit Online-Material* (6. Auflage). Beltz Verlag.

Lotan, R. A. (2006). Managing Groupwork in Heterogeneous Classroom. In C. M. Evertson & C. S. Weinstein (Hrsg.), *Handbook of Classroom Management: Research, Practice, and Contemporary Issues*. Taylor and Francis, 525–540.

Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken* (12. Auflage). Beltz Verlag.

Melzer, C., Hillenbrand, C., Sprenger, D., & Hennemann, T. (2015). Aufgaben von Lehrkräften in inklusiven Bildungssystemen – Review internationaler Studien. *Erziehungswissenschaft*, *26*(2), 61–80.

Menthe, J. & Hoffmann, T. (2015). Inklusiver Chemieunterricht: Chance und Herausforderung. In O. Musenberg & J. Riegert (Hrsg.), *Inklusiver Fachunterricht in der Sekundarstufe*. Verlag W. Kohlhammer, 131–141.

Pawlak, F. & Groß, K. (2020). Classroom-Management für das sichere und Gemeinsame Experimentieren. In S. Habig (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung in Wien 2019. Universität Regensburg, 94–97.

Reiners, Ch. S. & Adesokan, A. (2017). Inklusion im Chemieunterricht. In *Lehrbuch. Chemie vermitteln: fachdidaktische Grundlagen und Implikationen*. Springer Spektrum, 167–177.

Seiz, J., Decristan, J., Kunter, M., & Baumert, J. (2016). Differenzielle Effekte von Klassenführung und Unterstützung fürSchülerinnen und Schüler mit Migrationshintergrund. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, *30*(4), 237–249.

Schlüter, A.-K., Melle, I. & Wember, F. B. (2016). Unterrichtsgestaltung in Klassen des Gemeinsamen Lernens. Universal Design for Learning. *Sonderpädagogische Förderung heute*, 3(61), 270–285.

Soodak, L. C., & McCarthy, M. R. (2006). Classroom Management in Inclusive Settings. In C. M. Evertson & C. S. Weinstein (Hrsg.), *Handbook of Classroom Management: Research, Practice, and Contemporary Issues.* Taylor and Francis, 461–490.

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. 3*, 30–45.

Unfallkasse NRW (UK-NRW). (2018). *Gemeinsames Lernen im Chemieunterricht der Sekundarstufe I. Unterstützungsmaterialien für den Experimentalunterricht.* Düsseldorf: Lichtenfels.

Bianca Winkler[1]
Philipp Bitzenbauer[1]
Jan-Peter Meyn[1]

[1]FAU Erlangen-Nürnberg

Quantenphysik = Quantenphysik?
Assoziationen Forschender zur Quantenphysik

Forschungsinteresse

Aufgrund der Bedeutung der Quantenphysik für die aktuelle Forschung im Allgemeinen und für das moderne Verständnis der Naturwissenschaften im Speziellen, ist die Quantenphysik international bereits fester Bestandteil der Lehrpläne (Stadermann, Berg, & Goedhart, 2019). Die Entwicklungsforschung im Bereich der Quantenphysikdidaktik ist aber von verschiedenen Schwierigkeiten geprägt, denn: „Mehr als in anderen Gebieten hat man Entscheidungen über die Schwerpunkte des Unterrichts […] zu treffen“ (Müller, 2005, S. 6).

Dass die Schwerpunkte des Quantenphysikunterrichts nach wie vor ganz unterschiedlich gelegt werden, erkennt man beim Vergleich verschiedener Unterrichtskonzepte zur Quantenphysik. Nicht zuletzt an diesen diversen inhaltlichen Kernpunkten wird offenkundig, dass in der Physikdidaktik noch immer kein abschließender Konsens über die im Schulunterricht zu vermittelnden Inhalte existiert (McKagan et al., 2010), auch wenn es mittlerweile erste Indizien für inhaltliche Key-Items gibt (Krijtenburg-Lewerissa et al., 2018; Stadermann et al., 2019) und mit den Wesenszügen (Küblbeck & Müller, 2003) wenigstens ein etablierter Rahmen vorliegt. Auf der Suche nach einem Konsens bzw. beim Versuch einer Erklärung für diese Bandbreite inhaltlicher Schwerpunkte im Quantenphysikunterricht bisher weitgehend unbeachtet geblieben, ist der Einfluss der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler selbst. In diesem Beitrag präsentieren wir daher die Ergebnisse einer ersten explorativen Studie, die nahelegen, dass die Frage danach was Quantenphysik ausmacht, schon unter Physikerinnen und Physikern keinesfalls einheitlich beantwortet wird, sondern stark von der jeweiligen Fachkultur der Forschenden abhängt. Somit sind die vielen verschiedenen inhaltlichen Schwerpunkte in Unterrichtskonzepten zur Quantenphysik kein Wunder; und im etablierten Schulthema Mechanik ist das beispielsweise auch nicht in vergleichbarem Ausmaß der Fall.

Studiendesign & Forschungsfragen

An der Studie beteiligten sich N = 29 ProfessorInnen und wissenschaftliche Mitarbeitende des Departments Physik der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg aus den Fachbereichen Astro-Astroteilchenphysik (6x), Kondensierte Materie (9x), Optik (3x) und Theoretische Physik (11x). Die Forschenden sollten je eine Mind-Map zur Mechanik (Kontrollthema) und zur Quantenphysik anfertigen, denn „Mind-Maps zeichnen ein externes Bild dessen, was in unserem Inneren vorgeht“ (Buzan & Abbott, 2017, S. 61), um die folgenden Fragen zu klären:

1. Welche Begriffe assoziieren Forschende unterschiedlicher Fachkulturen mit der Quantenphysik? Zeigt sich ein inhaltlicher Überlapp zwischen den Fachbereichen?
2. Gelingt Experten anhand der Mind-Map eines Forschenden zu Quantenphysik bzw. zu Mechanik die Zuordnung von diesen zu seinem Fachbereich?

Methodik

Die in den Mind-Maps der Probanden genannten Begriffe wurden zunächst von unabhängigen Ratern kategorisiert ($\kappa = 0.93$ für die Begriffe zur Quantenphysik und $\kappa = 0.89$ für die Begriffe zur Mechanik). Eine Häufigkeitsanalyse der Begriffe in den Kategorien zeigt

inhaltliche Schwerpunkte innerhalb der einzelnen Fachbereiche (Astro-Astroteilchenphysik, Kondensierte Materie, Optik und Theoretische Physik) auf.

Ergebnisse zu Frage 1

Die Ergebnisse der Kategorisierung und der Häufigkeitsanalyse sind in aggregierter Form in der nachstehenden Abbildung zu sehen. Als Grundlage der Auswertung sprechen wir davon, dass von den Probanden eines Fachbereichs Begriffe einer Kategorie X *häufig* genannt wurden, wenn mindestens 15% aller vom Fachbereich stammenden Begriffe in die Kategorie X gehörten. Die entsprechenden Zellen sind in den Tabellen in Abbildung 1 hervorgehoben.

Kat.	Astro	KM	Optik	T.P.	#B
M1	3.96	3.06	27.03	19.91	60
M2	45.54	48.98	27.03	51.39	215
M3	31.68	30.61	5.41	14.81	96
M4	12.87	10.20	21.62	7.87	48

Kat.	Astro	KM	Optik	T.P.	#B
Q1	10.83	3.36	25.00	26.47	94
Q2	30.00	34.45	26.79	23.11	147
Q3	5.00	5.88	-	3.78	22
Q4	20.83	9.24	19.64	8.82	68
Q5	17.50	18.49	7.14	17.23	88
Q6	9.17	17.65	1.79	10.92	59

Abb. 1: Anteil der Begriffe an der Gesamtheit aller von Probanden aus einem Fachbereich genannten Begriffe je Kategorie in Prozent für die Mechanik (links) und die Quantenphysik (rechts).

Für die Mechanik zeigt sich: Sowohl die Probanden der Astrophysik, als auch die der kondensierten Materie legten den Schwerpunkt ihrer Mind-Maps zur Mechanik vor allem auf die Kategorie *Mechanische Probleme* (M3) – über 30% der aus diesen beiden Fachbegriffen stammenden Begriffe ließen sich dieser Kategorie zuordnen. Bei der Optik (27.03%) und der theoretischen Physik (19.91%) hingegen liegt ein großer Schwerpunkt auf *mathematischen Begriffen* (M1) der Mechanik. Eine Kategorie zu denen Probanden aus allen Fachbereichen viel beitrugen, vereinigt Begriffe zum *Formalismus der Mechanik* (M2). Zur Kategorie *Anwendungen* (M4) tragen alle Fachbereiche wenige Begriffe bei, auch wenn die Optik mit 21.62% etwas hervorsticht - allerdings fällt dabei einer der nur drei Teilnehmenden aus der Optik besonders ins Gewicht.

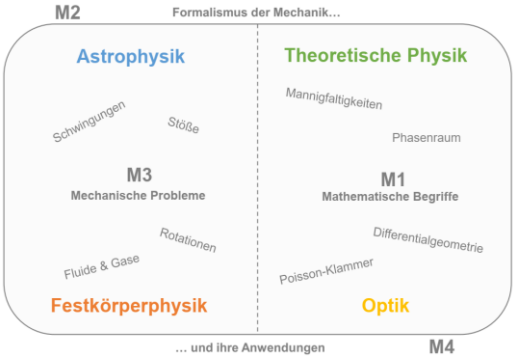


Abb. 2: Die Mind-Maps zur Mechanik haben fachbereichsübergreifend einen gemeinsamen Schwerpunkt auf Begriffen zum Formalismus der Mechanik (M2). Auch Begriffe zu Anwednungen (M4) werden von allen Fachbereichen in ähnlichem Umfang hervorgebracht. Eine Unterscheidbarkeit zwischen Fachkulturen deutet sich nur anhand der Kategorien M3 und M4 an.

Die Mind-Maps zur Quantenphysik fallen deutlich heterogener aus und es zeigen sich klarer definierte Charakteristika, die der Quantenphysik von Probanden der einzelnen Fachbereichen zugeschrieben werden (vgl. Abb. 1): So entfallen über 25% aller Begriffe der

WissenschaftlerInnen aus Theoretischer Physik und Optik auf die Kategorie *Mathematische Methoden* (Q1) und rund 20% der Begriffe aus Optik und Astrophysik auf die Kategorie *Phänomene & Experimente* (Q4). Einen inhaltlichen Überlapp zwischen Theoretischer Physik, Astrophysik und der Festkörperphysik findet man in der Kategorie Q5, in der Begriffe zur *Atomaren Theorie* zusammengefasst sind; dies ist inhaltlich genauso plausibel wie der Schwerpunkt der Festkörperphysik auf der Kategorie *Wellenfunktionen* (Q6). Die einzige Kategorie, zu der von Probanden aus allen Fachbereichen häufig Begriffe genannt wurden, ist die Kategorie Q2, in der *Prinzipien der Quantenphysik* subsummiert wurden. In der Quantenphysik zeigen sich also deutliche Unterschiede zwischen den jeweiligen Fachkulturen, anders als in der Mechanik (vgl. Abb. 2).

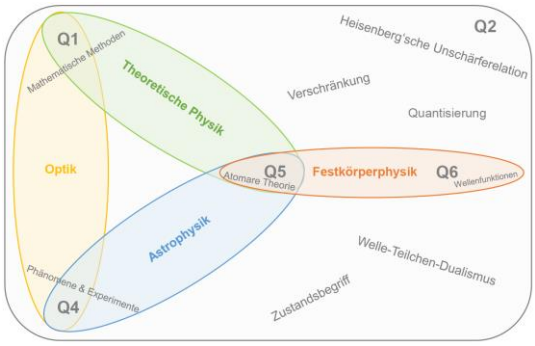


Abb. 3: Die Mind-Maps zur Quantenphysik liefern Indizien für deutlich fachbereichsgeprägte inhaltliche Schwerpunkte bei den Assoziationen, die Forschende zur Quantenphysik besitzen. Zwar zeigt sich fachbereichsübergreifend ein Schwerpunkt bei den Begriffen zu Prinzipien der Quantenphysik (Q2), allerdings besitzen die einzelnen Fachbereiche ansonsten trennbare Kernpunkte.

Ergebnisse zu Frage 2

Die qualitativen Ergebnisse zu Frage 1 legen nahe, dass Forschende tatsächlich fachbereichsspezifisch geprägte Assoziationen zur Quantenphysik besitzen. Um dies in einem ersten Schritt auch quantitativ zu prüfen, ordneten zwei unabhängige Experten (hier mit A und B bezeichnet) die einzelnen Mind-Maps ohne weitere Informationen einem der Fachbereiche zu. Weil die Probanden der Theoretischen Physik einen sehr deutlichen Schwerpunkt auf mathematische Begriffe legten und daher leicht identifiziert werden konnten, werden sie in den folgenden Darstellungen nicht berücksichtigt. Es zeigen sich dann deutliche Unterschiede zwischen Mechanik und Quantenphysik: Während die Experten die Fachbereiche der Forschenden anhand ihrer Mind-Maps zur Quantenphysik in rund 77.0% der Fälle richtig identifizierten ($\kappa_A = 0.58,\ \kappa_B = 0.61$), gelang dies anhand der Mind-Maps zur Mechanik nur in 30.8% der Fälle für Rater A ($\kappa_A = 0.04$) und 46.2% der Fälle für Rater B ($\kappa_B = 0.07$). Auch in der Übereinstimmung zwischen den Ratern schlägt sich das nieder: während diese für die Quantenphysik hoch ausfällt ($\kappa_{AB} = 0.74$), ist diese für die Mechanik niedrig ($\kappa_{AB} = 0.35$).

Schlussfolgerung

Die Ergebnisse dieser Untersuchung legen nahe, dass von der Quantenphysik nicht ein einheitliches Bild unter PhysikerInnen existiert, sondern dass dieses stattdessen abhängig ist vom jeweiligen Fachbereich. Es ist also alleine aus dieser Sicht kein Wunder, dass die Key-Items zum Quantenphysikunterricht je nach Blickwinkel der Forschenden auch in der fachdidaktischen Entwicklungsforschung unterschiedlich festgelegt werden.

Literatur

Buzan, T. &Abbott, S. (2017). Das Mind-Map Buch. München: Mvgverlag

Krijtenburg-Lewerissa, K., Pol, H. J., Brinkman, A., & van Joolingen, W. R. (2018). Key topics for quantum mechanics at secondary schools: a Delphi study into expert opinions,. International Journal of Science Education

Küblbeck, J. & Müller, R. (2003). Die Wesenszüge der Quantenphysik . Aulis Verlag.

McKagan, S. B., Perkins, K. K., & Wieman, C. E. (2010). Design and validation of the Quantum Mechanics Conceptual Survey. Physical Review special topics – physics education research 6

Müller, R. (2005). Qualitative Quantenphysik. Eine Handreichung für die Sekundarstufe I. Kiel: IPN Kiel

Seiter, M., Krabbe, H. & Wilhelm, T. (2020). Vergleich von Zugängen zur Mechanik in der Sekundarstufe I. In S. Habig, Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen. Jahrestagung in Wien 2019 (S. 1051). Universität Duisburg-Essen: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik

Stadermann, K., Berg, E. & Goedhart, M. (2019). Analysis of secondary school quantum physics curricula of 15 different countries: Different perspectives on a challenging topic. Physical Review Physics Education Research 15, doi: 10.1103/PhysRevPhysEducRes.15.010130

Waltner, C., Tobias, V., Hopf, M., Wilhelm, T., & Wiesner, H. (2008). Einführung in die Mechanik. Universität Würzburg, Universität Wien, Ludwig-Maximilians-Universität München

Stefan Sommer[1]
Florian Wessel[1]
Jan Winkelmann[1]

[1]Goethe-Universität Frankfurt

Neuartige Auseinandersetzung mit Mondphasen im Physikunterricht durch GeoGebra

Die Auseinandersetzung mit den Mondphasen im Physikunterricht erfolgt klassischerweise durch das Arbeiten mit Abbildungen, Modellen oder Zeichnungen, also meist durch analoge und statische Darstellungen. Mithilfe der dynamischen Geometriesoftware GeoGebra entwickelte unsere Arbeitsgruppe im Rahmen des Förderprojekts „Digital gestütztes Lehren und Lernen in Hessen“ (DigLL) verschiedene digitale Modelle zur unterrichtlichen Beschäftigung mit den Mondphasen.
Die entwickelten GeoGebra Dateien bieten die Möglichkeit, dynamische Darstellungen zu verwenden und somit für die Schüler*innen neuartige Aufgaben und Auseinandersetzungen mit den Mondphasen zu ermöglichen. Nach dem SAMR-Modell zur Integration von digitalen Lerntechnologien in den Unterricht findet somit eine Umgestaltung in Form der Neubelegung statt (Puentedura, 2006). Das bedeutet, dass die Behandlung der Mondphasen im Physikunterricht durch die Nutzung digitaler Medien um neuartige Aufgaben ergänzt wird, die zuvor (analog) so nicht möglich waren.

Theoretischer Hintergrund

Digitale Medien
Digitale Medien können in Lehr- und Lernprozesse als Instrument eingebunden werden oder selbst den Lerngegenstand darstellen. Aus didaktischer Sicht stellen sie Lernwerkzeuge dar, die didaktisch überlegt eingesetzt werden müssen. Bezüglich der Vorteile digitaler Medien gibt es vielfältige Überlegungen und Erkenntnisse.
Die meisten Schüler*innen sind mit dem Gebrauch von PCs, Smartphones und Tablets vertraut. Der Einsatz dieser digitalen Endgeräte im Unterricht sorgt bei den Lernenden für einen Alltags- und Lebensweltbezug, der sich positiv auf die Motivation und weitere lernpsychologisch relevante Aspekte auswirkt (Kuhn et al., 2015). Dies resultiert daraus, dass nicht nur die Authentizität des behandelten Themas eine Rolle in der Annahme des Lernprozesses spielt, sondern auch die Authentizität des genutzten Mediums (Kuhn et al., 2015). Zum anderen steigt durch die selbständige Nutzung der digitalen Endgeräte das Autonomieerleben der Schüler*innen. Des Weiteren bieten digitale Medien die Möglichkeit, statt analoger und statischer Momentaufnahmen bestimmter Phänomene, dynamische Darstellungen und Animationen zu verwenden. Diese können besonders bei Prozessen mit einer klaren zeitlichen Sequenzierung und bei dynamisch veränderlichen physikalischen Prozessen unterstützend zum Einsatz kommen (Richtberg & Girwidz, 2013). Phänomene können dabei als Ganzes beobachtet und Vorgänge sowie Veränderungen im Vergleich zu statischen Bildern besonders gut aufgezeigt werden (Girwidz, 2013).
Zur Untersuchung der vielversprechenden Effekte führten Hillmayr et al. (2017) eine Metaanalyse von 80 Primärstudien aus den Jahren von 2000 bis 2016 durch und konnten zeigen, dass der Einsatz digitaler Medien im Mathematik- und Naturwissenschaftsunterricht einen positiven Effekt auf die Lernleistung der Schüler*innen hat. Außerdem steigt dieser Effekt, wenn

die digitalen Medien ergänzend zu traditionellen Unterrichtsmethoden verwendet werden und die Lernenden in Paaren arbeiten. Auch Höffler (2007) berichtet beim Einsatz dynamischer Visualisierungen im naturwissenschaftlichen Unterricht von positiven Effekten auf den Lernprozess. Es zeigte sich unter anderem, dass die Schüler*innen bessere Lernergebnisse erzielten, wenn sie in Lernumgebungen mit dynamischen Animationen arbeiteten, anstatt mit statischen Bildern.
Die Studienergebnisse legen nahe, dass nicht der Einsatz digitaler Medien allgemein, sondern der didaktisch geplante Einsatz zu besseren Lernergebnissen führt. Somit ist besonders der Werkzeugcharakter zu betonen (Girwidz, 2013). Der pädagogische Wert von digitalen Lernobjekten bildet sich erst durch ihre fachdidaktische Einbettung in die Lernumgebung aus (Urban-Woldron, 2013).

SAMR-Modell
Das von Puentedura (2006) entwickelte SAMR-Modell soll Lehrkräfte dabei unterstützen Aufgaben durch den Einsatz digitaler Medien zu bearbeiten und zu gestalten. Mithilfe der vier Stufen **S**ubstitution (Ersetzung), **A**ugmentation (Erweiterung), **M**odification (Änderung) und **R**edefinition (Neubelegung) wird der erwartete Grad der Verbesserung durch den Technologieeinsatz beschrieben. Nach dem SAMR-Modell können digitale Medien die bisher genutzten, analogen Arbeitsmittel

- direkt *ersetzen* (substitution), wobei somit keine funktionale Verbesserung entsteht,
- *erweitern* (augmentation) und somit zu einer ersten funktionalen Verbesserung führen,
- *umgestalten* (modification), indem durch die Aufgabenstellung selbst der Einsatz digitaler Medien gefordert und deren Vorteile explizit genutzt werden und
- *neubelegen* (redefinition), um neuartige Auseinandersetzungen wie beispielsweise die Darstellung dynamischer Modelle zu ermöglichen.

Die Mondphasen im Physikunterricht
Die Vermittlung der Mondphasen im Physikunterricht erfolgt meist durch die Nutzung analoger und statischer Darstellungen. Teilweise werden dynamische Modelle des Sonne-Mond-Erde Systems oder Modellexperimente genutzt, z.B. eine Lichtquelle als Sonne, der beobachtende Mensch als Erde und ein umkreisender Ball als Mond. Mithilfe der Modellbildungssoftware GeoGebra wurden auf Grundlage der Literatur und Studien zum Nutzen digitaler dynamischer Modelle zwei digitale Modelle entwickelt. Es folgt eine Darstellung der Modelle.

a) Modell zur Mondumlaufbahn
Dieses Modell widmet sich der maßstabsgetreuen Mondumlaufbahn, um eine Vorstellung für astronomische Größenordnungen zu erhalten. Durch den dynamischen und interaktiven Charakter der Darstellung erhalten die Schüler*innen viele Möglichkeiten der Auseinandersetzung mit dem Modell, die durch analoge und statische Darstellungen nicht realisierbar wären. So ist es den Schüler*innen durch das dynamische Modell möglich, die Entfernungen maßstabsgetreu zu analysieren und die Beziehung zwischen Mond, Erde und Sonne zu beobachten. Die Zoomfunktion ermöglicht eine detaillierte Betrachtung einzelner Elemente und kann eingesetzt werden, um einen genaueren Überblick über die Beziehung der drei Himmelkörper zu geben. Durch die Animationsfunktion des Modells ist es den Schüler*innen möglich die Entfernungen und Umlaufbahnen von Erde und Mond maßstabsgetreu und in bewegter Form zu beobachten. Hierbei haben die Lernenden außerdem die Möglichkeit, die Bewegung in zwei verschiedenen Geschwindigkeitsstufen zu analysieren.

b) Modell zu den Mondphasen
Ein weiteres Modell beschäftigt sich mit den Mondphasen und deren Entstehung. Hierbei ist eine gleichzeitige Untersuchung der Mondumlaufbahn und der zugehörigen Mondphase möglich. Dieses Modell wird den Lernenden von der Lehrkraft mit passenden Beobachtungs- und Arbeitsaufträgen zur Verfügung gestellt.
Durch die Zeitlupenfunktion kann die Bewegung des Mondes auf seiner Umlaufbahn verlangsamt werden. Dies ermöglicht eine detaillierte Betrachtung der einzelnen Mondphasen. Die Lernenden können die Animation durch die integrierte „Stopp"-Taste zu jedem Zeitpunkt anhalten um die Konstellation von Mond, Erde und Sonne mit der dazugehörigen Mondphase zu vergleichen. Somit ist es den Schüler*innen möglich, nach individuellem Interesse und Wissenstand interaktiv in die Datei einzugreifen, zu beobachten und zu analysieren.

In den Modellen werden didaktische Rekonstruktionen vorgenommen. Zum einen sind die Umlaufbahnen von Erde und Mond als Kreisbahnen dargestellt. Zum anderen sind die Modelle zweidimensional. In Modell b) wird zusätzlich durch die nicht maßstabsgetreuen Entfernungen elementarisiert, da hierbei der didaktische Schwerpunkt auf dem Erlernen der Mondbewegung und der dazugehörigen Mondphase liegt.
Diese Elementarisierungen dienen der Vorbeugung kognitiver Überlastung und der didaktischen Lenkung des Fokus der Schüler*innen auf die maßstabsgetreuen Entfernungen und die Entstehung der Mondphasen.

Mögliche neuartige Aufgabenstellungen
Dem SAMR-Modell zur Integration digitaler Medien in den Fachunterricht folgend, besteht der Anspruch, neuartige Aufgabenstellungen zu ermöglichen. Zum Beispiel:
„Untersucht (mithilfe der Zoom-Funktion) die Entfernungen von Mond, Erde und Sonne zueinander. Vergleicht hierbei die jeweiligen Umlaufbahnen hinsichtlich ihrer Größe und Dauer." Oder „Beobachtet den Mondumlauf um die Erde und beschreibt die Mondphase, wie sie von der Erde aus gesehen wird. Tipp: Rechts oben verändert sich die Mondphase gleichzeitig zur Umlaufbahn des Mondes."

Fazit und Ausblick
Die Modelle sind vielseitig einsetzbar. Die Schüler*innen können dazu angeregt werden, die beschriebenen Dateien selbständig in GeoGebra zu erstellen. Die Lehrkraft dient hier als Lernbegleiter und gibt Hilfestellungen. Des Weiteren kann die Datei den Lernenden zur Verfügung gestellt werden, um ihnen passende Beobachtungs- und Analyseaufträge zu geben oder sie mit dem Modell selbst explorieren zu lassen.
Im weiteren Verlauf des DigLL-Projekts wird zum einen empirisch untersucht, welche Auswirkungen die Nutzung der dynamischen Modelle im Unterricht auf das Autonomieerleben der Lernenden hat und welche Möglichkeiten der Binnendifferenzierung sich bieten.
Zum anderen soll eine detaillierte Aufarbeitung des aktuellen Forschungsstandes zum Einsatz digitaler Medien und digitaler dynamischer Modelle im Astronomieunterricht weitere Grundlagen zur Modellentwicklung liefern.

Die beiden Modelle können bei den Autoren gerne angefragt werden.

Literatur

Girwidz, R. (2013). Lernen mit bewegten Bildern. Naturwissenschaften im Unterricht Physik, 137, 4-9.

Hillmayr, D., Reinhold, F., Ziernwald, L. & Reiss, K. (2017). Digitale Medien im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht der Sekundarstufe. Einsatzmöglichkeiten, Umsetzung und Wirksamkeit. Münster: Waxmann.

Höffler, T. (2007). Lernen mit dynamischen Visualisierungen: Metaanalyse und experimentelle Untersuchungen zu einem naturwissenschaftlichen Lerninhalt. (Dissertation, Bildungswissenschaften)

Kuhn, J., Müller, A., Hirth, M., Hochberg, K., Klein, P. & Molz, A. (2015). Experimentieren mit Smartphone und Tablet-PC. Naturwissenschaften im Unterricht Physik, 145, 4-9.

Puentedura, R. (2006). Transformation, Technology, and Education. Abgerufen am 20.10.2020, von http://www.hippasus.com/resources/tte/

Richtberg, S. & Girwidz, R. (2013). Entdeckendes Lernen mit dem Computer. Naturwissenschaften im Unterricht Physik, 137, 14-17.

Urban-Woldron, H. (2013). Computersimulationen zum Auftrieb. Naturwissenschaften im Unterricht Physik, 137, 10-12.

Pauline Böttcher-Graf[1] [1]Technische Universität München
Jenna Koenen[1]

Anregung kognitiver Prozesse im Naturwissenschaftlichen Unterricht

Ausgangslage und theoretischer Hintergrund

Ein zentrales Anliegen der Lehrkraft im Unterricht ist der angemessene Umgang mit Aufgaben, die im Folgenden prinzipiell als Instruktionen bezeichnet werden, da sie stets eine Aufforderung zum Denken und Handeln darstellen. Instruktionen im Unterricht bieten Gelegenheiten, Lernprozesse der Schülerinnen und Schüler anzuregen. Sie sollen im Unterricht u.a. dazu dienen, Kompetenzen im jeweiligen Bereich zu fördern.

Bei der Betrachtung einzelner Merkmale von Instruktionen wird jedoch deutlich, dass die im Unterricht eingesetzten Instruktionen jedoch meist einen geringen kognitiven Anspruch besitzen (vgl. Jatzwauk, Rumann & Sandmann, 2008). Zahlreiche Videostudien kommen zu dem einheitlichen Ergebnis, dass im naturwissenschaftlichen Unterricht Instruktionen zu stark auf Rezeption und Reproduktion ausgerichtet sind, und zudem in einem zu geringen Maße die Anwendung von Lernstoff fordern (vgl. Baumert et al., 1997; Blume & Rademann, 2000; Seidel, Prenzel, Rimmele, Dalehefte, Herweg, Kobarg & Schwindt, 2006). Germ & Harms (2009) beschreiben, dass der größte Anteil der von den Lehrkräften eingesetzten Instruktionen auf die bloße Auseinandersetzung mit Wissen beschränkt bleibt, und dabei die Evaluation höherer Kognitionen vernachlässigt wird. Dabei sollten die angestrebten Kompetenzniveaus über die Elementarstufen des reproduktiven Wissens und des rezepthaften Könnens hinausgehen (vgl. Reusser, 2014).

Instruktionen können als zentrales Gestaltungsmerkmal von Unterricht angesehen werden. Ein weiteres zentrales Merkmal naturwissenschaftlichen Unterrichts ist die Förderung naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung. Nehring, Stiller, Nowak, Upmeier zu Belzen & Tiemann (2016) unterscheiden die Erkenntnisgewinnung in a.) naturwissenschaftliche Arbeitsweisen wie Beobachten, Vergleichen, Ordnen, Experimentieren und Modelle nutzen, und in b.) wissenschaftliches Denken, wozu die Elemente Fragestellung und Hypothesen, Planung und Durchführung, Auswertung und Reflexion einzuordnen sind. Mayer (2007) sieht den naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnungsprozess „[...] als relativ komplexer, kognitiver, wissensbasierter Problemlöseprozess […], der durch spezifische Prozeduren charakterisiert ist“ (vgl. Mayer, 2007, S. 181). Weitestgehend ungeklärt ist jedoch die Implementierung der Förderung naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung in den Regelunterricht. Durch entsprechende Instruktionen könnte der Prozesscharakter naturwissenschaftlichen Handels unterstützt und die kognitive Aktivierung durch eigenständiges Experimentieren gefördert werden (vgl. Leisen, 2006). Zunächst ist aber zu klären in welcher Art und Weise Instruktionen derzeit im naturwissenschaftlichen Unterricht eingesetzt werden, um Prozesse naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung anzuregen.

Zielsetzung

Ziel des Projektes ist es, mit Hilfe einer Analyse von Unterrichtsvideos zu untersuchen, wie Instruktionen in den verschiedenen Phasen des Erkenntnisgewinnungsprozesses im naturwissenschaftlichen Unterricht gestaltet sind. Dazu sollen die folgenden Forschungsfragen bearbeitet werden:

a) Inwiefern werden verschiedene kognitive Prozesse im naturwissenschaftlichen Unterricht durch Instruktionen der Lehrkraft aktiviert und in welcher Häufigkeit sind diese zu registrieren?
b) Welche Instruktionen werden in welcher der verschiedenen Phasen des Erkenntnisgewinnungsprozesses im Unterricht verwendet und in welcher Häufigkeit treten diese auf?

Methodisches Vorgehen
Videoanalysen bieten einen wichtigen Zugang zum Studium des Unterrichtsgeschehens (Seidel et al., 2006), da sie eine Analyse von Lerngelegenheiten ermöglichen. Die Bearbeitung der Forschungsfragen erfolgt in einem schrittweisen Design mithilfe der Analyse von Videomaterial aus dem naturwissenschaftlichen Unterricht (N = 16 Unterrichtsvideos). Diese Videos wurden so gewählt, dass sie Phasen der Erkenntnis-gewinnung enthalten.

1) Die Voraussetzung für das Bearbeiten der Thematik ist zunächst die Erarbeitung einer Definition für Instruktionen im Unterricht, um diese eindeutig zu identifizieren zu können. Die Validität der entwickelten Definition wurde mithilfe einer Expertenbefragung gewährleistet. Im Rahmen der Expertenbefragung sollte anhand vorgegebener Aussagen von Lehrkräften überprüft werden, inwiefern die entwickelte Definition aus Sicht der Expert(inn)en der Problemstellung gerecht wird. Als Fazit der Befragung kristallisierte sich heraus, dass sich die erarbeitete Definition zur Identifizierung von Instruktionen im naturwissenschaftlichen Unterricht eignet.

2) In einem weiteren Schritt werden die identifizierten Instruktionen in Bezug auf die kognitiven Prozesse, die diese bei den Schülerinnen und Schülern anregen können genauer untersucht. Dazu wurde zunächst ein Kodiermanual entwickelt, welches die kognitiven Prozesse (vgl. Maier, Kleinknecht, Metz & Bohl, 2010), die durch die Instruktionen angeregt werden, abbildet. Die Struktur des Manuals ist in Abbildung 1 dargestellt. Die Reliabilität und die Validität des Manuals werden im Anschluss durch eine Expertenbefragung und eine Doppelkodierung verifiziert.

3) In einem weiteren Schritt werden die in den Unterrichtsstunden enthaltenen Phasen der Erkenntnisgewinnung identifiziert. Dies erfolgt in Anlehnung an entsprechende Kodierungen von Nehring, Stiller, Nowak, Upmeier zu Belzen und Tiemann (2016).

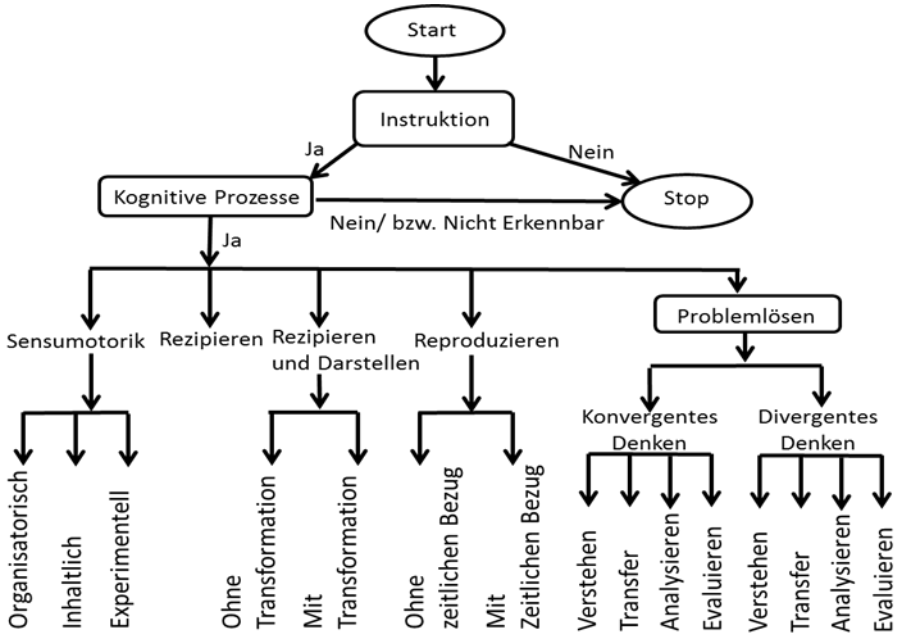


Abbildung 1: Ablaufplan zu Identifizierung kognitiver Prozesse (in Anlehnung an: Anderson et al., 2001; Jatzwauk, Rumann, Sandmann, 2008).

4) Abschließend werden die kognitiven Prozesse, die durch die Instruktionen anreget werden sollen, in Zusammenhang zu den Phasen der Erkenntnisgewinnung im Unterricht gebracht. Auf diese Art und Weise gelinkt es ein Stundenprofil zu erhalten und zu beschreiben, dass die Lerngelegenheiten der Schülerinnen und Schüler in den verschiedenen Phasen der Erkenntnisgewinnung detailliert darstellt.

Zusammenfassung und Ausblick

Das beschriebene Vorgehen bei der Analyse der Unterrichtsvideos und die auf dieser Basis erhaltenen Daten ermöglichen schließlich Aussagen über die durch Instruktionen angeregten kognitiven Prozesse im naturwissenschaftlichen Unterricht in den unterschiedlichen Phasen der Erkenntnisgewinnung. Die Art der kognitiven Prozesse die im Unterricht angeregt werden kann als ein Qualitätsmerkmal von Unterricht angesehen werden. Für den naturwissenschaftlichen Unterricht insbesondere für verschiedene Phasen der Erkenntnisgewinnung ist jedoch noch weitestgehend ungeklärt in welcher Art und Weise diese im Regelunterricht angeregt bzw. welche Art von Instruktionen verwendet werden. Die Ergebnisse dieser Studie stellen somit Impulse für eine Diskussion um die zukünftige Gestaltung von Lerngelegenheiten im naturwissenschaftlichen Unterricht dar. Sie tragen außerdem der Forderung nach zukünftiger Forschung mit einer stärkeren Fokussierung auf die präzisere Erfassung von Lerngelegenheiten, deren individuelle Nutzung der Quantität bzw. Qualität, sowie deren Gestaltung im Unterricht Rechnung (Kunina-Habenicht, Schulze-Stocker, Kunter, Baumert, Leutner, Förster, Lohse-Bossenz & Terhart, 2013).

Literatur

Anderson, L. W., Krathwohl, D. R., Airasian, P. W., Cruikshank, K. A., Mayer, R. E., Pintrich, P. R., ... & Wittrock, M. C. (2001). A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives, abridged edition. White Plains, NY: Longman

Baumert, J. et al. (1997). TIMSS – Mathematisch-naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich. Deskriptive Befunde. Opladen: Leske und Budrich

Blume, B. & Rademann, E. (2000). Ergebnisse einer Mängelanalyse der SINUS-Arbeitsgruppen des Sets 2 in Schleswig-Holstein

Germ, M., & Harms, U. (2010). Aufgabentypen und Anforderungsbereiche in Tests zur schriftlichen Leistungsmessung im Biologieunterricht. Zeitschrift für Didaktik der Biologie (ZDB)-Biologie Lehren und Lernen, 17 (1), 1-17

Jatzwauk, P., Rumann, S., & Sandmann, A. (2008). Der Einfluss des Aufgabeneinsatzes im Biologieunterricht auf die Lernleistungen der Schüler: Ergebnisse einer Videostudie. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 14, 263-283

Kunina-Habenicht, O., Schulze-Stocker, F., Kunter, M., Baumert, J., Leutner, D., Förster, D., ... & Terhart, E. (2013). Die Bedeutung der Lerngelegenheiten im Lehramtsstudium und deren individuelle Nutzung für den Aufbau des bildungswissenschaftlichen Wissens. Zeitschrift für Pädagogik, 59 (1), 1-23

Leisen, J. (2006). Aufgabenkultur im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht. Mathematische und Naturwissenschaftliche Unterricht, 59 (5), 260

Maier, U., Kleinknecht, M., Metz, K., & Bohl, T. (2010). Ein allgemeindidaktisches Kategoriensystem zur Analyse des kognitiven Potenzials von Aufgaben. Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung, 28 (1), 84-96

Mayer, J. (2007). Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In Theorien in der biologiedidaktischen Forschung (pp. 177-186). Berlin, Heidelberg: Springer

Nehring, A., Stiller, J., Nowak, K. H., Upmeier zu Belzen, A., & Tiemann, R. (2016). Naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen im Chemieunterricht – eine modellbasierte Videostudie zu Lerngelegenheiten für den Kompetenzbereich der Erkenntnisgewinnung, Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 22, 77-96

Reusser, K. (2014). Aufgaben – Träger von Lerngelegenheiten und Lernprozessen im kompetenzorientierten Unterricht. Seminar, 4, 77-101

Seidel, T., Prenzel, M., Rimmele, R., Dalehefte, I. M., Herweg, C., Kobarg, M., & Schwindt, K. (2006). Blicke auf den Physikunterricht. Ergebnisse der IPN Videostudie. Zeitschrift für Pädagogik, 52 (6), 799-821

Gregor Benz[1]
Tobias Ludwig[1]

[1]Pädagogische Hochschule Karlsruhe

Förderung der TPCK-Kompetenzen von zukünftigen Physiklehrkräften im Bereich digitaler Messwerterfassungssysteme

Hintergrund und Ziel des Projekts

Der naturwissenschaftliche Unterricht kann durch den Einsatz von hochspezifischen digitalen Medien, wie z.B. der Videoanalyse oder durch digitale Messwerterfassungssysteme so modifiziert werden, dass ein echter Mehrwert entsteht (Puentedura, 2010). Dafür müssen angehende Lehrkräfte in den Naturwissenschaften jedoch entsprechende TPCK-Kompetenzen erwerben (Koehler et al., 2014) und entsprechende Beliefs zum Einsatz digitaler Medien aufweisen (Petko, 2012). Jüngere Forschungsarbeiten zu den naturwissenschaftsspezifischen digitalen Kompetenzen deuten jedoch darauf hin, dass bei angehenden Lehrkräften kaum Vorerfahrungen zu naturwissenschaftsspezifischen Einsatzformen digitaler Medien vorliegen und die eigene Selbstwirksamkeit zum Einsatz digitaler Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht eher gering eingeschätzt wird (Vogelsang, Laumann, Tyssen, & Finger, 2017; Bos et al., 2018). Darüber hinaus empfinden sich Lehrkräfte im Hinblick auf den Einsatz digitaler Medien häufig als unzureichend vorbereitet (Chai, Koh, & Tsai, 2013). Es ist anzunehmen, dass dieser Effekt daher rührt, dass TPCK-Kompetenzen in den Lehramtsstudiengängen bisher wenig curricular verankert sind. Mayer und Girwidz (2019) berichten, dass durch ausgeprägte TPCK-Kompetenz der Lehrenden eine Verwendung von digitalen Medien im Unterricht wahrscheinlicher wird, da sie deren Verwendung als relevanter einschätzen. Zudem deuten erste Ergebnisse darauf hin, dass es sehr wohl möglich ist, mit hochspezifischen Lehrveranstaltungen zu digitalen Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht entsprechende Beliefs und motivationale Komponenten positiv zu verändern (u.a. Vogelsang et al., 2017).

Zentrale physikspezifische TPCK-Kompetenzen zukünftiger Physiklehrkräfte sind insbesondere mit dem Einsatz von digitalen Systemen zur Erfassung von Messwerten aus physikalischen Schulexperimenten verknüpft. Darunter verstehen wir den Aufbau der Messwerterfassungssysteme, das (ggf. automatisierte) Aufzeichnen von Messdaten mittels der digitalen Erfassungssysteme und die softwarebasierte Auswertung der digitalisierten Messdaten. Entsprechende Systeme wie z.B. Leybold Cassy, Phywe Cobra, Vernier, Arduino oder digitale Oszilloskope existieren bereits seit mehreren Jahrzehnten, dennoch werden digitale Messwerterfassungs- (dMWE) Systeme im Physikunterricht noch immer vergleichsweise selten eingesetzt (Wilhelm & Trefzger, 2010; Wenzel & Wilhelm, 2015). Vor diesem Hintergrund, sollen im Rahmen des hochschulweiten Forschungsprojekts „Nachhaltige Integration von fachdidaktischen digitalen Lehr-Lern-Konzepten an der Pädagogischen Hochschule Karlsruhe“ (InDiKo, Qualitätsoffensive Lehrerbildung) im Teilprojekt Physik physikspezifische Digitalkompetenzen zum Umgang mit dMWE-Systemen gefördert werden.

Methode

Zur Umsetzung der geplanten Zielsetzung sind die drei Phasen (a) Bestimmung und Beschreibung physikspezifischer digitaler Technologiekompetenzen, (b) Förderung physikspezifischer digitaler Technologiekompetenzen mittels Experimentieren unter Verwendung von dMWE-Systemen und (c) Evaluierung der geförderten physikspezifischen digitalen Technologiekompetenzen und Transfer vorgesehen.

Fokus der Phase (a) liegt auf der Identifikation der physikspezifischen TPCK-Kompetenzen beim Experimentieren mit dMWE-Systemen. Hierbei sollen exemplarisch durchgeführte Experimente mit dMWE-Systemen mithilfe der Methode Lautes Denken aufgezeichnet werden, um die Handlungen der Testpersonen nachvollziehen zu können. Anschließend soll in einem induktiven Auswerteverfahren eine Kategorisierung vorgenommen werden, um hieraus die physikspezifischen digitalen Technologiekompetenzen beim Experimentieren mit dMWE-Systemen bestimmen zu können. In einem weiteren Schritt sollen die erhaltenen Kompetenzen durch Experteninterviews evaluiert werden. Abbildung 1 zeigt antizipierte Ergebnisse der Kategorisierung.

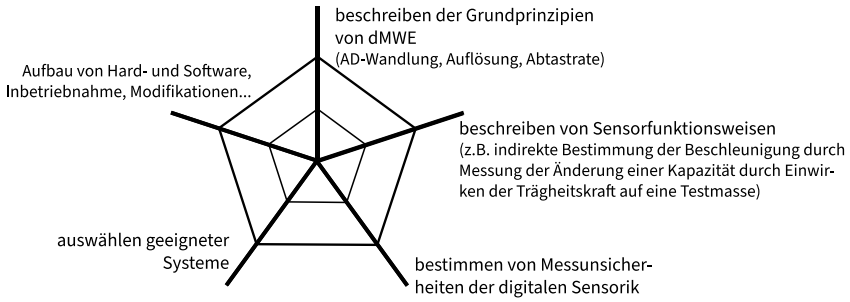


Abb. 1: Mögliche antizipierte Ergebnisse der Identifikation von physikspezifischer digitaler Technologiekometenz zum Experimentieren mit dMWE-Systemen (Barzel &Heckmann, 2018; Finger et al., 2020); Grafik in Anlehnung an Maiseyenka et al. (2013).

Ziel der Phase (b) ist die Umstrukturierung der physikalischen Praktika an der Pädagogischen Hochschule Karlsruhe, von der Verwendung analoger Messtechnik (z.B. Laborbuch, …) hin zu dMWE-Systemen (z.B. Cassy, Phywe, Arduino, …) zur Messdatenerhebung beim Experimentieren.
Die konzipierten Experimente sollen anschließend in der letzten Projektphase (c) in den Grundlagenpraktika erprobt werden. Hierbei soll geprüft werden, wie stark die Selbstwirksamkeit der Studierenden im Bereich der identifizierten physikspezifischen digitalen Technologiekompetenzen beim Experimentieren mit dMWE-Systemen (siehe Abb. 1), im Vergleich zum Zeitpunkt vor Beginn des Experimentierens, gestiegen ist. Weiter ist es geplant, die digitalen Lernumgebungen in Form von digitalen Lernumgebungen (sog. Pattern-Ansatz nach Thompson, 2013) an die anderen Teilprojekte von InDiKo zu disseminieren.

Fachdidaktische Begleitforschung
Ein positiver Nebeneffekt der Verwendung von dMWE-Systemen ist, dass sie das Potential bieten, ohne Mehraufwand große Mengen an Messdaten zu sammeln. Hierbei können die großen Datenmengen über einen sehr langen Zeitraum (u.a. interessant im Bereich der Umwelt- und Astrophysik) oder mit einer sehr schnellen Sampling-Rate (u.a. interessant im Bereich der Akustik) automatisiert aufgezeichnet werden. Bisherige Forschungsarbeiten konnten zeigen, dass durch die Variation der Datenmenge (hier: bis zu 30 Datenpunkte) der Prozess des naturwissenschaftlichen Argumentierens beeinflusst wird (Masnick & Morris, 2002; 2008). Es ist zu erwarten, dass bei viel größeren Datenmengen, wie sie mittels dMWE-Systeme erzeugt werden können, die beschriebenen Effekte einerseits noch größer werden und andererseits, dass weitere Effekte wie z.B. der Grad der Überzeugung in Bezug auf die Richtigkeit einer Hypothese oder der Cognitive Load (Osborne et al., 2016) Einfluss auf das Argumentieren nehmen. Hofer und Pintrich (2007) schlagen ein Modell der

erkenntnistheoretischen Überzeugungen vor, welches die Evaluation von Evidenzen als Aspekt der Rechtfertigung von Wissen („justification of knowledge“) zuordnet, welches wiederum ein Teilaspekt der „nature of knowing“ ist und somit mit den epistemologischen Überzeugungen zusammenhängt. Dies ist insofern von Bedeutung, als dass mit zunehmender Datenmenge eine Zunahme der wahrgenommenen Evidenz vermutet wird und somit der Prozess des Bildens von Argumenten beeinflusst wird (Toulmin, 1958; Gott & Duggan, 1995; Masnick, Klahr, & Knowles, 2017; Buffler, Lubben, & Ibrahim, 2009; Etkina et al., 2010). Es ist zudem davon auszugehen, dass die Auswertung von großen Datenmengen bei Lernenden zu einem höheren intrinsischen Cognitive Load führt und ebenfalls die Argumentation beeinflusst (Arnold, 2015; Kirschner, Sweller, & Clark, 2006; Chandler & Sweller, 1991). Ebenfalls kann die Art der Datenauswertung die kognitive Belastung variieren (Etkina et al., 2010). Beispielsweise kann hier eine Unterscheidung zwischen analytischen und grafischen Auswertungsverfahren genannt werden, die beide als kognitive Prozesse zu verstehen sind.
Es ist bisher ungeklärt wie große Datenmengen im Physikunterricht fachdidaktisch sinnvoll eingesetzt werden können. Aus diesem Aspekt heraus soll im Rahmen eines Promotionsprojekts untersucht werden, wie die Anzahl der Datenpunkte a) den Cognitive Load bei der Auswertung eines Experiments beeinflusst, b) den Grad der Überzeugung für eine physikalische Hypothese verändert und c) die Argumentation anhand dieser Daten verändert, z.B. in Bezug auf das Heranziehen von Messdaten als Evidenz (Ludwig, 2017; Ludwig, Priemer, & Lewalter, 2019).

Literatur

Arnold, J. C. (2015). *Die Wirksamkeit von Lernunterstützungen beim Forschenden Lernen. Eine Interventionsstudie zur Förderung des Wissenschaftlichen Denkens in der gymnasialen Oberstufe.* Berlin: Logos.

Barzel, B. & Heckmann, G. (2018). *Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht im Zeitalter der Digitalisierung. Stellungnahme zum Erwerb fachlicher und fachdidaktischer Kompetenzen in der Lehramtsausbildung.* Lehrerfortbildungsnetzwerk T3.

Bos, W., Lorenz, R., Endberg, M., Eickelmann, B., Kammerl, R. & Welling, S. (2016). *Schule digital – der Länderindikator 2016.* Münster: Waxmann.

Buffler, A., Lubben, F. & Ibrahim, B. (2009). The Relationship between Students‘ Views of the Nature of Science and their Views of the Nature of Scientific Measurement. *International Journal of Science Education,* 31(9), 1137-1156.

Chai, C. S., Koh, J. H. L. & Tsai, C.-C. (2013). A Review of Technological Pedagogical Content Knowledge. *Educational Technology & Society,* 16(2), 31-51.

Chandler, P. & Sweller, J. (1991). Cognitive load theory and the format of instruction. *Cognition and Instruction,* 8(4), 293-332.

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. *The Journal of the Learning Sciences,* 19(1), 54-98.

Finger, A., Huwer, J., Kremser, E., Meier, M., Thomas, L.-J., Thyssen, C. & von Kotzbue, L. (2020). *Orientierungsrahmen Digitale Kompetenzen für das Lehramt in den Naturwissenschaften – DiKoLAN.* In Becker, S., Meßinger-Koppelt, J. & Thyssen, C. (Hrsg.), Digitale Basiskompetenzen – Orientierungshilfe und Praxisbeispiele für die universitäre Lehramtsausbildung in den Naturwissenschaften, (S. 14-43). Hamburg: Joachim Herz Stiftung.

Gott, R. & Duggan, S. (1995). *Investigative work in the science curriculum.* Buckingham: Open University Press.

Hofer, B. K. & Pintrich, P. R. (1997). The Development of Epistemological Theories: Beliefs About Knowledge and Knowing and Their Relation to Learning. *Review of Educational Research,* 67(1), 88-140.

Kirschner, P. A., Sweller, J. & Clark, R. E. (2006). Why Minimal Guidance Does Not Work. An Analysis of the Failure of constructivistic Discovery, Problem-Based, Experimental, and Inquiry Based Learning. *Educational Psychologist,* 41(2), 75-86.

Koehler, J., Mishra, P., Kereluik, K., Shin, T. S. & Graham, C. R. (2014). „The technological pedagogical content knowledge framework“ in *Handbook of Research on Educational Communications and Technology*, 4th ed, J. M. Sepctor, M. D. Merrill, J. Elen & M. J. Bishop (Edt.). (Dordrecht: Springer), 12, 101-111.

Ludwig, T. (2017). Argumentieren beim Experimentieren – Die Bedeutung personaler und situationaler Faktoren (Dissertation). Humboldt-Universität zu Berlin, Berlin.

Ludwig, T., Priemer, B. & Lewalter, D. (2019). Assessing Secondary School Students‘ Justifications for Supporting or Rejecting a Scientific Hypothesis in the Physics Lab. *Research in Science Education*. https://doi.org/10.1007/s11165-019-09862-4

Maiseyenka, V., Schrecker, H. & Nawrath, D. (2013). Kompetenzorientierung des naturwissenschaftlichen Unterrichts. *Physik und Didaktik in Schule und Hochschule*, 1-17.

Masnick, A. M. & Klahr, D. & Knowles, E. R. (2017). Data-Driven Belief Revision in Children and Adults. *Journal of Cognition and Development*, 18(1), 87-109.

Masnick, A. M. & Morris, B. J. (2002). Reasoning from Data: The Effect of Sample Size and Variability on Children’s and Adults’ Conclusions. *Proceedings of the Annual Meeting of the Cognitive Science Society*, 24(24), 643-648.

Masnick, A. M. & Morris, B. J. (2008). Investigating the Development of Data Evaluation: The Role of Data Characteristics. *Child Dev*, 79(4), 1032-1048.

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.

Osborne, J. F., Henderson, J. B., MacPherson, A., Szu, E., Wild, A. & Yao, S.-Y. (2016). The Development and Validation of a Learning Progression for Argumentation in Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 53(6), 821-846.

Petko, D. (2012). Hemmende und förderliche Faktoren des Einsatzes digitaler Medien im Unterricht: Empirische Befunde und forschungsmethodische Probleme. *Jahrbuch Medienpädagogik*, 9, 29-50.

Puentedura, R. (2010). *Substitution; Augmentation; Modification and Redefinition.* Verfügbar unter http://hippasus.com/rrpweblog, Zugriff: 24.09.2020.

Thompson, P. (2013). The digital natives as learners: Technology use patterns and approaches to learning. *Computer & Education*, 65, 12-33.

Toulmin, S. E. (1958). *The Uses of Argument.* New York: Cambridge University Press.

Vogelsang, C. Laumann, D., Thyssen, C. & Finger, A. (2017). Der Einsatz digitaler Medien im Unterricht als Teil der Lehrerbildung – Analysen aus der Evaluation der Lehrinitiative Kolleg Didaktik. In Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht – normative und empirische Dimensionen. Jahrestagung in 2017.

Wilhelm, T. & Trefzger, T. (2010). Erhebung zum Computereinsatz bei Physik-Gymnasiallehrern. Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung, Hannover 2010. In: *PhyDid B, Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung.* Berlin: FU Berlin.

Wenzel, M. & Wilhelm, T. (2015). Neue Medien im Schülerlabor. In Bernholt, S. (Hrsg.): *Heterogenität und Diversität – Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht, Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik*, Jahrestagung in Bremen 2014, 35, 684-686.

Martin Erik Horn HTW Berlin

Verstecken wir die Geometrische Algebra hinter reellwertigen Matrizen!

Wie auf der vergangenen GDCP-Jahrestagung in Wien diskutiert wurde, sind die emotionalen Hürden eines Aufgreifens der Geometrischen Algebra durch die hochschulischen Didaktiken im deutschsprachigen Raum bisher relativ groß (Horn, 2020b). Weder im mathematikdidaktischen Bereich noch in den Naturwissenschaftsdidaktiken findet hierzulande eine tiefer gehende Erörterung der auf Hestenes zurückgehenden modernen Formulierung der Geometrischen Algebra (Hestenes, 2003 & 2015) statt. Anders ist dies im englischen Sprachraum, in der eine weit gefächerte und breit geführte Auseinandersetzung mit der Geometrischen Algebra (Snygg, 1997), (Doran & Lasenby, 2003) (Bayro-Corrochano, 2019 & 2020) zu beobachten ist.

Deshalb wurde in (Horn, 2020 b) vorgeschlagen, die Geometrische Algebra durch komplexe und quaternionenartige Strukturen auszudrücken. Die Geometrische Algebra wird dann hinter einer Mathematisierung versteckt, die Lernenden bereits bekannt ist und die die emotionale geprägte Zurückhaltung – eine offenbar tief sitzende Angst vor dem didaktisch Ungewohnten und fachlich Neuen – reduzieren kann. Damit wird der didaktisch trivialen Erkenntnis gefolgt, dass umlernen schwieriger ist als neu lernen. Und beides ist deutlich schwieriger als auf bereits Gelerntem aufzubauen.

Allerdings sind mit einer komplexwertigen Formulierung physikalischer Gesetze mehrere epistemologische und philosophisch grundlegende Probleme verbunden. Zum einen behauptet der Autor aus guten Gründen, dass bei einer naiven Nutzung komplexer und quaternionischer Strukturen unter Einbindung der komplexen Konjugation eine dramatische mathematische Fehlvorstellung transportiert wird. In mathematischen Lehrbüchern wird durchgängig darauf verwiesen, dass die komplexe Multiplikation kommutativ sei. Dies ist jedoch offenkundig falsch, wenn mit komplex konjugierten Größen multipliziert wird (Horn, 2019 & 2020 a, c, d). Wir bringen unseren Schülerinnen und Schüler sowie Studierenden also etwas grob Fehlerhaftes bei.

Zum anderen stehen wir vor dem philosophischen Problem, dass jede physikalische Messung, die wir vornehmen, reellwertige Messergebnisse liefert. Diese reellwertigen Messergebnisse werden immer erst im Zuge einer theoretischen Modellierung und mathematischen Umgestaltung mit komplexen oder quaternionenartigen Größen verknüpft. In den vergangenen Jahrhunderten fand so ein schleichender Prozess der Ablösung der Mathematik von der Anschauung statt (Russell, 1918, S. 75: „Thus mathematics may be defined as the subject in which we never know what we are talking about…“) (Cartier et al., 2019), der mit einer immer größeren Entfremdung von Mathematik und Physik verbunden ist.

Der Grund für diese Entfremdung ist naheliegend: Je großartiger, umfangreicher und vor allem je abstrakter das Gedankengebäude der Mathematik wird, desto ausgefeilter, verworrener und vor allem undurchsichtiger werden die Wege, die von einer physikalischen Messung zur mathematisch ausformulierten Theorie führen.

Im Bereich der komplexen Zahlen und Quaternionen kann allerdings ein Teil dieser Abstraktheit umgangen und zugunsten einer reellwertigen Sichtweise vermieden werden. Imaginäre Größen sollten gerade nicht nur aus Bequemlichkeitsgründen genutzt werden, weil sich damit einfacher rechnen lässt. Wir können es besser, wie der Mathematiker und Wissenschaftsphilosoph Stillwell darlegt: „However, it is possible to do better than this. We can give a convincing interpretation of imaginary numbers, which shows them to be just as 'real' as ordinary numbers (…). More conservatively, one can show how to eliminate imaginary numbers, from any argument that uses them, in favour of ordinary numbers" (Stillwell, 2019, S. 19). Diesem Ansatz soll in diesem Beitrag gefolgt werden: die Geometrische Algebra, also auch Pauli- und Dirac-Algebra als drei- bzw. vier- oder fünfdimensionale Spezialfälle, lassen sich mit Hilfe von Matrizen ausdrücken, die keinerlei komplexe Belegungen aufweisen.

Der mathematisch-geometrische Ausgangspunkt wird durch die beiden nur mit reellen Belegungen versehenen (2 x 2)-Matrizen

$$\mathbf{e_1} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix} \qquad \mathbf{e_2} = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}$$

gegeben (Horn 2012), die als Basisvektoren einer euklidischen Ebene gedeutet werden können. Wir bewegen uns hier also in einer Welt, die vektoriell frei von imaginären Größen und durch $\mathbf{e_1}^2 = \mathbf{e_2}^2 = \mathbf{1}$ mit einer Signatur von (+; +) rein raumartig ist. Dennoch lassen sich komplexwertige Beziehungen formulieren, denn das Produkt der beiden Basisvektoren

$$\mathbf{e_1 e_2} = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{pmatrix} \qquad (\mathbf{e_1 e_2})^2 = -\,\mathbf{e_1}^2\,\mathbf{e_2}^2 = \begin{pmatrix} -1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix} = -\,\mathbf{1}$$

stellt als Einheits-Bivektor ein imaginäres, flächenartiges Basiselement dar.

Man darf aber auch relativistisch denken und durch die beiden Basisvektoren $\mathbf{e_1}$ und $\mathbf{e_0} = \mathbf{e_1 e_2}$ eine pseudo-euklidische, raumzeitliche Ebene der Signatur (+ ; –) beschreiben, die auf das raumzeitliche Flächenelement $\mathbf{e_1 e_0} = \mathbf{e_2}$ führt. Aber auch diese Darstellung basiert auf (2 x 2)-Matrizen, die rein reellwertige Eintragungen aufweisen.

Eine solche Herangehensweise wurde im Sommersemester 2020 an der HTW Berlin in Ergänzung zur konventionellen Darstellung von Vektoren in der Mathematik-Grundlagenausbildung des Studiengangs Ingenieurinformatik (Horn, 2021) eingeführt. Rein räumliche bzw. raumzeitliche Vektoren werden dann im zweidimensionalen Fall geschrieben als:

$$\mathbf{r_{2d\text{-}Raum}} = x\,\mathbf{e_1} + y\,\mathbf{e_2} = \begin{pmatrix} x & y \\ y & -x \end{pmatrix} \qquad \mathbf{r_{2d\text{-}Raumzeit}} = ct\,\mathbf{e_0} + x\,\mathbf{e_1} = \begin{pmatrix} x & ct \\ -ct & -x \end{pmatrix}$$

Als ein wichtiges Zwischenergebnis wird dabei festgestellt, dass im Rahmen dieser Mathematisierung ein dritter, rein räumlicher Basisvektor mi $\mathbf{e_3}^2 = \mathbf{1}$ nicht existiert, falls nur reellwertige Matrizen zugelassen werden. Um ohne die Nutzung komplexwertig belegter Matrizen höher-dimensionale Strukturen zu gestalten, ist eine Erweiterung des Ansatzes notwendig.

Eine solche Erweiterung gelingt mit Hilfe des ursprünglich von Zehfuss eingeführten (Zehfuss, 1858) und heute auch als Kronecker-Produkt (Steeb, 1991) bekannten direkten Produkts zweier Matrizen. Auch hier handelt es sich nicht um eine formale Erweiterung des Zahlensystems (Wir arbeiten immer noch nur mit reellen Zahlen!), sondern um die Einführung einer zusätzlichen Verknüpfung zwischen diesen reellen Zahlen – und damit handelt es sich um die Einführung einer zusätzlichen mathematischen Operation.

Auf dieser Grundlage lassen sich 16 Basiselemente $\mathbf{e}_i \otimes \mathbf{e}_j$ konstruieren, von denen dann, den entsprechenden Binomialkoeffizienten folgend, genau eins als dimensionsloses Einheitsskalar, genau 4 als eindimensionale Basisvektoren, genau 6 als zweidimensionale Basis-Bivektoren bzw. orientierte Einheits-Flächenstücke, wieder genau 4 als dreidimensionale Basis-Trivektoren bzw. orientierte Einheits-Volumenelemente und genau eins als vierdimensionaler Basis-Quadvektor bzw. orientiertes Einheits-Hypervolumenelement gedeutet werden kann (Horn, 2012).

Das im voranstehenden Abschnitt Beschriebene klingt trivial, stellt aber einen erheblichen didaktischen Mehrwert dar: Jedes der 16 Basiselemente ist eindeutig fassbar. Hätten wir komplexwertige Belegungen zugelassen, so wären beispielsweise direkte Produkte aus dem Einheitsskalar, also der (2 x 2)-Einheitsmatrix **1**, und dem Einheits-Pseudoskalar $\mathbf{I} = i\,\mathbf{1}$ nicht unterscheidbar: $\mathbf{I} \otimes \mathbf{I} = (i\,\mathbf{1}) \otimes (i\,\mathbf{1}) = -\,\mathbf{1} \otimes \mathbf{1}$. Durch Zulassen komplexwertiger Belegungen führt das direkte Produkt von zwei Basiselementen zur Redundanz unter den neu erzeugten Basiselementen. Und damit führen komplexwertige Belegungen zu Verwirrung.

Und es zeigt sich darüber hinaus auch ein erkenntnistheoretisch bedeutender Mehrwert: Die 16 Basiselemente lassen sich nur als Raumzeiten interpretieren (Horn, 2012). Rein räumliche Räume oder rein zeitliche Räume der Signaturen (+; +; + ;+) bzw. (–: –; –; –) existieren nicht. Im Rahmen der vorgeschlagenen Mathematisierung gilt: **Time must exist! Space must exist!** Die Koexistenz von Raum und Zeit erfährt hier eine mathematische Begründung. Raum alleine oder Zeit alleine existieren nicht im Vierdimensionalen. Es gelingt nur, Raumzeiten der Signaturen (+: –; –; –), (+: +; –; –) oder (+: +; +; –) zu konstruieren.

Einschub und Ausblick: Liebe Mathematikdidaktiker/innen, liebe Mathematiker/innen, bitte, bitte schreibt nicht: „Solche Größen wurden in der Tat im 19. Jahrhundert unter dem Namen Vektor eingeführt; man kann sie aber nur addieren und subtrahieren, nicht multiplizieren und dividieren. Um diesen Mangel zu beheben, musste man eine weitere Dimension hinzunehmen“ (Eschenburg 2017, S. 62, Fußnote 10). Dies ist ein Graus! Natürlich kann man Vektoren multiplizieren und dividieren (Hestenes, 2003), (Doran & Lasenby 2003), (Gull et al., 1993). Bitte, bitte, lest endlich die Ausdehnungslehre (Grassmann, 1844) und nehmt sie ernst. Da steht schon (fast) alles drin. Und natürlich muss man keine weitere Dimension hinzunehmen, um Rotationen dreidimensionaler Vektoren im dreidimensionalen Raum durch Multiplikation von Vektoren zu beschreiben (Horn, 2014).

Man darf es aber. Es ist erlaubt, weitere Dimensionen hinzuzunehmen, und das ist auch das Fernziel dieses Ansatzes. In einer weiteren Ausarbeitung soll die konforme Geometrische Algebra auf Grundlage reellwertiger Matrizen dargestellt werden, so ähnlich wie dies beispielsweise durch (Hestenes 2001) und später dann (Vince, 2008) oder (Hildenbrand, 2013) und anderen auch gemacht wird.

Literatur

Bayro-Corrochano, E. (2019). Geometric Algebra Applications. Vol. 1, Cham: Springer International

Bayro-Corrochano, E. (2020). Geometric Algebra Applications. Vol. 2, Cham: Springer Nature Switzerland

Cartier, P., Dhombres, J., Heinzmann G. & Villani, C. (2016). Freedom in Mathematics. New Delhi: Springer

Doran, C. & Lasenby, A. (2003). Geometric Algebra for Physicists. Cambridge: Cambridge University Press

Eschenburg, J.-H. (2017). Sternstunden der Mathematik. Wiesbaden: Springer Spektrum

Grassmann, H. (1844). Die Wissenschaft der extensiven Grösse oder die Ausdehnungslehre, eine neue mathematische Disciplin. Erster Theil, die lineale Ausdehnungslehre enthaltend. Leipzig: Verlag Otto Wigand

Gull, S., Lasenby, A. & Doran, C. (1993). Imaginary Numbers are not Real – The Geometric Algebra of Spacetime. Foundations of Physics 23 (9), 1175-1201

Hestenes, D. (2001). Old Wine in New Bottles: A New Algebraic Framework for Computational Geometry. In: E. Bayro-Corrochano & G. Sobczyk (Hrsg.), Geometric Algebra with Applications in Science and Engineering. New York: Springer Science + Business Media, 3-17

Hestenes, D. (2003). Oersted Medal Lecture 2002: Reforming the Mathematical Language of Physics. American Journal of Physics 71 (2), 104-121

Hestenes, D. (2015). Space-Time Algebra. 2. Auflage, Cham, Heidelberg, New York: Birkhäuser/Springer

Hildenbrand, D. (2013). Foundations of Geometric Algebra Computing. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag

Horn, M.E. (2012). Living in a World Without Imaginaries. Symmetries in Science XV, Journal of Physics: Conference Series 380 (2012) 012006. Bristol: IOP Publishing

Horn, M.E. (2014). An Introduction to Geometric Algebra with some Preliminary Thoughts on the Geometric Meaning of Quantum Mechanics. Symmetries in Science XVI, Journal of Physics: Conference Series 538 (2014) 012010. Bristol: IOP Publishing

Horn M E (2019). Cheating with Complex Numbers. Der Selbstbetrug mit den komplexen Zahlen. Preprint viXra:1911.0023 (01.11.2019)

Horn, M.E. (2020a). If You Split Something into Two Parts, You Will Get Three Pieces: The Bilateral Binomial Theorem and its Consequences. Symmetries in Science XVIII, Journal of Physics: Conference Series 1612 (2020) 012013. Bristol: IOP Publishing

Horn, M.E. (2020b). Verstecken wir die Geometrische Algebra in den komplexen Zahlen! In: S. Habig (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen. Tagungsband der Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik 2019 in Wien, GDCP Band 40, Universität Duisburg-Essen, 904-907

Horn, M.E. (2020c). Die komplexe Konjugation aus physikalischer Sicht. Phydid B – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung, Url: www.phydid.de/index.php/phydid-b/article/view/1084 (22.09.2020)

Horn, M.E. (2020d). Äquivalenzumformungen in der Geometrie am Beispiel der Satzgruppe des Pythagoras. In: H.-S. Siller, W. Weigel & J.F. Wörler (Hrsg.), Beiträge zum Mathematikunterricht 2020 auf der 54. Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik. Münster: WTM-Verlag, 441-444

Horn, M.E. (2021). Matrizenrechnung für doofe Computer. Ergänzungsfolien des Kurses „Mathematik 1“ des Bachelor-Studiengangs Ingenieurinformatik an der HTW Berlin, Sommersemester 2020. Zur Veröffentlichung vorgesehen als ergänzendes Material in PhyDid B – Beiträge zur DPG-Jahrestagung.

Russell, B. (1918). Mysticism and Logic and Other Essays. Plymouth: William Brendon and Son

Snygg, J. (1997). Clifford Algebra. A Computational Tool for Physicists. New York: Oxford University Press

Steeb, W.-H. (1991). Kronecker Product of Matrices and Applications. Mannheim, Wien, Zürich: Bibliographisches Institut/Wissenschaftsverlag

Stillwell, J. (2019). A Concise History of Mathematics for Philosophers. Elements in the Philosophy of Mathematics. Cambridge: Cambridge University Press

Vince, J. (2008). Geometric Algebra for Computer Graphics. London: Springer-Verlag

Zehfuss, J.G. (1858). Über eine gewisse Determinante. Zeitschrift für Mathematik und Physik 3, 298-301

Simone Rückert[1]
Helena van Vorst[1]

[1]Universität Duisburg-Essen

Eine Trianguläre Untersuchung der Bedingungen Gemeinsamen Unterrichts im Berufsschulkontext

Theoretischer Hintergrund und Forschungsinteresse

Gerade an berufsbildenden Schulen gehört Diversität in allen Bereichen zum Alltag: bedingt durch die Vielfalt von Schularten und Bildungsgängen mit unterschiedlichen zu erreichenden Abschlüssen, ergibt sich eine große Heterogenität bei der Schülerschaft Die UN-Behindertenrechtskonvention hat mit ihrem Aufruf zum Recht auf gesellschaftliche Teilhabe in allen Bereichen des Lebens für Menschen mit Behinderungen, auch eine Diskussion zur absoluten Barrierefreiheit des Bildungssystems ausgelöst (Heinrichs & Reinke, 2019). Insbesondere Bildungseinrichtungen stehen demnach vor der schwierigen Aufgabe, inklusiven Unterricht flächendeckend umzusetzen. Mit Blick auf den Fachkräftemangel in einigen Berufsrichtungen und den demographischen Wandel ist die Inklusion möglichst aller Schülerinnen und Schüler in das berufliche Ausbildungssystem besonders im Berufsschulkontext ein wichtiges Thema (BMAS, 2011). Die erfolgreiche Umsetzung inklusiven Unterrichts erfordert, neben verbesserten institutionellen Rahmenbedingungen, hinreichende Kenntnisse und eine aufgeschlossene Haltung der Lehrkräfte gegenüber dieser Thematik (vgl. Lambe & Bones, 2006; Amrhein, 2011; Hollenbach-Biele & Klemm, 2020). Ihre Einstellung, Bereitschaft und Selbstwirksamkeit sind relevante Variablen für die Umsetzung inklusiven Unterrichts (u.a. Feyerer, 2013; Mahat, 2008; Schlüter, 2018), da diese Voraussagen für das tatsächliche Handeln der Lehrkraft im Unterricht ermöglichen (Gebhard, Schwab, Nusser & Hessels, 2015).

Eine mögliche Perspektive zum Umgang mit den Bedarfen aller Lernenden in heterogenen Klassen bietet das Universal Design for Learning (UDL). Es handelt sich hierbei um ein allgemeinpädagogisches Rahmenkonzept zur Planung Gemeinsamen Unterrichts, der die Bedarfe aller Lernenden in den Blick nimmt und einen möglichst barrierefreien Zugang zu Bildungsinhalten für alle Schülerinnen und Schüler ermöglichen soll. Das Konzept des UDL basiert auf drei Guidelines (Abb. 1), deren Umsetzung nicht nur einen verbesserten Zugang zu Informationen, sondern auch zum Lernen an sich ermöglichen für die Schülerinnen und Schüler schafft (Meyer, Rose & Gordon, 2014). Im UDL werden drei Netzwerke des Lernens unterschieden, die wiederum in drei Subkategorien und bis zu fünf Unterpunkte ausdifferenziert werden. So entsteht ein Raster, welches zum Beispiel als Checkliste für Lehrkräfte bei der Planung und Umsetzung von Gemeinsamem Unterricht genutzt werden kann. Dabei entscheidet jede Lehrperson individuell, welche Kategorien und Unterpunkte in einer spezifischen Klasse notwendig sind und welche vernachlässigt werden können.

Engagement und Beteiligung Affektives Netzwerk 	Darstellung und Erklärung Wahrnehmungsnetzwerk 	Handeln und Ausdruck Strategisches Netzwerk 
Stellen Sie vielfältige Möglichkeiten zur Motivation bereit.	Stellen Sie mehrere Darbietungsformen zur Verfügung.	Stellen Sie vielfältige Möglichkeiten für Handlungen und aktive Beteiligung bereit.

Abb. 1: Die Netzwerke des Lernens und die UDL-Guidelines (vgl. Meyer et al., 2014)

Wie eingangs erwähnt, ist im Bereich des Berufsschullehramts noch Aufholbedarf, was die Aufklärungsarbeit und Maßnahmen rund um den Gemeinsamen Unterricht betrifft. Ebenso gibt es keine Studien, die die Perspektive von Lehramtsanwärterinnen und Lehramtsanwärtern für das Berufskolleg zu dem Thema untersuchen. Auch institutionelle Rahmenbedingungen und der tatsächliche Bedarf, Gemeinsam Unterricht durchzuführen, wurden bisher nicht in den Blick genommen (Stein, Kranert & Walter, 2016).

Forschungsfragen
Aufgrund des aufgezeigten Forschungsbedarfs liegt der Fokus dieses Projekts auf folgenden explorativen Fragestellungen:

FF1: Welche Schwierigkeiten haben Masterstudierende sowie Referendarinnen und Referendare naturwissenschaftlicher Unterrichtsfächer für das Lehramt am Berufskolleg bei der Planung und Durchführung Gemeinsamen Unterrichts? (Teilstudie I)

FF2: Welche Unterstützungsbedarfe lassen sich bei der Schülerschaft von Berufskollegs diagnostizieren und welche Rahmenbedingungen herrschen an Berufskollegs in Hinblick auf Gemeinsamen Unterricht? (Teilstudie II)

Forschungsdesign und Forschungsinstrumente
In einer ersten Teilstudie wird zur Beantwortung der *FF1* ein paper-pencil-Fragebogen, basierend auf dem von Schlüter (2018) entwickelten Instrument für Studierende und Referendarinnen und Referendare eingesetzt, der sowohl die Einstellung als auch die Bereitschaft und Selbstwirksamkeitserwartung in Bezug auf Gemeinsamen Unterricht mithilfe Likert-skalierter und offener Fragen erhebt. Des Weiteren werden die Unterrichtsplanung und die unterrichtspraktische Umsetzung der Probandinnen und Probanden untersucht. Dazu wird ein Unterrichtsbesuch im Praxissemester beziehungsweise im Vorbereitungsdienst genutzt, um unterrichtsbegleitend einen Beobachtungsbogen mit zwei Ratern auszufüllen und zusätzlich die schriftlichen Unterrichtsentwürfe mit Hilfe eines Kodiermanuals zu analysieren. Der Schwerpunkt dieser Analyse liegt auf der Berücksichtigung der Heterogenität der Schülerinnen und Schüler. Außerdem werden die Schülerinnen und Schüler der dokumentierten Stunde mithilfe eines Fragebogens hinsichtlich der wahrgenommenen Adaptivität des Unterrichts und hinsichtlich der persönlichen Einstellung gegenüber dem gerade durchgeführten Unterricht befragt (vgl. Michna & Melle, 2018). Die vorgestellten Forschungsinstrumente des Studiendesigns werden in dieser Reihenfolge sowohl mit Masterstudierenden des Lehramtsstudiengangs Biotechnik an der Universität Duisburg-Essen als auch mit Referendarinnen und Referendaren mit naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächern in Kooperation mit den Zentren für schulpraktische Lehrerbildung (ZfsL) in Nordrhein-Westfalen durchgeführt. Es ist geplant, dieses Vorgehen mit drei Kohorten von Studierenden und Referendarinnen und Referendaren zu wiederholen (n ~20).
Zur Auswertung der Unterrichtsentwürfe und des Beobachtungsbogens wurde ein Kodiermanual (in Anlehnung an Schlüter, 2018) deduktiv aus den UDL-Guidelines unter Berücksichtigung des Berufsschulkontexts entwickelt.
Ziel einer zweiten Teilstudie ist die Beantwortung der *FF2*. Mithilfe eines Fragebogens werden die Auszubildenden aus dem Bereich der Körperpflege (FriseurInnen und KosmetikerInnen) sowie aus einigen medizinischen Berufen (ZahntechnikerInnen, AugenoptikerInnen, Medizinische Fachangestellte) zu ihren Erfahrungen und Bedarfen am Berufskolleg und dem Ausbildungsbetrieb in Bezug auf das Thema Inklusion und Gemeinsamer Unterricht befragt. Zusätzlich wird die Perspektive der Lehrkräfte mithilfe eines Kurzfragebogens sowie leitfadengestützter Interviews zur aktuellen Situation hinsichtlich der Umsetzung der Inklusionsthematik beleuchtet.

Erste Ergebnisse

Für die Teilstudie I liegen erste Ergebnisse von 12 Probandinnen und Probanden für die Fragebögen zur Einstellung, Selbstwirksamkeit und Bereitschaft bezüglich Gemeinsamem Unterricht vor. Es handelt sich um acht weibliche Probandinnen und vier männliche Probanden, von denen sich neun im Vorbereitungsdienst befinden und drei Masterstudierende sind. Sechs der Probandinnen und Probanden haben vor dem Lehramtsstudium eine Ausbildung absolviert. Das Durchschnittsalter beträgt 31 Jahre und die Durchschnittsnote des Bachelorabschlusses liegt bei 2,08. Bei der Auswertung der 48 Items des Fragebogens auf einer 6-stufigen Likert-Skala (1 = stimme völlig zu bis 6 = stimme überhaupt nicht zu) ergaben sich die in Abbildung 2 dargestellten Mittelwerte für die Einstellung, Selbstwirksamkeit und Bereitschaft.

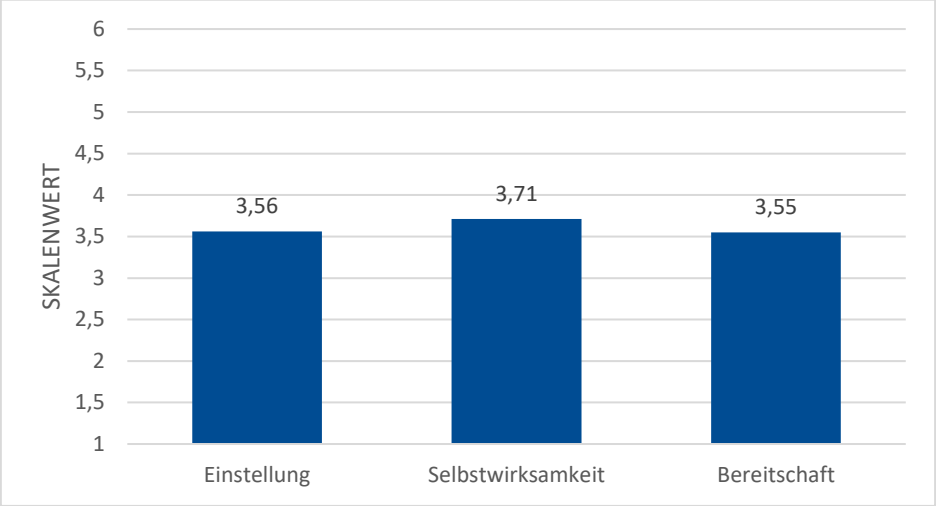


Abb. 2: Diagramm zu den Mittelwerten der Einstellung, Bereitschaft und Selbstwirksamkeit der Probandinnen und Probanden (n = 12)

Die Auswertung der offenen Fragebogenitems zu Erfahrungen der teilnehmenden angehenden Lehrkräfte mit Gemeinsamem Unterricht ergab, dass vier von zwölf Probandinnen und Probanden während ihrer universitären Ausbildung keine Seminare oder Vorlesungen zum Thema Inklusion besucht haben. Zwei Personen gaben an, während Praktika an Schulen keine Erfahrungen mit inklusivem Unterricht gemacht zu haben. Ein Großteil der angehenden Lehrkräfte, die Erfahrungen mit inklusivem Unterricht gesammelt haben (acht von zehn), bewerten diese Erfahrungen als positiv, sehen aber auch Schwächen in der Kooperation der Schule und der Sozialarbeiterinnen und Sozialarbeiter sowie in den institutionellen Rahmenbedingungen.

Fazit und Ausblick

Die Daten der 12 Probandinnen und Probanden zeigen mittlere Werte bei der Einstellung, Selbstwirksamkeit und Bereitschaft. Auch die Analyse der Antworten auf die offenen Fragen zu den Erfahrungen mit Inklusion zeigt zwar ein breites Spektrum, lässt aber viele Fragen offen. Die anstehende Analyse der zugehörigen Unterrichtsentwürfe und der unterrichtspraktischen Umsetzung sollte dann mehr Klarheit bringen. Im Anschluss an diese qualitative Analyse, schafft Teilstudie II einen größer angelegten Überblick über die aktuelle Lage an Berufskollegs aus Sicht der Schülerschaft und praktizierender Lehrkräfte.

Literatur

Amrhein, B. (2011). *Inklusion in der Sekundarstufe: Eine empirische Analyse*. Klinkhardt Forschung. Bad Heilbrunn: Klinkhardt

BMAS (Bundesministerium für Arbeit und Soziales). (2011). Unser Weg in eine inklusive Gesellschaft – der Nationale Aktionsplan der Bundesregierung zur Umsetzung der UN-Behindertenrechtskonvention. Verfügbar unter: https://www.bmas.de/DE/Service/Medien/Publikationen/a740-aktionsplan-bundesregierung.html

CAST. (2011). Universal Design for Learning (UDL) Guidelines. Abgerufen von http://www.udlcenter.org/aboutudl/udlguidelines

Euler, D. & Severing, E. (2016). Inklusion in der beruflichen Bildung. Daten, Fakten, offene Fragen [online]. Verfügbar unter: https://www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/BSt/Publikationen/GrauePublikationen/GP_Inklusion_in_der_beruflichen_Bildung_Daten_Fakten_offene_Fragen.pdf

Feyerer, E., Reibnegger, H., Hecht, P., Niedermair, C., Soukup-Altrichter, K., Plaimauer, C., Prammer-Semmler, E., Moser, C., Bruch, S. (2013). Inklusive Bildung: Einstellungen und Kompetenzen von Lehramtsstudierenden und LehrerInnen für die Umsetzung inklusiver Bildung. Deutsche Version SACIE-R 2013 & TEIP 2013.

Fisseler, B. (2015). Universal Design im Kontext von Inklusion und Teilhabe – Internationale Eindrücke und Perspektiven. In: Recht & Praxis (2), S. 45-51.

Gebhardt, M., Schwab, S., Nusser, L., Hessels, Marco G.P. (2015). Einstellungen und Selbstwirksamkeit von Lehrerinnen und Lehrern zur schulischen Inklusion in Deutschland – eine Analyse mit Daten des Nationalen Bildungspanels Deutschlands (NEPS). In: Empirische Pädagogik, Vol. 29 (2), S. 211-229.

Heinrichs, K. & Reinke, H. [Hrsg.] (2019). Heterogenität in der beruflichen Bildung – Im Spannungsfeld von Erziehung, Förderung und Fachausbildung. „*Wirtschaft – Beruf – Ethik*“ (36). Bielefeld: wbv.

Heyl, V., Trumpa, S., Seifried, S., & Janz, F. (2014). Inklusion beginnt im Kopf?!: Einstellungsforschung zu Inklusion (EFI). In S. Schuppener, N. Bernhardt, M. Hauser, & F. Poppe (Eds.), *Inklusion und Chancengleichheit. Diversity im Spiegel von Bildung und Didaktik* (pp. 39–47). Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt

Hollenbach-Biele, N. & Klemm, K. (2020). Inklusive Bildung zwischen Licht und Schatten – Eine Bilanz nach zehn Jahren inklusiven Unterrichts. Bertelsmann Stiftung. 1. Auflage. Abgerufen von: https://www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/BSt/Publikationen/GrauePublikationen/20200625_Inklusive-Bildung-Zwischen-Licht-und-Schatten_ST-IB.pdf

Wember, F.B. & Melle, I. (2018). Adaptive Lernsituationen im inklusiven Unterricht: Planung und Analyse von Unterricht auf Basis des Universal Design for Learning. In: Hußmann, S; Welzel, B. [Hrsg.]: DoProfiL. Das Dortmunder Profil für inklusionsorientierte Lehrerinnen- und Lehrerbildung. Münster; New York: Waxmann

Lambe, J. & Bones, R. (2006). Student teachers' perceptions about inclusive classroom teaching in Norther Ireland prior to teaching practice experience. In: European Journal of Special Needs Education, Vol. 21 (2), S. 167-186.

Mahat, M. (2008). The development of a psychometrically-sound instrument to measure teachers' multidimensional attitudes toward inclusive education. In: International Journal of Special Education, Vol. 23 (1), S. 82-92.

Meyer, A., Rose, D. H. & Gordon, D. (2014). *Universal Design for Learning. Theory and Practice*. Wakefield: CAST.

Schlüter, A.-K. (2018). *Professionalisierung angehender Chemielehrkräfte für einen Gemeinsamen Unterricht*. Studien zum Physik- und Chemielernen. Band 257. Berlin: Logos.

Stein R.; Kranert H.-W. & Wagner S. (2016): *Inklusion an beruflichen Schulen – Ergebnisse eines Modellversuchs in Bayern*. Bielefeld: wbv.

Jan Winkelmann Goethe-Universität Frankfurt

Idealisierungen – ein Fragebogen zur Perspektive von Lehrkräften

Idealisierungen sind in der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung im Rahmen der Auseinandersetzung mit Modellen und Experimenten allgegenwärtig. Eine unzureichende Thematisierung von Idealisierungen im unterrichtlichen Kontext lässt Lernschwierigkeiten für Schüler*innen vermuten. Im Rahmen des Forschungsprogramms IMODEX (Idealisierungen beim Modellieren und Experimentieren) wurde ein Fragebogen für Lehrkräfte entwickelt, um deren Perspektive auf die Bedeutung von Idealisierungen erheben zu können. Im Fokus stehen drei Skalen: (1) Wissensbasierte Vorstellungen zu Idealisierungen in der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung, (2) Einstellungen zur Bedeutung von Idealisierungen im naturwissenschaftlichen Unterricht, (3) Explizite Auseinandersetzung mit Idealisierungen im naturwissenschaftlichen Unterricht. In einer Pilotierung des Fragebogens mit Studierenden (n = 103) wurde die Qualität der entwickelten Skalen überprüft. In diesem Beitrag werden die Ergebnisse der Pilotierung vorgestellt.

Idealisierungen

Sämtlichen Prozessen der Erkenntnisentwicklung liegen Idealisierungen zugrunde. Sei es beim Experimentieren, bei dem ein (Natur-)Phänomen im Labor unter idealen Bedingungen untersucht wird oder bei der Beschäftigung mit Modellen, während der lediglich die interessierenden Aspekte des Phänomens in den Blick genommen werden. Dies ist Physiker*innen nicht fremd und auch Physiklehrkräfte werden davon berichten können, dass sie in ihrem Unterricht an ganz unterschiedlichen Stellen idealisieren, zum Beispiel bei der (Luft)-Reibung in der Mechanik oder bei dünnen Linsen in der Optik. In Anlehnung an vorangegangene Überlegungen zur Beziehung zwischen Theorie, Modell und Experiment (Winkelmann, 2019) verdeutlicht der gelbe Kasten den verknüpfenden Charakter von Idealisierungen (Abb. 1).

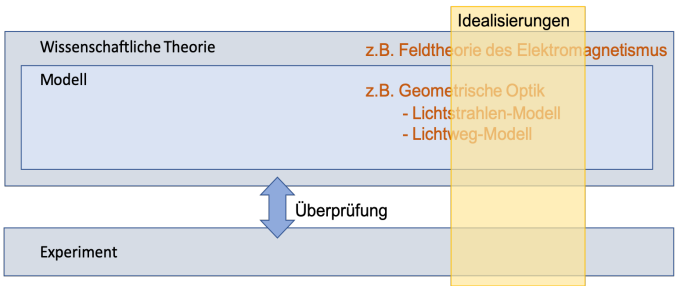


Abb. 1. Idealisierungen finden in allen Bereichen der Erkenntnisgewinnung statt.

Um das Modellverständnis von Schüler*innen (auch von Studierenden) zu fördern, sollte vermittelt werden, wie man zu einem Modell gelangt, nämlich unter Zuhilfenahme von Idealisierungen. Die zugrunde liegende These des Forschungsprogramms lautet entsprechend: Idealisierungen sollten in der Lehre explizit identifiziert und reflektiert werden, um ein verbessertes Modellverständnis bei Schüler*innen zu erzielen. Um diesem Anspruch gerecht werden zu können, ist eine Definition von Idealisierung notwendig.

Als Definition dessen, was hierbei unter Idealisierungen verstanden werden soll, werden im Folgenden zwei Vorschläge aus der Wissenschaftsphilosophie genutzt:

- Eine Idealisierung ist die Zerlegung eines gegebenen Phänomens. Als nebensächlich beurteilte Eigenschaften werden ausgeschlossen. Nur die Eigenschaften bleiben übrig, die als wesentlich für das Ziel des Modells empfunden werden (Nowak & Nowak, 1998).
- Während des Prozesses des Idealisierens ist die Annahme der Optimierung grundlegend. So verstanden handelt es sich bei Idealisierungen um gewollte Ersetzungen. Damit werden verfälschende Annahmen bewusst akzeptiert (Hüttemann, 1997; Strevens, 2017).

Idealisierungen haben also zwei miteinander in Zusammenhang stehende Eigenschaften. Zum einen beschränken sich Idealisierungen auf das Wesentliche. Hierbei hängt es von der Fragestellung ab, was jeweils wesentlich ist. Zum anderen stellen Idealisierungen stets eine bewusst verfälschende Ersetzung dar. Es ist allerdings unbestritten, dass trotz dieser Verfälschung eine Bewertung von konstruierten Modellen hinsichtlich ihrer Zweckmäßigkeit gerechtfertigt ist und nicht mit Blick darauf, ob diese Modelle „richtig" oder „falsch" sind.

Pilotierung eines Fragebogens

Um die Perspektive von Lehrkräften bezüglich der Bedeutung von Idealisierungen im Unterricht zu erheben, wurde ein quantitativer Online-Fragebogen entwickelt. Der Fragebogen umfasst die drei oben genannten Skalen. Die entwickelten 31 Items wurden auf einer 5-stufigen Likert-Skala (1 = „trifft gar nicht zu" bis 5 = „trifft völlig zu") von Studierenden pilotiert. Wenn die Studierenden über keine ausreichende Unterrichtserfahrung verfügten, wurden sie gebeten – insbesondere in der Skala zur expliziten Auseinandersetzung im Unterricht – so zu antworten, wie sie unterrichten *würden*.

Stichprobe Es liegen Daten von 103 Studierenden verschiedener Standorte[1] vor. Insgesamt nahmen überwiegend L2 und L3 Lehramtsstudierende (in etwa gleichem Verhältnis) mit dem Fach Physik teil. Die Mehrheit der Studierenden befand sich in einem fortgeschrittenen Stadium des Studiums: 85 der Studierenden waren im vierten oder in einem höheren Semester, 40 der Studierenden waren im achten oder in einem höheren Semester. Knapp ein Drittel der Studierenden verfügt über ein Jahr oder mehr eigenverantwortliche Unterrichtserfahrung.

Faktoren- und Reliabilitätsanalysen Die Voraussetzungen für explorative Faktorenanalysen (mit Maximum Likelihood-Verfahren und Varimax-Rotation) sind gegeben: ausreichend große Stichprobe; KMO-Test: .692; Bartlett-Test: $p < .001$. Die Faktorenanalyse liefert vier Faktoren, die sich inhaltlich gut interpretieren lassen. Tabelle 1 stellt zu den Skalen jeweils ein Beispielitem vor, berichtet die Itemanzahl sowie die jeweilige Reliabilität (Cronbach's α). Die Trennschärfe aller Items ist > .4, die Faktorladungen waren in den meisten Fällen zufriedenstellend mit Ladungen zwischen .55-.74. Insbesondere in der Skala „Wissensbasierte Vorstellungen" laden einige Items jedoch schwächer mit Ladungen von lediglich > .3. Diese Items passen zwar inhaltlich gut zum bestätigten Faktor, sollen aber nochmals umformuliert werden. Für die Skala „Einstellungen zur Bedeutung von Idealisierungen im naturwissenschaftlichen Unterricht" liefert die Faktorenanalyse Hinweise darauf, dass eine differenzierte Erhebung mittels der zwei Subskalen „konkrete unterrichtliche Umsetzung" und „allgemeine Wichtigkeit" sinnvoll ist. Durch die Konstruktion weiterer Items für die Skala „Explizite Auseinandersetzung" soll versucht werden, auch hier Subskalen zu erhalten.

[1] Ein herzlicher Dank gilt den Kolleg*innen, die den Fragebogen freundlicherweise an ihre Studierenden weitergegeben haben!

Tabelle 1. Übersicht der analysierten Skalen.

Kurztitel der Skala	**Beispielitem**	**Anzahl**
Wissensbasierte Vorstellungen (α = .71)	*Idealisierungen sind in der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung allgegenwärtig.*	8 Items
Einstellungen (α = .71)	*Idealisierungen sollten im naturwissenschaftlichen Unterricht explizit zum Lerngegenstand gemacht werden.*	5 Items
„konkrete unterrichtliche Umsetzung“ (α = .63)	*Idealisierungen werden im naturwissenschaftlichen Unterricht zu selten thematisiert.*	2 Items
„allgemeine Wichtigkeit“ (α = .83)	*Eine Auseinandersetzung mit Idealisierungen im naturwissenschaftlichen Unterricht finde ich wichtig.*	3 Items
Explizite Auseinandersetzung (α = .88)	*Ich weise meine Schüler*innen im Unterrichtsgespräch explizit auf verschiedene Idealisierungen hin.*	13 Items

Ausblick

Zunächst werden, wie oben beschrieben, einzelne Items überarbeitet bzw. zusätzliche Items formuliert. Mit den Daten der anstehenden Lehrkräftebefragung im Winter 2020/21 soll untenstehendes Modell getestet werden (Abb. 2). Ziel ist es, Handlungsempfehlungen für die Aus- und Fortbildung naturwissenschaftlicher Lehrkräfte zu identifizieren, um die Auseinandersetzung mit Idealisierungen im naturwissenschaftlichen Unterricht zu steigern. Mittelfristig sind Interventionen mit Schüler*innen geplant, um die Wirkung einer expliziten Auseinandersetzung mit Idealisierungen im naturwissenschaftlichen Unterricht zu überprüfen. Eine solche Auseinandersetzung kann sowohl während der Konstruktion von Modellen, der Arbeit mit Modellen und der Reflexion über Modelle als auch während des Experimentierens stattfinden. Dabei wird angenommen, dass die Beschäftigung mit Idealisierungen einen wertvollen Beitrag zur Förderung von Modell- und Experimentierkompetenz darstellt.

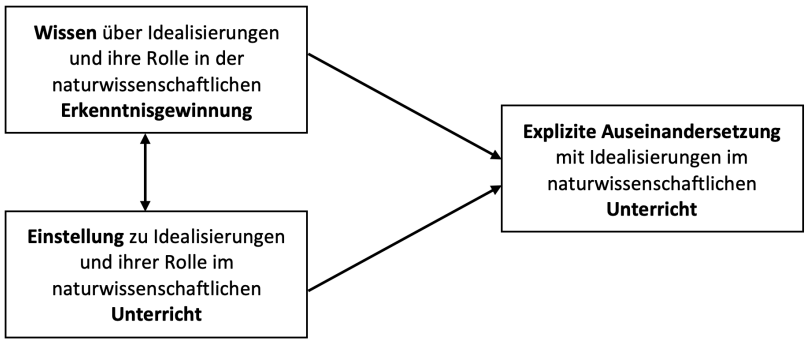


Abb. 2: Modell, das mit Hilfe des entwickelten Fragebogens überprüft werden soll.

Literatur

Hüttemann, A. (1997). Idealisierungen und das Ziel der Physik: Eine Untersuchung zum Realismus, Empirismus und Konstruktivismus in der Wissenschaftstheorie. De Gruyter.

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.

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.

Winkelmann, J. (2019). Idealisierungen und Modelle im Physikunterricht. In H. Grötzebauch & V. Nordmeier (Hrsg.), PhyDid B – Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung des Fachverbands Didaktik der Physik in Aachen 2019, S. 227-231.

Lars Ehlert[1]
Oliver Tepner[1]

[1]Universität Regensburg

Wirksamkeit einer Fortbildung zum selbstgesteuerten Experimentieren

Theoretischer Hintergrund

Offene Experimentierformen sind mittlerweile zentrale Bestandteile der bayerischen Lehrpläne (vgl. Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung [ISB], 2020) und werden in den nationalen Bildungsstandards im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung, der das Nutzen von experimentellen Untersuchungsmethoden sowie Modellen umfasst, abgebildet (KMK, 2005, 2020). An deutschen Schulen wird das Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht zumeist mittels Lehrerdemonstrationsversuchen sowie instruktionsorientierten Schülerexperimenten umgesetzt (Roth et al., 2006; Seidel et al., 2006; Tesch & Duit, 2004). Dies spiegelt sich auch in den Analysen der Unterrichtsmuster im Rahmen der PISA-Studie 2015 wider, bei denen 80,2 % der befragten deutschen Lernenden einen naturwissenschaftlichen Unterricht erhalten, der wenig Möglichkeiten zur Planung von Experimenten bietet (Schiepe-Tiska et al., 2016). Lehrkräfte führen beispielsweise den vermeintlich höheren Zeitaufwand, möglichen Kontrollverlust sowie Sicherheitsbedenken als Hinderungsgründe für die Implementierung des selbstgesteuerten Experimentierens in die Schulpraxis auf (Deters, 2004, 2005; Fitzgerald, Danaia & McKinnon, 2019; Newman et al., 2004). Dennoch weisen aktuelle empirische Studien darauf hin, dass eine auf die Lerngruppe angepasste Öffnung von Experimenten sich u. a. positiv auf das prozedurale Wissen und den Fachwissenszuwachs der Lernenden auswirken kann (Blanchard et al., 2010; Bunterm et al., 2014; Minner, Levy & Century, 2010; Sadeh & Zion, 2009). Trotzdem wird häufig kritisiert, dass stark geöffnete Experimentierformen die Lernenden überfordern können (Kirschner, Sweller & Clark, 2006). Dabei ist zu beachten, dass in der chemiedidaktischen Domäne das selbstgesteuerte Experimentieren nicht eindeutig klassifiziert werden kann (T. Bell, Urhahne, Schanze & Ploetzner, 2010; Cuevas, Lee, Hart & Deaktor, 2005). Dies lässt sich vor allem auf die unterschiedlichen Begrifflichkeiten, wie z.B. „open inquiry“ (R. L. Bell, Smetana & Binns, 2005) oder „authentic inquiry“ (Chinn & Malhotra, 2002), zurückführen, die je nach Autoren andere Öffnungsgrade beim Experimentieren implizieren (Baur & Emden, 2020). Dennoch lässt sich eine Tendenz bei der Beschreibung des selbstgesteuerten Experimentierens aufzeigen, bei der entweder über die Aktivitäten der Lernenden oder über den Lehrerzentrierungsgrad klassifiziert wird (Rönnebeck, Bernholt & Ropohl, 2016). Um die Implementierung des selbstgesteuerten Experimentierens in die Unterrichtspraxis zu fördern, wurde im Rahmen dieses Forschungsvorhabens eine Lehrkräftefortbildung zur Förderung der Planungskompetenz von selbstgesteuerten Experimenten im Chemieunterricht entwickelt. Dabei lässt sich die Planungskompetenz im Professionswissen der Lehrkräfte in der Domäne des fachdidaktischen Wissens (PCK) verorten, wobei die Fortbildungsmaßnahme speziell die Komponenten „Plan“ und „Reflection on Action“ des Enacted PCK (ePCK) im Refined Consensus Modell nach Carlson und Daehler (2019) intendiert. Um die Lehrkräfte bei der Planung von selbstgesteuerten Experimenten zu unterstützen, wurde im Zuge der Fortbildung ein innovatives und literaturbasiertes Strukturierungskonzept vorgestellt, mit dem die Teilnehmenden einerseits selbstgesteuerte Experimente planen können, andererseits bereits bestehende geschlossene Experimente beliebig öffnen können.

Ziele, Forschungsfragen und Methoden

Das primäre Ziel dieses Forschungsprojekts ist die Entwicklung und Evaluierung einer eintägigen Fortbildung für Lehrkräfte der Sekundarstufe zur Förderung der Planungskompetenz hinsichtlich selbstgesteuerter Experimente. Dabei wird begleitend zur Fortbildung mit einem Prä-Post-Follow-Up-Design das fachdidaktische Wissen der Teilnehmenden bezüglich der Planung von selbstgesteuerten Experimenten empirisch überprüft. Dazu wurde ein Messinstrument im Multiple-Choice–Multiple-Select-Format entwickelt, dessen Items auf die vermittelten Fortbildungsinhalte zugeschnitten und literaturbasiert sind. Im Rahmen der Pilotstudien mit insgesamt 57 Teilnehmenden wurde die Güte des Messinstruments überprüft und der Fragebogen entsprechend in mehreren Schritten weiterentwickelt.

Im Zuge des Forschungsprojekts sind folgende Forschungsfragen (F) aufgestellt worden:

– F 1: Kann die Maßnahme einen fachdidaktischen Wissenszuwachs der teilnehmenden Lehrkräfte im Bereich der Planung von selbstgesteuerten Experimenten nachhaltig fördern?
– F 2: Kann der neuentwickelte Test das fachdidaktische Wissen der Teilnehmenden hinsichtlich der Planung von selbstgesteuerten Experimenten reliabel erfassen?

Erste vorläufige Ergebnisse der Hauptstudie

Die Pilotstudie II sowie die Hauptstudie zeigen weder im Inhalt noch im Messinstrument Unterschiede auf, sodass für die Auswertungen die generierten Daten beider Stichproben zusammengefasst werden. Hierbei weisen die ersten Auswertungen mit 67 Probanden darauf hin, dass der selbst entwickelte Test mit einem Cronbachs Alpha von .81 reliabel zu sein scheint. Die Fortbildungsteilnehmer erreichen im Zuge eines Prä-Post-Vergleichs einen höchst signifikanten Lernzuwachs (Abb. 1) mit einer mittleren Effektstärke ($t(66) = -4.67$, $p < .001$, $d = .57$).

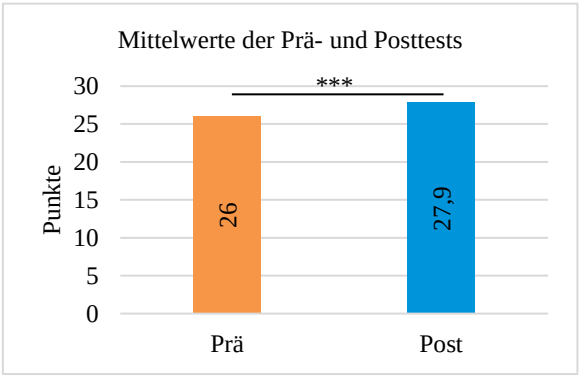


Abb. 1: Mittelwerte der Prä- und Posttests

Die einfaktorielle ANOVA mit Messwiederholung mit 16 teilnehmenden Lehrkräften ergibt einen hoch signifikanten Unterschied zwischen den drei Messungen (Abb. 2) mit einer großen Effektstärke auf ($F(2,30) = -6.959$, $p = .003$, $\eta^2 = .317$). Ein Bonferroni korrigierter post-hoc Test weist einen hoch signifikanten Unterschied zwischen dem Prä- und Posttest mit einer

mittleren Effektstärke auf (p = .004, f = .33). Jedoch kann kein signifikanter Unterschied zwischen Post- und Follow-Up-Test beobachtet werden. Dies könnte ein Hinweis auf das langfristige Behalten des neu erlernten fachdidaktischen Wissens bezüglich der Planung von selbstgesteuerten Experimenten sein.

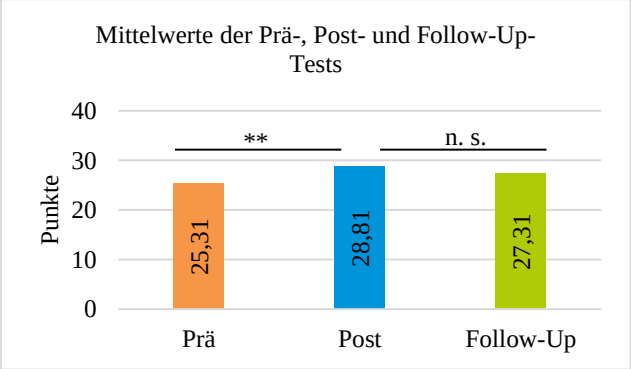


Abb. 2: Mittelwerte der Prä-, Post- und Follow-Up-Tests

Ausblick

Zum Abschluss des Projekts erfolgt eine Validierung des Messinstruments anhand des fachdidaktischen Test von Backes, Sumfleth und Tepner (2012) im Rahmen eines Studierendenseminars, welches ebenfalls die Planungskompetenz der Teilnehmenden hinsichtlich selbstgesteuerter Experimente schulen soll.

Literatur

Backes, A., Sumfleth, E. & Tepner, O. (2012). *Test zum experimentell-fachdidaktischen Wissen von Chemielehrkräften*. unveröffentlicht, Essen.

Baur, A. & Emden, M. (2020). How to open inquiry teaching? An alternative teaching scaffold to foster students' inquiry skills. *Chemistry Teacher International*. https://doi.org/10.1515/cti-2019-0013

Bell, R. L., Smetana, L. & Binns, I. (2005). Simplifying inquiry instruction. *The Science Teacher*, *72*(7), 30–33.

Bell, T., Urhahne, D., Schanze, S. & Ploetzner, R. (2010). Collaborative Inquiry Learning: Models, tools, and challenges. *International Journal of Science Education*, *32*(3), 349–377.

Blanchard, M. R., Southerland, S. A., Osborne, J. W., Sampson, V. D., Annetta, L. A. & Granger, E. M. (2010). Is inquiry possible in light of accountability? A quantitative comparison of the relative effectiveness of guided inquiry and verification laboratory instruction. *Science Education*, *94*(4), 577–616. https://doi.org/10.1002/sce.20390

Bunterm, T., Lee, K., Ng Lan Kong, J., Srikoon, S., Vangpoomyai, P., Rattanavongsa, J. et al. (2014). Do Different Levels of Inquiry Lead to Different Learning Outcomes? A comparison between guided and structured inquiry. *International Journal of Science Education*, *36*(12), 1937–1959. https://doi.org/10.1080/09500693.2014.886347

Carlson, J. & Daehler, K. (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* (77-92). Singapore: Springer Singapore.

Chinn, C. A. & Malhotra, B. A. (2002). Epistemologically authentic inquiry in schools: A theoretical framework for evaluating inquiry tasks. *Science Education*, *86*(2), 175–218. https://doi.org/10.1002/sce.10001

Cuevas, P., Lee, O., Hart, J. & Deaktor, R. (2005). Improving science inquiry with elementary students of diverse backgrounds. *Journal of Research in Science Teaching*, *42*(3), 337–357. https://doi.org/10.1002/tea.20053

Deters, K. (2004). Inquiry in the Chemistry Classroom. Tips for implementing inquiry-based chemistry labs. *The Science Teacher*, *71*(10). Zugriff am 04.08.2020.

Deters, K. (2005). Student Opinions Regarding Inquiry-Based Labs. *Journal of Chemical Education*, *82*(8), 1178. https://doi.org/10.1021/ed082p1178

Fitzgerald, M., Danaia, L. & McKinnon, D. H. (2019). Correction to: Barriers Inhibiting Inquiry-Based Science Teaching and Potential Solutions: Perceptions of Positively Inclined Early Adopters. *Research in Science Education*, *49*(2), 567. https://doi.org/10.1007/s11165-018-9812-x

Kipnis, M. & Hofstein, A. (2008). The Inquiry Laboratory as a Source of Development of Metacognitive Skills. *International Journal of Science and Mathematics Education*, *6*(3), 601–627.

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/s15326985ep4102_1

KMK. (2005). *Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10). Beschluss vom 16.12.2004* (Beschlüsse der Kultusministerkonferenz). München: Wolters Kluwer.

KMK. (2020). *Bildungsstandards im Fach Chemie für die Allgemeine Hochschulreife. Beschluss vom 18.06.2020*.

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. https://doi.org/10.1002/tea.20347

Newman, W. J., Abell, S. K., Hubbard, P. D., McDonald, J., Otaala, J. & Martini, M. (2004). Dilemmas of Teaching Inquiry in Elementary Science Methods. *Journal of Science Teacher Education*, *15*(4), 257–279. https://doi.org/10.1023/B:JSTE.0000048330.07586.d6

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. https://doi.org/10.1080/03057267.2016.1206351

Roth, K. J., Druker, S. L., Garnier, H. E., Lemmens, M., Chen, C., Kawanaka, T. et al. (2006). *Teaching Science in Five Countries: Results From the TIMSS 1999 Video Study Statistical Analysis Report (NCES 2006-011)*. Washington, DC: U.S. Department of Education, National Center for Education Statistics.

Sadeh, I. & Zion, M. (2009). The development of dynamic inquiry performances within an open inquiry setting: A comparison to guided inquiry setting. *Journal of Research in Science Teaching*, *46*(10), 1137–1160. https://doi.org/10.1002/tea.20310

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). Münster: Waxmann.

Seidel, T., Prenzel, M., Rimmele, R., Dalehefte, I. M., Herweg, C., Kobarg, M. et al. (2006). Blicke auf den Physikunterricht. Ergebnisse der IPN Videostudie. *Zeitschrift für Pädagogik*, *52*(6), 799–821.

Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung. (2020, 24. Mai). *LehrplanPLUS - Gymnasium - 8 - Chemie - Fachlehrpläne*. Zugriff am 24.05.2020. Verfügbar unter https://www.lehrplanplus.bayern.de/fachlehrplan/gymnasium/8/chemie

Tesch, M. & Duit, R. (2004). Experimentieren im Physikunterricht – Ergebnisse einer Videostudie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *10*, 51–69.

Anita Stender Universität Duisburg-Essen

Lehr-Lern-Labor BinEx: Konzeption und Evaluation eines Lehr-Lern-Labor-Seminars zum binnendifferenzierenden Experimentieren

Theoretischer Hintergrund

Die Individuelle Förderung von Schülerinnen und Schülern entsprechend ihrer Begabungen und Möglichkeiten ist eine prominente Forderung (§1 des Schulgesetzes für das Land NRW, §4 Niedersächsisches Schulgesetz, usw.). Das Ziel der individuellen Förderung sollte dabei in der Passung zwischen individueller Lernausgangslage und Lernangebot liegen (Wischer, 2008). Lehrpersonen können zwischen vielfältigen Maßnahmen wählen (vgl. Boller et al., 2010). Diese sind aber oftmals nicht an die Bedürfnisse und Herausforderungen eines spezifischen Faches angepasst. So stößt zum Beispiel die Maßnahme von binnendifferenzierenden (Experimentier-)Aufgaben an ihre Grenzen, wenn alle Schülerinnen und Schüler in den Naturwissenschaften dieselben Experimentiermaterialien - mit ihren spezifischen Anforderungen - zur Bearbeitung einer Aufgabenstellung erhalten. Bei der gegebenen Dominanz experimenteller Aufgabenanteile im naturwissenschaftlichen Unterricht (z.B. Börlin, 2012) wäre es für die Teilhabe aller Lernenden konsequent, auch das Experimentiermaterial an die individuellen Lernausgangslagen anzupassen.

Um angehende Lehrpersonen bei der Anpassung des Experimentiermaterials zu unterstützen hat Boyer, Stender und Härtig (2019) ein Literaturreview durchgeführt und einen Merkmalskatalog zusammengestellt, anhand dessen die Schwierigkeit eines Experimentes eingeschätzt werden kann. In den entwickelten Merkmalskatalog sind verschiedene empirische und theoretische Ansätze eingeflossen (z.B. Arnold, Kremer, and Mayer, 2014); Bergey, Ketelhut, Liang, Natarajan, & Karakus, 2015; Gut-Glanzmann, 2012; Mulder, Lazonder, & Jong, 2010; Nehring, Nowak, Belzen, & Tiemann, 2015; Scherer & Tiemann, 2012; Vollmeyer & Rheinberg, 1999). Inwieweit die theoretisch abgeleiteten Merkmale auch von Lehrpersonen für das Fach Physik bei Einschätzungen für die Schwierigkeit von Experimentiermaterial herangezogen werden, wurde im Rahmen einer Online-Erhebung erfasst (Boyer et al., 2019). Eine Reanalyse dieser Daten zeigt, dass Physik-Lehrpersonen nicht nur die theoretisch angenommenen materialspezifischen Merkmale, sondern auch schülerspezifische Merkmale, wie z.B. die mathematischen Fähigkeiten ihrer Schülerinnen und Schüler, nennen. Lehrpersonen scheinen durch Praxiserfahrungen Bewertungsschemata zur Einschätzung der Schwierigkeit von Experimentiermaterial zu entwickeln, die den Merkmalskatalog ergänzen. Die Entwicklung dieser Bewertungsschemata kann mit Hilfe des Transformationsmodells der Unterrichtsplanung erklärt werden (Stender & Brückmann, 2020).

Das Transformationsmodell der Unterrichtsplanung

Zentrale Annahme des Transformationsmodells der Unterrichtsplanung ist, dass angehende Lehrpersonen zunächst in Grundlagenvorlesungen theoretisches fachdidaktisches Wissen (cPCK) erwerben. Auf Basis des cPCKs treffen sie Entscheidungen während der Unterrichtsplanung. Vermittelt man Studierende zum Beispiel, dass sie zur Vereinfachung

eines Experimentes darauf achten sollen, dass die Experimente nur wenige Lösungswege zulassen, so werden sie zunächst die Experimente hinsichtlich dieses Merkmales einschätzen. Durch Entscheidungsprozesse während der Unterrichtsplanung und abschließende Reflexionsprozesse über die Konsequenzen der Entscheidung verändert sich das theoretische fachdidaktische Wissen. Erfolgreiche theoretische Ansätze werden verstärkt und ins persönliche fachdidaktische Wissen (pPCK) übernommen. Wohingegen nicht erfolgreiche theoretische Ansätze angepasst bzw. verworfen werden. Stellen angehende Lehrpersonen zum Beispiel in ihrem eigenen Unterricht fest, dass ihre Schülerinnen und Schüler mit weniger gelenkten Experimenten bessere Lernergebnisse erzielen, so werden sie nachfolgend das Merkmal 'Anzahl der Lösungswege' in Abhängigkeit der Lernvoraussetzungen bewerten. Ihr pPCK erweitert sich durch die Erfahrung. Kognitionspsychologisch betrachtet entwickeln Lehrpersonen so durch Planungs- und Reflexionsprozesse Bewertungsschemata z.B. zur Einschätzung der Schwierigkeit von Experimentiermaterialien (Pfister et al., 2017).

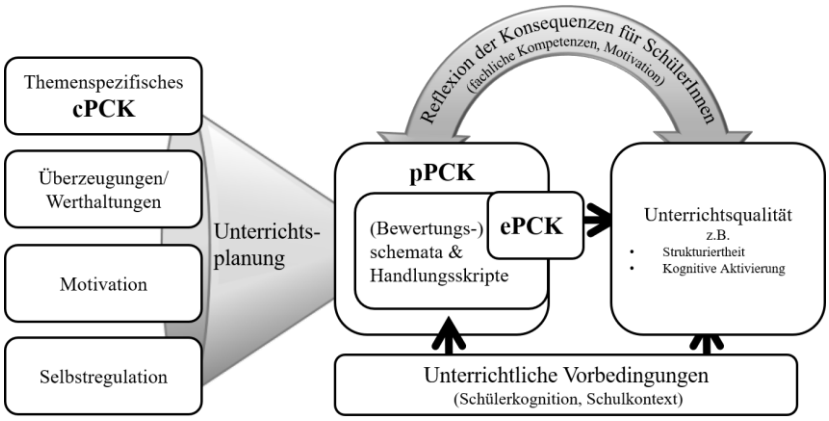


Abbildung 2: Das Transformationsmodell der Unterrichtsplanung übersetzt aus Stender & Brückmann, 2020

Lehr-Lern-Labore

Als eine Lerngelegenheit zur intensiven Anwendung von cPCK bei Planungs- und Reflexionsprozessen gelten Lehr-Lern-Labore. In Lehr-Lern-Laboren sollen die Studierenden in komplexitätsreduzierten Unterrichtssituationen Handlungskompetenzen erwerben bzw. weiterentwickeln (Brüning, Käpnick, Weusmann, Köster, & Nordmeier, 2020). Dabei soll das forschende Lernen von Studierenden zu fachdidaktischen Inhalten und eine theoriebasierte Reflexion der Lehr-Lern-Aktivitäten im Fokus stehen (ebd.). Inwieweit Lehr-Lern-Labore eine gute Lerngelegenheit für die Entwicklung von Bewertungsschemata auf Basis des cPCKs darstellen, wird im Rahmen des Projektes mit folgender Fragestellung untersucht:

Inwieweit wird die Entwicklung von Bewertungsschemata zur Einschätzung der Schwierigkeit von Experimentiermaterial durch ein Lehr-Lern-Labor Seminar gefördert?

Methodisches Vorgehen

Zur Förderung des beschriebenen Professionalisierungsprozesses angehender Lehrpersonen wird ein Seminar für die Masterstudiengänge der Physik-Lehrämter HRSGe und GyGe konzipiert das Praxiserfahrungen in einem Lehr-Lern-Labor an der Universität Duisburg-Essen ermöglicht.

Geplanter Ablauf und Evaluation des Lehr-Lern-Labors

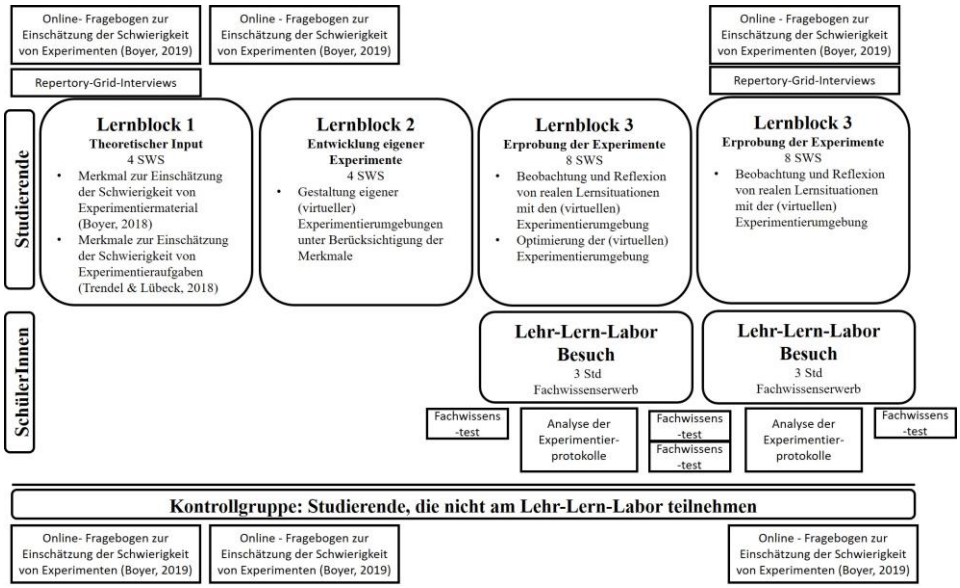


Abbildung 3: Geplanter Ablauf des Lehr-Lern-Labors

In den Lernblöcken erhalten die Studierenden zunächst einen theoretischen Input über Merkmale zur Einschätzung der Schwierigkeit von Experimentieraufgaben und Experimentiermaterialien. Sie wenden diese Merkmale theoretisch an Beispielen an (Lernblock 1) und lassen sie in die Entwicklung eigener Experimente einfließen (Lernblock 2). Die entwickelten Experimente sollen dann an zwei Labortagen im Lehr-Lern-Labor (Lernblock 3 und 4) erprobt, die aufgetretenen Schwierigkeiten reflektiert und die Experimente optimiert werden. Inwieweit sich die Bewertungsschemata verändern, wird quantitativ mit Hilfe einer Adaption des Online-Fragebogens von Boyer (2019) erfasst. Hierzu wird dieser sowohl vor als nach dem ersten Lernblock sowie am Ende des Besuchs des Lehr-Lern-Labors eingesetzt.

Literatur

Arnold, J., Kremer, K., & Mayer, J. (2014). Schüler als Forscher: Experimentieren kompetenzorientiert unterrichten und beurteilen. *MNU*, *67*(2), 83–91.

Bergey, B. W., Ketelhut, D. J., Liang, S., Natarajan, U., & Karakus, M. (2015). Scientific Inquiry Self-Efficacy and Computer Game Self-Efficacy as Predictors and Outcomes of Middle School Boys' and Girls' Performance in a Science Assessment in a Virtual Environment. *Journal of Science Education and Technology*, *24*(5), 696–708. https://doi.org/10.1007/s10956-015-9558-4

Boller, S., Lau, R., & Bathe, S. (Hrsg.). (2010). *Beltz Pädagogik*. *Innere Differenzierung in der Sekundarstufe II: Ein Praxishandbuch für Lehrer/innen*. Weinheim: Beltz.

Boyer, L., Stender, A., & Härtig, H. (2019). Schwierigkeit von Experimenten - Eine Lehrerbefragung. 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. 309–312). Universität Regensburg.

Börlin, J. (2012). *Das Experiment als Lerngelegenheit: Vom interkulturellen Vergleich des Physikunterrichts zu Merkmalen seiner Qualität*. Berlin: Logos-Verlag.

Brüning, A.-K., Käpnick, F., Weusmann, B., Köster, H., & Nordmeier, V. (2020). Lehr-Lern-Labore im MINT-Bereich – eine konzeptionelle Einordnung und empirischkonstruktive Begriffskennzeichnung. In B. Priemer & J. Roth (Hrsg.), *Lehr-Lern-Labore* (S. 13–26). Berlin: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-58913-7_2

Gut-Glanzmann, C. (2012). *Modellierung und Messung experimenteller Kompetenz*. Universität Basel, Basel.

Mulder, Y. G., Lazonder, A. W., & Jong, T. de (2010). Finding Out How They Find It Out: An empirical analysis of inquiry learners' need for support. *International Journal of Science Education*, *32*(15), 2033–2053. https://doi.org/10.1080/09500690903289993

Nehring, A., Nowak, K. H., Belzen, A. U. zu, & Tiemann, R. (2015). Predicting Students' Skills in the Context of Scientific Inquiry with Cognitive, Motivational, and Sociodemographic Variables. *International Journal of Science Education*, *37*(9), 1343–1363. https://doi.org/10.1080/09500693.2015.1035358

Pfister, H.-R., Jungermann, H., & Fischer, K. (2017). *Die Psychologie der Entscheidung: Eine Einführung*. Berlin: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-53038-2

Scherer, R., & Tiemann, R. (2012). Factors of problem-solving competency in a virtual chemistry environment: The role of metacognitive knowledge about strategies. *Computers & Education*, *59*(4), 1199–1214. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.05.020

Shavelson, R. J. (1986). Toma de decision interactiva: algunas reflexiones sobre los procesos cognoscitivos de los profesores [Interactive decision making: Some thoughts on teacher cognition]. In Angulo L.M.V. (Ed.), *Pensiamentos de los profesores y toma de* decisions (S. 164–184). Servicio de Publicaciones.

Stender, A., & Brückmann, M. (2020). Processes of Knowledge Integration between Realms of Pedagogical Content Knowledge and how to capture them. In T. Lehmann (Hrsg.), *International Perspectives on Knowledge Integration: Theory, Research, and Good Practice in Pre-service and Higher Education*.

Vollmeyer, R., & Rheinberg, F. (1999). Motivation and metacognition when learning a complex system. *European Journal of Psychology of Education*, *14*(4), 541–554. https://doi.org/10.1007/BF03172978

Wischer, B. (2008). Binnendifferenzierung ist ein Wort für das schlechte Gewissen des Lehrers! *Erziehung und Unterricht*, *158*(9-10), 714–722.

Sven Sachtleber[1]
Jan Winkelmann[1]

[1]Goethe-Universität Frankfurt

Digitale Lerngelegenheiten in der Astronomie mit Universe Sandbox

In den Schulcurricula der Physik kommt der Astronomie eine untergeordnete Rolle zu (Mirna, 2012). Gleichzeitig ist eine Auseinandersetzung mit astronomischen Themen bei Schüler*innen häufig mit großem Interesse verbunden (Holstermann & Bögeholz, 2007). Dieses allgemeine Grundinteresse an Phänomenen der Astronomie soll hier genutzt werden, um Schüler*innen für eine vertiefende Betrachtung von Phänomenen der Mechanik, genauer der Kreisbewegungen, zu begeistern. Innerhalb des Förderrahmens „Digital gestütztes Lehren und Lernen in Hessen“ (DigLL) liegt ein zweiter Schwerpunkt des vorgestellten Projekts auf der gewinnbringenden Einbindung digitaler Medien in den Physikunterricht anhand des SAMR-Modells (Puentedura, 2006). Als digitales Medium dient im Folgenden die Simulation „Universe Sandbox“, deren didaktischer Mehrwert von uns in der dynamischen Modellierung (astronomischer) Kreisbewegungen gesehen wird.

Theoretischer Hintergrund

Im Allgemeinen gilt die Physik unter Schüler*innen als unbeliebtes Fach (Benneth & Hogarth, 2009; Strömmer & Winkelmann, 2020). Als ein wesentlicher Grund hierfür wird der hohe Schwierigkeitsgrad angenommen, dessen Erzeugung sich Studien zufolge (z.B. Merzyn, 2008) durch vier wesentliche Bereiche erklären lässt: Die Notwendigkeit von Fachsprache, Mathematisierung, Modellierung, sowie einem häufig fehlenden Alltagsbezug. Ganz im Gegensatz zur Physik als Schulfach im Ganzen erfreut sich der Themenbereich der Astronomie bei Schüler*innen eines großen allgemeinen Grundinteresses (Holstermann & Bögeholz, 2007). Es erscheint daher naheliegend, die Astronomie als interessanten Kontext für andere Bereiche der Physik, etwa der Mechanik, heranzuziehen. Als weiteres Instrument zur Förderung des Interesses am Physikunterricht soll die Einbindung digitaler Medien verwendet werden. Für die zielgerichtete und sinnvolle Integration digitaler Medien in den Fachunterricht entwickelte Puentedura (2006) ein Stufenschema, das sogenannte SAMR-Modell. SAMR ist ein Akronym und steht für vier Stufen der Integration digitaler Medien in den Fachunterricht. S steht dabei für Substitution (Ersetzen), was die unterste Stufe der Nützlichkeit darstellt. A steht für Augmentation (Erweiterung). M steht für Modification (Änderung) und R für Redefinition (Neubelegung). Insgesamt entwickelt sich entlang des Schemas die Nützlichkeit digitalen Medieneinsatzes von einer Verbesserung vorhandener Medien hin zu einer vollständigen Umgestaltung von Lerngelegenheiten. Komplexe Simulationen sollten durch deren dynamische Modellierung (Kircher & Girwidz, 2010) entsprechend des SAMR-Modells einen hohen Nutzen durch die Integration digitaler Medien im Unterricht ermöglichen, da Schüler*innen hier eigenständig ausprobieren, erkunden und entdecken können. Es werden neuartige Auseinandersetzungen mit dem Lerngegenstand realisiert, die mit analogen Medien so bisher nicht möglich waren.

Eine Unterrichtseinheit mit „Universe Sandbox“

Die Unterrichtseinheit wurde für Schüler*innen der Sekundarstufe I entworfen, besonders für den Bereich der Haupt- und Realschule. Der Einsatz empfiehlt sich, wenn Vorkenntnisse im

Bereich der Mechanik hinsichtlich eines adäquaten Kraftkonzepts, verbunden mit den Wirkungen von Kräften, sowie allgemeiner Bewegungsbeschreibungen vorhanden sind. Die Unterrichtseinheit soll drei zentrale Schwerpunkte zusammenführen. Zum einen ist dies der Kontext Astronomie. Des Weiteren soll sie zur Beschäftigung mit vertiefenden Themen der klassischen Mechanik als Lerngegenstand anregen. Hier sollen insbesondere das zweite Newtonsche Axiom sowie Kreisbewegungen im Fokus stehen. Der dritte Schwerpunkt ist die Verwendung des digitalen Mediums Universe Sandbox, welches als dynamische Modellierung das eigenständige Entdecken fördern soll, und entsprechend dem SAMR Modell eine neuartige Auseinandersetzung mit den Gesetzen der Physik ermöglichen soll. Nachfolgend wird der in der Auseinandersetzung mit der Simulation Universe Sandbox stattfindende Teil der Unterrichtsreihe skizziert.

Zunächst sollen die Schüler*innen Universe Sandbox kennen lernen und sich langsam mit der Benutzerumgebung vertraut machen. Das Programm bietet dazu ein vorinstalliertes Tutorial an, welches in die wesentlichen Funktionen einführt. Zudem werden die Variationsmöglichkeiten innerhalb der Simulation durch die Anwender*innen anhand spektakulärer Versuche aufgezeigt, wie beispielsweise einem Crash des Mondes mit der Erde, wenn die Anziehungskraft der Erde durch Erhöhung ihrer Masse verändert wird. Diese Art der Interaktion mit der Lernumgebung wird erst durch die dynamische Modellierung innerhalb der Simulation ermöglicht und stellt einen entscheidenden Vorteil gegenüber der Verwendung klassischer Unterrichtsmedien dar.

Darauf folgend sollen Zusammenhänge zwischen den Größen Kraft, Masse und Beschleunigung von den Schüler*innen durch angeleitetes Experimentieren in Universe Sandbox eigenständig entdeckt werden. Im Zentrum dieses angeleiteten Experimentierens steht eine spielerische Auseinandersetzung unter dem Motto „Asteroiden fangen leicht gemacht!“. Bei diesem Spiel sollen Schüler*innen im pair-programming, also als Zweierteam, einen Asteroiden oder Mond, so in Richtung der Erde, Sonne, oder eines anderen größeren Himmelskörpers abfeuern, dass dieser in dessen Umlaufbahn eintritt. Die Simulation kann nach dem „Abfeuern“ des Asteroiden oder Mondes jederzeit angehalten werden und die Masse oder Geschwindigkeit des bewegten Himmelskörpers verändert werden. Die Änderungen werden nach Wiederaufnahme der Simulation sofort anhand einer berechneten Linie angezeigt, die die Bewegung des Körpers aufgrund seiner aktuellen Trajektorie prognostiziert. Um den Asteroiden schließlich in eine Umlaufbahn zu bringen, ist einige Feinarbeit von Nöten. Diese hoch dynamische Interaktion mit der simulierten Realität und dem jeweils unmittelbaren Feedback zur vorgenommenen Änderung durch das Programm ermöglicht eine Lerngelegenheit, die mit klassischen Unterrichtsmedien nicht möglich wäre. Wünschenswert ist die Entstehung eines Wettkampfcharakters zur kognitiven Aktivierung, der die Schüler*innen intrinsisch motiviert, die „time on task“ hochzuhalten. Die Durchführung im pair-programming soll als Aspekt kooperativen Arbeitens ebenfalls motivationsfördernd wirken, da jeder Schüler und jede Schülerin Verantwortung für seinen/ihren Partner trägt. Am Ende werden vermutlich verschiedene Teams unterschiedliche Himmelskörper in unterschiedliche Umlaufbahnen gebracht haben. Die Schüler*innen sollen ihre Ergebnisse im Plenum vergleichen. Ggf. wird durch die Lehrkraft darauf hingewiesen werden, dass die Ergebnisse sehr unterschiedlich sind, so dass zu klären ist, welches Ergebnis „richtig“ ist. Die jeweiligen Beobachtungen werden in einer Tabelle als Klassenergebnis notiert und stellen den Ausgangspunkt für den nächsten Abschnitt dar, in dem es darum geht, mithilfe der

identifizierten Kreisbahnen Phänomene wie die Dauer eines Monats, das Zustandekommen von Mondphasen oder auch die Entstehung von Jahreszeiten näher zu untersuchen.

Ausblick

Unter der Hypothese, dass sich dynamische Modellierungen besonders gut zur Integration digitaler Medien in den Physikunterricht eignen, soll die Unterrichtseinheit weiterentwickelt und in Schulklassen der Sekundarstufe I erprobt werden. Die Wirkung des Unterrichts soll anhand verschiedener Variablen getestet werden (Entwicklung fachlicher Konzepte der Mechanik, Interesse und Motivation an Physik). Zudem sollen Einflüsse des als interessant vermuteten Kontextes Astronomie auf das Lernen von Mechanik untersucht werden.

Literatur

Angell, C., Guttersrud, Ø., Henriksen, E. K., & Isnes, A. (2004). Physics: Frightful, But Fun. Pupils' and Teachers' Views of Physics and Physics Teaching. Wiley Periodicals Sci Ed, 88, 683-706

Bennett, J. & Hogarth, S. (2009). Would YOU Want to Talk to a Scientist at a Party? High School Students' Attitudes to School Science and to Science. Science Education, 31, 1975-1998

Holstermann, N. & Bögeholz, S. (2007). Interesse von Jungen und Mädchen an naturwissenschaftlichen Themen am Ende der Sekundarstufe I. ZfDN (13), S. 71-86

Kircher & Girwidz (2010). Physikdidaktik: Theorie und Praxis, Berlin, Heidelberg: Springer

Merzyn, G. (2008). Naturwissenschaften, Mathematik, Technik – immer unbeliebter? Die Konkurrenz von Schulfächern um das Interesse der Jugend im Spiegel vielfältiger Untersuchungen. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren, 5–96.

Mirna, S. (2012). Astronomie als Unterrichtsgegenstand. Diplomarbeit: Universität Wien

Puentedura, R. R. (2006). Transformation, Technology, and Education. Abgerufen von http://www.hippasus.com/resources/tte/

Strömmer, T. & Winkelmann, J. (2020). Charakteristische Merkmale von Physikunterricht – Wirkung auf (Un-)Beliebtheit, Interesse und Schwierigkeit. In H. Grötzebauch & V. Nordmeier (Hrsg.), PhyDid B – Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung des Fachverbands Didaktik der Physik in Bonn 2020. S. 219-226.

Rike Große-Heilmann[1]
Josef Riese[1]

[1]RWTH Aachen University

Erwerb physikdidaktischen Wissens zum Einsatz digitaler Medien im Physikunterricht

Die zunehmende Bedeutung digitaler Medien im Unterricht verlangt eine Förderung der medienbezogenen Kompetenzen in der fachspezifischen Lehrerbildung für alle Fächer (vgl. Kultusministerkonferenz, 2016). Insofern ist die Bereitstellung entsprechender fachdidaktischer Lerngelegenheiten in der universitären Lehramtsausbildung sowie deren Evaluation in Bezug auf die Professionalisierung der Lehramtsstudierenden von großer Bedeutung. Zur Förderung solcher technologiebezogenen fachdidaktischen Kompetenzen in der Lehrerbildung sind insbesondere Veranstaltungen, die Theorie und Praxis verknüpfen, und praktische Erprobungen hilfreich (vgl. Schmid, Krannich & Petko, 2020). Daher soll ein bestehendes physikdidaktisches Lehr-Lern-Seminar, in welchem die Studierenden in einem komplexreduzierten Rahmen erste Lehrversuche unternehmen, im Hinblick auf den Einsatz digitaler Medien im Physikunterricht weiterentwickelt und evaluiert werden. Das Seminar ist Teil eines Projekts, welches im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung" von Bund und Ländern aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert wird. Neben der Bereitstellung dieser Lehr-Lern-Gelegenheit und der Erweiterung zum Einsatz digitaler Medien ist außerdem die Evaluation dieser Angebote von Bedeutung für das Projekt. Daher wird zur Überprüfung des fachdidaktischen Kompetenzerwerbs in der Lehrveranstaltung ein physikdidaktisches Testinventar um die Facette „digitale Medien" erweitert.

Theoretischer Hintergrund

Fachdidaktisches Wissen stellt neben Fachwissen und pädagogischem Wissen ein wesentliches Konstrukt der Forschung in der Lehrbildung dar. Für das Fach Physik entwickelten Gramzow, Riese & Reinhold (2013) eine Modellierung des fachdidaktischen Wissens als Teil des Professionswissens, die dem Wissensbereich acht verschiedene Facetten zuschreibt (s. Abb. 1).

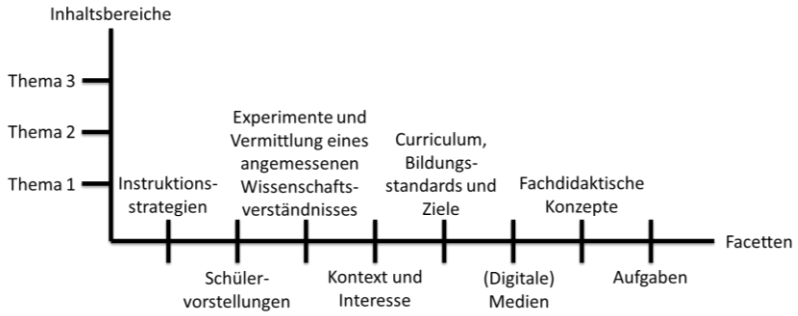


Abb. 1: Modellierung des fachdidaktischen Wissens in Physik nach Gramzow, Riese & Reinhold (2013)

Auf dieser Grundlage wurde ein Testinstrument zum physikdidaktischen Wissen entwickelt und erprobt, welches bereits die vier Facetten *Instruktionsstrategien, Schülervorstellungen, Experimente* und *fachdidaktische Konzepte* abdeckt (vgl. Riese, Gramzow & Reinhold, 2017). Die Facette (digitale) Medien wurde bisher nicht operationalisiert. Sie stellt das fachdidaktische medienbezogene Wissen dar, ähnlich wie im TPACK-Modell nach Mishra & Koehler (2006) das technologische pädagogische Inhaltswissen (TPCK). Anders als im TPACK-Modell wird die Facette in der vorliegenden Modellierung jedoch als Teil des fachdidaktischen Wissens verstanden (s. Abb. 1).
Wichtige Aspekte für diese Facette sind zum einen das Wissen von Möglichkeiten und Anforderungen bei der Mediennutzung (vgl. Großmann & Hertel, 2014) sowie das Wissen über Merkmale von Multimedia aus lerntheoretischer Sicht (vgl. Großmann & Hertel 2014; Girwidz, 2020b). Weiterhin zählt die inhaltsspezifische angemessene Nutzung von Medien zu dieser Facette (vgl. Großmann & Hertel, 2014), worunter speziell für den Physikunterricht zum Beispiel die Möglichkeit der Erfahrungserweiterung durch Medien bei physikalischen Sachverhalten ohne direkte Zugangsmöglichkeit (vgl. Wiesner, Schecker & Hopf, 2011) fällt. Aus fachdidaktischer Perspektive geht es bei der Mediennutzung um die Adressierung fachlicher Bildungsanliegen durch fachspezifische bzw. -typische Medien, welche an fachlichen Lernzielen sowie Denk- und Arbeitsweisen des Fachs orientiert gestaltet sind (vgl. Ropohl, Härtig, Kampschulte, Lindmeier, Ostermann & Schwanewedel, 2018). Für das Fach Physik zählen dazu beispielweise Simulationen und Modellbildungsprogramme, digitale Messwerterfassungssysteme, Programme zur Aufbereitung und Auswertung von Daten (vgl. Girwidz, 2020b), digitale Medien zur Unterstützung, Darstellung, Modellierung oder Fernsteuerung von Experimenten (vgl. Girwidz, 2020a) sowie Erklärvideos zu physikalischen Inhalten. Des Weiteren sollte Wissen über Einsatzszenarien für e-Learning, Blended Learning und Flipped Classroom im Physikunterricht sowie für kollaborative und interaktive Programme des Web 2.0 zum computer- und internetgestützten Lernen und als neue Kommunikations- und Kooperationsformen vorhanden sein (vgl. Großmann & Hertel, 2014; Girwidz, 2020b). Außerdem wird das Wissen über den Einsatz von Medien zur Differenzierung dieser Facette zugeordnet (vgl. Hillmayr, Reinhold, Ziernwald & Reiss, 2017), wie beispielsweise Arbeitsblätter zur Individualisierung im Physikunterricht (vgl. Wiesner, Schecker & Hopf, 2011).

Erweiterung eines Lehr-Lern-Seminars um den Einsatz digitaler Medien

Um der Notwendigkeit fachdidaktischer Lerngelegenheiten zum Einsatz digitaler Medien in der universitären Lehramtsausbildung nachzukommen, wird im Rahmen dieses Projektes an der RWTH Aachen ein bestehendes Lehr-Lern-Seminar für Masterstudierende des Lehramts Physik diesbezüglich weiterentwickelt und evaluiert. Das Lehr-Lern-Seminar verfolgt zunächst das Ziel, den Studierenden erste Praxiserfahrungen in komplexreduzierten Unterrichtssituationen zu ermöglichen, bevor sie im darauffolgenden Semester ein fünfmonatiges Praxissemester absolvieren. Im Lehr-Lern-Seminar entwickeln sie eine Unterrichtseinheit unter Nutzung von Lernzirkeln und erproben diese am Lernort Schule. Die Studierenden erhalten im Seminar und bei der Erprobung in der Schule aus verschiedenen Perspektiven (Mitstudierende, Schülerinnen und Schüler, betreuende Lehrkraft und Seminardozentin) lernwirksames Feedback zu ihren entwickelten Einheiten und ihrem Auftreten als Lehrkraft.
Neben fachdidaktischen Inhalten werden im Lehr-Lern-Seminar mit der Weiterentwicklung zur Nutzung digitaler Medien weiterhin grundlegende Konzepte zu Medien und Multimedia

sowie für den Physikunterricht relevante Medien wie Experimente, Arbeitsblätter, Simulationen, Experimentier-Apps und Erklärvideos thematisiert. Auf dieser Grundlage entwickeln die Studierenden analoge und digitale Experimentierstationen für ihre Lernzirkel. Weiterhin wählen sie aus dem Internet ein inhaltlich passendes und insbesondere fachdidaktisch geeignetes Erklärvideo für ihre Unterrichtseinheit aus.
Ab dem Studienjahr 2021/2022 werden wesentliche Kernelemente des Lehr-Lern-Seminars mit kooperierenden Universitäten (Universität Graz und Universität Tübingen) abgestimmt, welche ebenfalls physikdidaktische Lerngelegenheiten zum Einsatz digitaler Medien im Physikunterricht anbieten. Zur Evaluation dieser Lehrveranstaltungen an den drei Standorten wird der physikdidaktische Lernzuwachs durch ein um die Facette (digitale) Medien erweitertes Testinstrument zum physikdidaktischen Wissen nach Riese, Gramzow & Reinhold (2017) untersucht.

Ziele, aktueller Stand und Ausblick

Ein erstes Ziel stellt die Modellierung der Facette (digitale) Medien des physikdidaktischen Wissens dar. Diese erfolgte bereits weitestgehend auf Grundlage physikdidaktischer und durch Adaption allgemeindidaktischer Literatur zum Medieneinsatz sowie Befragungen der kooperierenden Physikdidaktiker. Wenige noch zu diskutierende Aspekte werden im gemeinsamen Austausch final abgestimmt. Weiterhin wurde die Weiterentwicklung des Lehr-Lern-Seminars zum Einsatz digitaler Medien vorgenommen, welches ab dem Wintersemester 2020/21 jährlich angeboten und gegebenenfalls durch die Abstimmung der Kernelemente mit den Kooperationspartnern in den darauffolgenden zwei Durchgängen erneut überarbeitet wird. Anknüpfend an die Modellierung der Facette sollen als zukünftiges Ziel zugehörige Testaufgaben zum physikdidaktischen Wissen entwickelt und erprobt werden. Das weiterentwickelte Instrument soll im Prä-Post-Einsatz der Untersuchung des Lernzuwachses im Lehr-Lern-Seminar und den Lehrveranstaltungen der kooperierenden Universitäten dienen.

Hinweis

Das Projekt „Gemeinsam verschieden sein in einer digitalen Welt – Lehrerbildung an der RWTH Aachen (LeBiAC)“ wird im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert (FKZ: 01JA1813).

Literatur

Girwidz, R. (2020a). Experimente im Physikunterricht. In: E. Kircher, R. Girwidz & H. E. Fischer (Hrsg.): Physikdidaktik. Grundlagen. 4. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum, S. 263–291.

Girwidz, R. (2020b). Multimedia und digitale Medien im Physikunterricht. In: E. Kircher, R. Girwidz & H. E. Fischer (Hrsg.): Physikdidaktik. Grundlagen. 4. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum, S. 457–527.

Gramzow, Y., Riese, J., Reinhold, P. (2013). Modellierung fachdidaktischen Wissens angehender Physiklehrkräfte. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 19, 7–30.

Großmann, S. & Hertel, I. (2014). Zur fachlichen und fachdidaktischen Ausbildung für das Lehramt Physik: Deutsche Physikalische Gesellschaft eV.

Herzig, B. (2014). Wie wirksam sind digitale Medien im Unterricht. Gütersloh: Bertelsmann Stiftung. https://www.bertelsmann-stiftung.de/de/publikationen/publikation/did/wie-wirksam-sind-digitale-im-unterricht/ (25.10.2020)

Hillmayr, D., Reinhold, F., Ziernwald, L. & Reiss, K. (2017). Digitale Medien im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht der Sekundarstufe. Einsatzmöglichkeiten, Umsetzung und Wirksamkeit. Münster: Waxmann. https://www.waxmann.com/?eID=texte&pdf=3766Volltext.pdf&typ=zusatztext. (25.10.2020)

Kultusministerkonferenz (2016). 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 (25.10.2020)

Mishra, P. & Koehler, M. J. (2006). Technological Pedagogical Content Knowledge: A framework for teacher Knowledge. Teachers college record, 108(6), 1017–1054.

Riese, J., Gramzow, Y. & Reinhold, P. (2017). Die Messung fachdidaktischen Wissens von Anfängern und Fortgeschrittenen im Lehramtsstudiengang Physik. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 23, 99-112.

Ropohl, M., Härtig, H., Kampschulte, L., Lindmeier, A., Ostermann, A. & Schwanewedel, J. (2018). Planungsbereiche für Medieneinsatz im Fachunterricht. MNU, 71(3), 148–155.

Schmid, M., Krannich, M., Petko, D. (2020). Technological Pedagogical Content Knowledge. Entwicklungen und Implikationen. Journal für LehrerInnenbildung, 20(1), 116-124.

Wiesner, H., Schecker, H. & Hopf, M. (2011). Physikdidaktik kompakt. Aulis Verlag.

Jana-Kim Buschmann[1]
Matthias Kappe[1]
Stefanie Schwedler[1]

[1]Universität Bielefeld

Individuelle Online-Lernhilfen zu physikochemischen Aufgaben in der Studieneingangsphase

Ausgangslage

Studienanfänger*innen der Chemie erleben die vergleichsweise hohen Anforderungen in MINT-Studieneingangsphasen (Heublein *et al.*, 2017, S. 124) oft als überfordernd. Dies bezieht sich auch auf das Fach Physikalische Chemie, wobei die abstrakte Natur der Konzepte (Sözbilir, 2004) sowie die zur Darstellung dieser Konzepte notwendigen, elaborierten mathematischen Modelle (Tsaparlis and Finlayson, 2014) wesentliche Probleme darstellen. Die Schwierigkeiten äußern sich auch bei der studentischen Bearbeitung physikochemischer Rechenaufgaben in Heimarbeit (Schwedler, 2017). Trotz der durchaus nicht geringen, mathematisch-prozeduralen Anforderungen zeigt sich, dass die Studierenden weniger an der eigentlichen, algorithmisch-prozeduralen Bearbeitung der Aufgabe, sondern vielmehr an einer mangelnden, konzeptuellen Durchdringung des chemischen Hintergrundes und der mathematischen Operationen scheitern (e.g. Becker and Towns, 2012; Hernández et al., 2014; Kautz et al., 2005; Matijašević et al., 2016; Stamovlasis et al., 2005). Angesichts der Bedeutung des Studienstarts für den Studienerfolg sowie der bereits hohen (Busker et al., 2010) und zukünftig wahrscheinlich steigenden Heterogenität der Studierenden (Pasternack & Wielepp, 2013) stellt die individuelle Förderung der konzeptuellen Kompetenzen von Studienanfänger*innen beim häuslichen Selbstlernen eine relevante Herausforderung dar.

Mathematisches Modellieren im chemischen Kontext

Dass sowohl das Verstehen des chemischen Hintergrunds als auch der Übertrag auf das mathematische Modell für eine erfolgreiche Problemlösung unerlässlich sind, zeigt auch der Modellierungskreislauf nach Blum und Leiß (Blum, 2011, siehe Abb. 1), welcher bereits von Goldhausen und Di Fuccia (2020) auf den Chemie-Unterricht angepasst wurde.

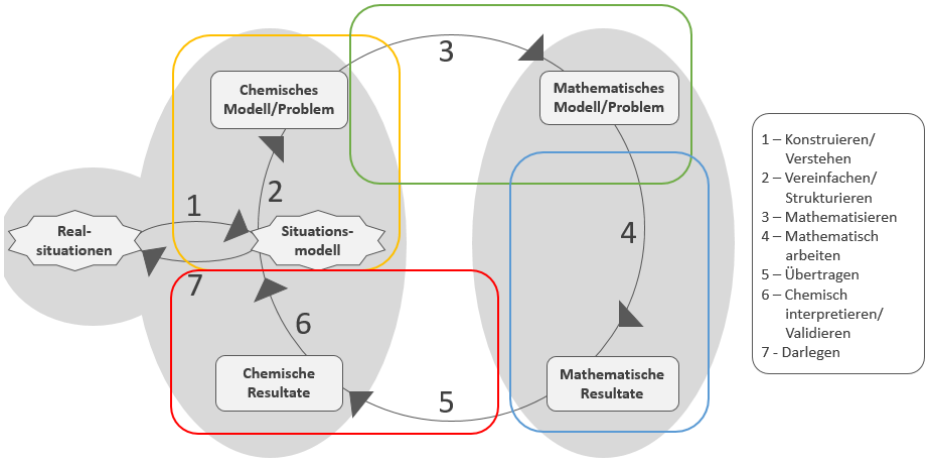


Abb. 1: Modellierungskreislauf angepasst auf den Chemie-Unterricht nach Goldhausen & Di Fuccia (2020). In bunt: Vier Bereiche, auf die sich die online Lernhilfen beziehen.

Dieser erfordert zunächst die Extraktion eines chemischen Modells/Problems auf Basis der beschriebenen Realsituation mit entsprechendem Situationsmodell. Anschließend muss eine angemessene, mathematische Modellierung vorgenommen werden, mit deren Hilfe die mathematischen Resultate prozedural erarbeitet werden. Es folgt der Rückbezug auf den chemischen Kontext und die Realsituation. Auch, wenn nicht alle Textaufgaben die selbständige Problemlösung dieser Teilschritte erfordern, ist die konzeptuelle Durchdringung dieser Schritte für eine verständnisorientierte Lösung unerlässlich.

Zielsetzung

Mit Blick auf die Ausgangslage stellt sich die Frage, an welchen Stellen die Studienanfänger*innen der Chemie bei der Bearbeitung physikochemischer Textaufgaben genau scheitern. Darüber hinaus stellt sich die Frage, wie die verständnisorientierten, interpretativen Kompetenzen der Studierenden, die in der Regel nur wenig Berücksichtigung finden, individuell gefördert werden können. Um die Studierenden bei der Bearbeitung der Übungsaufgaben individuell zu fördern, wurde ein Konzept für gestufte Online-Lernhilfen entwickelt, welches sich an dem Modellierungskreislauf nach Goldhausen und Di Fuccia (2020) orientiert. Zur Erfassung der studentischen Schwierigkeiten und Nutzung der Lernhilfen wurde die Bearbeitung physikochemischer Textaufgaben ebenso wie die Nutzung der Lernhilfe in Einzelfallstudien genauer untersucht.

Konzeption der Online-Lernhilfen

Das entwickelte Konzept stellt eine Art elektronischen Übungszettel dar (siehe Abb. 2). Zusätzlich zur gestellten Aufgabe bietet es frei wählbare Hilfen in vier verschiedenen Kategorien entlang des Modellierungskreislaufs an: Ansatz, Formel, Berechnung und Interpretation. Die Kategorie *Ansatz* dient der Konstruktion und dem Verständnis eines Situationsmodells und dem Übergang zu einem Chemischen Modell durch Vereinfachen und Strukturieren des Sachverhalts (Schritte 1 & 2, gelber Bereich in Abb. 1). Die Lernhilfen zum Thema *Formel* helfen beim Mathematisieren des Problems, indem das Chemische Modell/Problem in ein mathematisches überführt wird (Schritt 3, grüner Bereich in Abb. 1). Die Kategorie *Berechnung* bezieht sich im Kern auf die prozedurale Bearbeitung (blauer Bereich in Abb. 1), beinhaltet aber auch Verständnisaspekte, sowohl bezüglich der Einheiten als auch bezüglich des Verstehens mathematischer Operationen. Lernhilfen der Kategorie *Interpretation* dienen dem Rückbezug und der Interpretation des erhaltenen mathematischen Ergebnisses auf den chemischen Kontext (Schritte 5-7, roter Bereich in Abb. 1).

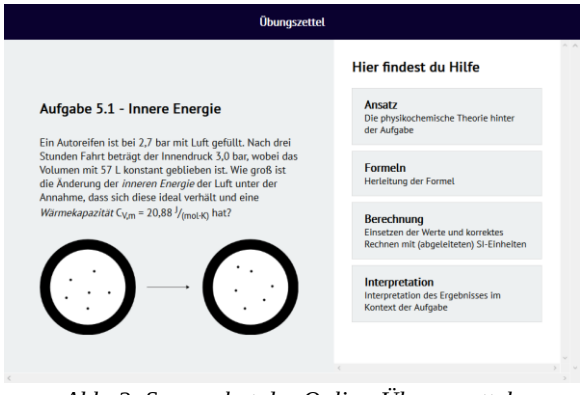


Abb. 2: Screenshot des Online-Übungszettels

Die Benennung der vier Kategorien folgt keinen didaktischen Konzepten, sondern bildet dem üblichen Sprachgebrauch der Studierenden bei der Aufgabenbearbeitung ab. Dabei decken die Lernhilfen die vier verschiedenen Typen ab, die Fach *et al.* (2007) für mathematische Problemstellungen im chemischen Kontext eingesetzt haben. Diese umfassen Lernhilfen zur lernstrategischen Unterstützung, zur inhaltsstrategischen Unterstützung, zur inhaltsbezogenen Unterstützung und Erklärungen für wichtige Begriffe.
Die digitale Umsetzung eröffnet den Studierenden weitreichende Kontrolle über den Lernprozess im Sinne der individuellen Förderung: Sie entscheiden selber, ob und für wie lange sie das Instrument einsetzen, sie sind völlig frei in der Navigation und wählen die Lernhilfen frei aus, je nachdem, an welcher Stelle sie Schwierigkeiten wahrnehmen (*learner control principle*, Scheiter, 2014). Dadurch wird auch das *expertise reversal principle*, nachdem zu viele Instruktionen fortgeschrittene Lernende eher hindern als fördern (Kalyuga, 2014, S. 576), umgangen. Zudem werden die Studierenden dazu angehalten, bei jeder Hilfe erst einmal selbst zu überlegen. Dazu wurden die Hilfen in Frageform formuliert. Studierende, die die Antwort selber nicht herausfinden, können die Lösung aktiv aufdecken. Darüber hinaus werden Abbildungen und verschiedene Repräsentationen (Diagramme etc.) gezielt eingesetzt, um verständnisorientierte Durchdringung der Situation nach der *cognitive theory of multimedia learning* (Mayer, 2014) und die Suche nach einer Problemlösung nach der *representational change theory* (Schnotz et al., 2011) gezielt zu unterstützen.

Erhebungsmethodik

Zur Exploration der studentischen Schwierigkeiten und der Nutzung des Konzepts werden *concurrent think-aloud*-Erhebungen (Van Den Haak et al., 2003; van Someren et al., 1994) mit retrospektiven Interviewanteilen mit Studierenden der Chemie (aktuell $N = 7$) durchgeführt, die die Übungsaufgaben bearbeiten und dabei die Hilfen nutzen können.

Erste Ergebnisse

Erste Ergebnisse indizieren, dass die Studierenden, wie vermutet, im Kern am Transfer zwischen chemischer Sachlage und mathematischem Modell scheitern. So zeigten sie Schwierigkeiten bei Schritt 3 des Modellierungskreislaufs, nutzten daher die zugehörigen Hilfen in der Rubrik *Formel finden* intensiv und fanden diese auch besonders hilfreich. Ebenso vermieden es die meisten Probanden, das mathematische Ergebnis von sich aus im chemischen Kontext zu interpretieren. Dieser Schritt wurde oft erst durch die Lernhilfen der Kategorie *Interpretation* initiiert. Die eigentliche Berechnung (Schritt 4) stellte ein geringes Problem dar und wurde in wenigen Fällen, gerade im Umgang mit Einheiten, durch die Lernhilfen unterstützt. Insgesamt wurden die Lernhilfen, wie im Sinne der individuellen Förderung erhofft, in sehr unterschiedlichem Ausmaß und Tempo genutzt und in der Regel gezielt ausgewählt.

Fazit & Ausblick

Diese explorative Untersuchung liefert einen ersten Einblick in die studentischen Schwierigkeiten bei der Aufgabenbearbeitung. Weitere Untersuchungen sollen nicht nur eine größere Stichprobe umfassen, sondern auch die spezifischen Lernbarrieren und diversen Unterstützungsstrategien in Bezug auf den Transfer zwischen chemischem Sachkontext und mathematischem Modell stärker in den Blick nehmen. Die Ausweitung des Konzepts auf mehrere Themenfelder und ihr Einsatz im Sinne eines Scaffoldings soll die Studierenden über das ganze Semester zu einer vermehrten Einübung dieser Transferschritte anhalten.

Literatur

Becker, N., & Towns, M. (2012). Students' understanding of mathematical expressions in physical chemistry contexts: An analysis using Sherin's symbolic forms. Chemistry Education Research and Practice, 13(3), 209–220.

Blum, W. (2011). Can Modelling Be Taught and Learnt? Some Answers from Empirical Research. In G. Kaiser, W. Blum, R. Borromeo Ferri, & G. Stillman (Eds.), Trends in Teaching and Learning of Mathematical Modelling (pp. 15–30). Dordrecht: Springer Netherlands.

Busker, M., Parchmann, I., & Wickleder, M. (2010). Eingangsvoraussetzungen von Studienanfängern im Fach Chemie. Chemkon, 17(4), 163–168.

Fach, M., De Boer, T., & Parchmann, I. (2007). Results of an interview study as basis for the development of stepped supporting tools for stoichiometric problems. Chemistry Education Research and Practice, 8(1), 13–31.

Goldhausen, I., & Di Fuccia, D. (2020). Mathematisches Modellieren im Chemieunterricht. Chemie Konkret, 27.

Hernández, G. E., Criswell, B. A., Kirk, N. J., Sauder, D. G., & Rushton, G. T. (2014). Pushing for particulate level models of adiabatic and isothermal processes in upper-level chemistry courses: A qualitative study. Chemistry Education Research and Practice, 15(3), 354–365.

Heublein, U., Ebert, J., Hutzsch, C., Isleib, S., König, R., Richter, J., & Woisch, A. (2017). Zwischen Studienerwartungen und Studienwirklichkeit. Forum Hochschule (Vol. 1). Hannover.

Kalyuga, S. (2014). The expertise reversal principle in multimedia learning. In R. E. Mayer (Ed.), The Cambridge Handbook of Multimedia Learning (pp. 576–598). New York: Cambridge University Press.

Kautz, C. H., Heron, P. R. L., Loverude, M. E., & McDermott, L. C. (2005). Student understanding of the ideal gas law, Part I: A macroscopic perspective. American Journal of Physics, 73(11), 1055–1063.

Matijašević, I., Korolija, J. N., & Mandić, L. M. (2016). Translation of P = kT into a pictorial external representation by high school seniors. Chemistry Education Research and Practice, 17(4), 656–674.

Mayer, R. E. (2014). Cognitive theory of multimedia learning. In R. E. Mayer (Ed.), The Cambridge Handbook of Multimedia Learning (pp. 43–71). New York: Cambridge University Press.

Pasternack, P., & Wielepp, F. (2013). Der Umgang mit zunehmender Heterogenität der Studierenden. In P. Pasternack (Ed.), Regional gekoppelte Hochschulen. Die Potenziale von Forschung und Lehre für demografisch herausgeforderte Regionen (pp. 66–69). Halle-Wittenberg: Institut für Hochschulforschung (HoF).

Scheiter, K. (2014). The learner control principle in multimedia learning. In The Cambridge Handbook of Multimedia Learning (pp. 487–512). New York: Cambridge University Press.

Schnotz, W., Baadte, C., Müller, A., & Rasch, R. (2011). Kreatives Denken und Problemlösen mit bildlichen und beschreibenden Repräsentationen. In K. Sachs-Hombach & R. Totzke (Eds.), Bilder – Sehen – Denken. Zum Verhältnis von begrifflich-philosophischen und empirisch-psychologischen Ansätzen in der bildwissenschaftlichen Forschung (pp. 204–252). Köln: Halem.

Schwedler, S. (2017). Was überfordert Chemiestudierende zu Studienbeginn? Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 23(1), 165–179.

Sözbilir, M. (2004). What Makes Physical Chemistry Difficult? Perceptions of Turkish Chemistry Undergraduates and Lecturers. Journal of Chemical Education, 81(4), 573.

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.

Van Den Haak, M. J., De Jong, M. D. T., & Schellens, P. J. (2003). Retrospective vs. concurrent think-aloud protocols: Testing the usability of an online library catalogue. Behaviour and Information Technology, 22(5), 339–351.

van Someren, M. W., Barnard, Y. F., & Sandberg, J. (1994). The think aloud method: A practical guide to modelling cognitive processes. London: Academic Press.

Marvin Roski[1]
Anett Hoppe[2]
Sarah Dannemann[3]
Stefan Dietze[4]
Ralph Ewerth[2 5]
Gunnar Friege[1]
Ivana Marenzi[5]
Eirini Ntoutsi[5]
Sascha Schanze[1]
Andreas Nehring[1]

[1]Leibniz Universität Hannover
[2]Leibniz Informationszentrum für Technik und Naturwissenschaften
[3]Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn
[4]Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf
[5]Forschungszentrum L3S, Leibniz Universität Hannover

Unterstützung von Lehr-Lern-Prozessen durch maschinelles Lernen - ein systematisches Review -

Einleitung

Die Integration von Verfahren des maschinellen Lernens ist in vielen gesellschaftlichen Bereichen fortgeschritten. Auch über die Einbindung der Verfahren in Lehr-Lern-Prozesse wurde in den letzten Jahrzehnten eine Fülle von Forschungsarbeiten publiziert. Eingebettet in das Promotionskolleg LernMINT[1] (www.lernmint.org) (LernMINT 2019) soll das systematische Review eine Übersicht über derartige Arbeiten liefern und die interdisziplinäre Kommunikation fördern. Auf Grundlage des PRISMA–Statements (Moher, Liberati, Tetzlaff & Altman 2009) wurden aus elf Literaturdatenbanken und 27 Fachzeitschriften bzw. Konferenzen insgesamt 11 878 Publikationen identifiziert und eine Auswahl einer kategorienbasierten Analyse unterzogen. 71 Artikel wurden als relevant eingestuft.

Forschungsfragen

Insgesamt sieben Forschungsfragen, die sich übergeordnet in drei Gruppen einteilen lassen (siehe Tab. 1), ermöglichen zu Beginn von LernMINT eine systematische Übersicht über den aktuellen Stand der Forschung und fördern die interdisziplinäre Kommunikation zwischen der Naturwissenschaftsdidaktik und der Informatik.

Tabelle 1: Forschungsfragen eingeteilt in übergeordnete Kategorien.

Naturwissenschaftsdidaktische Forschungsfragen	Forschungsfragen zum maschinellen Lernen	Forschungsfragen über Datenschutz und Ethik
FF1: Welchen naturwissenschaftlichen Hintergrund haben die identifizierten Arbeiten?	**FF4:** Welche Verfahren des maschinellen Lernens werden bei der Implementierung der Systeme verwendet?	**FF6:** Inwiefern besteht ein Hinweis darauf, dass Aspekte des Datenschutzes bei der Erhebung berücksichtigt werden?

[1] Das Ziel des interdisziplinären Promotionsprogramms LernMINT ist es, die Chancen, Begrenzungen und Risiken des datengestützten Lehrens und Lernens zu erforschen. Im Fokus werden die gezielte Entwicklung und fachdidaktische Evaluierung von datengestützten, intelligenten Methoden und deren sinnvolle Einbeziehung in den Unterricht der MINT-Fächer stehen. LernMINT wird im Rahmen des Niedersächsischen Promotionsprogramms gefördert (Ministerium für Wissenschaft und Kultur, Niedersachsen).

FF2: Welche Ziele können durch aktuelle Systeme für die Analyse und Förderung naturwissenschaftlicher Lehr-Lern-Prozesse verfolgt werden?	**FF7:** Inwiefern liegen Hinweise vor, dass durch das System des maschinellen Lernens ethische Bedenken entstehen?
FF3: Inwiefern werden in den Arbeiten naturwissenschaftliche Theorieelemente angewendet?	
FF5: Durch welches methodische Vorgehen werden Daten für das maschinelle Lernen und für die naturwissenschaftsdidaktische Auswertung erhoben?	

Methodisches Vorgehen

Das methodische Vorgehen basiert auf zwei verschiedenen Ansätzen der systematischen Literaturrecherche. Die erste systematische Literaturrecherche wurde durch die interdisziplinäre Autorengruppe, bestehend aus Anett Hoppe, Sarah Dannemann, Stefan Dietze, Ralph Ewerth, Gunnar Friege, Ivana Ntousi, Sascha Schanze und Andreas Nehring, initiiert und konzentriert sich auf elf Literaturdatenbanken.

Auf diese Vorarbeit aufbauend erfolgt der zweite Verfahrensansatz von Marvin Roski, bei dem 27 Konferenzen und Fachzeitschriften im Mittelpunkt standen. Innerhalb des zweiten Ansatzes wurde das methodische Vorgehen des ersten übernommen und adaptiert.

Nachdem die recherchierte Literatur in einem mehrstufigen Prozess anhand von Ein- und Ausschlusskriterien selektiert wurde, folgt auf Basis des finalen Literaturkorpus eine induktive Kategorienbildung nach Mayring (2000), um eine umfassende Beantwortung der Forschungsfragen aus dieser Wissensextraktion zu ermöglichen.

Ausgewählte Ergebnisse

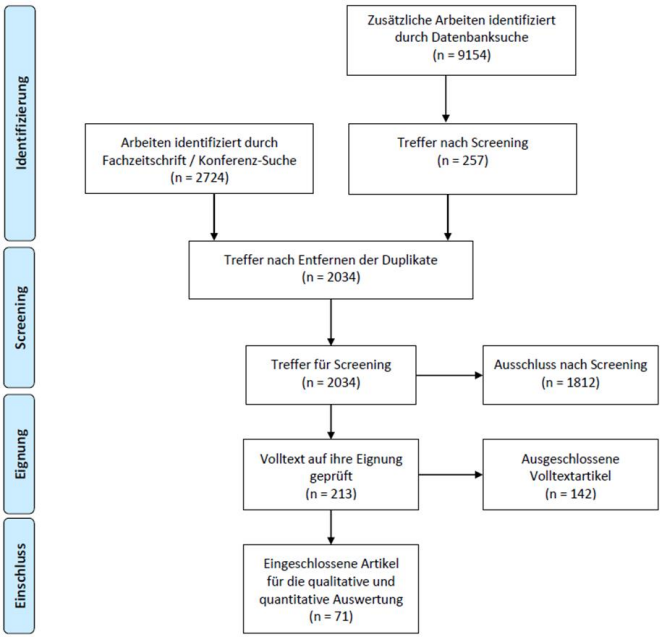


Abbildung 1: Flow-Chart des PRISMA-Statements(in Anlehnung an Moher et al. (2009).

Forschungsfrage 3: Inwiefern werden in den Arbeiten naturwissenschaftliche Theorieelemente angewendet?
Das Ergebnis zeigt, dass 57,7 % der Arbeiten (n = 41) keine fundierten naturwissenschaftsdidaktischen Theorieelemente aufgreifen und vermehrt allgemeingültige Theorieelemente heranziehen, die Lehr-Lern-Prozesse beschreiben. Beispiele sind das ‚5-step model of tutoring' von Graesser und Person (1994) oder selbstreguliertes Lernen. 5,6 % der identifizierten Arbeiten (n = 4) weisen Theorieelemente auf, die keine Lehr-Lern-Prozesse beschreiben. Naturwissenschaftsdidaktische Theorieelemente lassen sich in 36,6 % (n = 26) der Arbeiten finden.
Es zeigte sich, dass der Umfang an verschiedenen naturwissenschaftsdidaktischen Theorieelementen breit ist, da insgesamt sechs verschiedene identifiziert wurden. Die Verteilung konzentriert sich aber hauptsächlich auf die beiden Kategorien ‚Scientific Inquiry' (n = 10; 34,5 %) und ‚Mentale Modelle / Conceptual Change' (n = 10; 34,5 %). Es folgen ‚Scientific Models / Externe Repräsentationen' (n = 4; 13,8 %), ‚Scientific Literacy' (n = 2; 6,9 %), ‚Scientific Reasoning' (n = 2; 6,9 %) und ‚Nature of Science' (n = 1; 3,4 %).

Forschungsfrage 4: Welche Verfahren des maschinellen Lernens werden bei der Implementierung der Systeme verwendet?
Der größte Teil aller verwendeten maschinellen Lernverfahren sind überwachte Verfahren (n = 71; 76,5 %). Genauer handelt es sich dabei um Bayes-Klassifikation (n = 17; 18,3 %), Entscheidungsbäume (n = 14; 15,1 %), instanzbasierte Klassifikation (n = 9; 9,7 %), Regressionsalgorithmen (n = 21; 22,6 %) und neuronale Netzwerke (n = 10; 10,8 %). Unüberwachte Lernverfahren (n = 9) mit einer Verteilung von 10,8 % sind deutlich weniger anzutreffen. Bei acht Arbeiten (8,6 %) ist eine genaue Aufschlüsselung der verwendeten Lernverfahren nicht möglich. Dies liegt daran, dass entsprechende Arbeiten zum Teil auf Programme verweisen, die eine große Auswahl an maschinellen Lernverfahren im Portfolio beinhalten. Beispiele sind LightSIDE[2] oder WEKA[3]. Kaum vorhanden sind die sogenannten ‚Teachable Agents' (n = 3; 3,2 %) und das bestärkende Lernen (n = 1; 1,1 %).

[2] http://www.cs.cmu.edu/~cprose/LightSIDE.html (zuletzt abgerufen am 30.09.2020).
[3] https://www.cs.waikato.ac.nz/~ml/weka/ (zuletzt abgerufen am 30.09.2020).

Literaturverzeichnis

LernMINT (2019). Datengestützter Unterricht in den MINT-Fächern: Nds. Promotionsprogramm. https://lernmint.org/ (zuletzt abgerufen am 30.10.2020)

Mayring, P. (2000). Qualitative Inhaltsanalyse. Forum: Qualitative Sozialforschung, 1(2)

Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J. & Altman, D. G. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. PLoS medicine, 6(7), e1000097

Katja Plicht[1] [1]Hochschule Ruhr West
Hendrik Härtig[2] [2]Universität Duisburg-Essen
Alexandra Dorschu[1]

Aufgabenanalyse und Worked-Examples als Basis eines Strategietrainings

Ausgangslage

Aufgrund von immer weiter wachsenden Systemen und Technologien, ändern und wachsen in der heutigen Zeit die Anforderungen an Ingenieure. Dabei reichen technische Kompetenzen längst nicht mehr aus, hingegen werden vor allem Problemlösekompetenzen als wesentliche Ansprüche formuliert. (Lehmann et al., 2008)
Da das Problemlösen ebenfalls im universitären Kontext in Fall von Übungs- und Klausuraufgaben zentral ist (Brandenburger & Mikelskis-Seifert, 2012), eignen sich Physikaufgaben als wissenszentrierte Probleme für die explizite Förderung dieser Kompetenz. In diesem Bereich liegen gut evaluierte Kenntnisse zum Vorgehen von Experten und Novizen vor (Friege, 2001), die sich für eine gezielte Optimierung des Lernprozesses nutzen lassen. Dabei ist vor allem die Identifikation der zugrundeliegenden Tiefenstruktur und der Rückgriff auf erfahrungsbasierte Problemschemata in Form von kognitiven Strukturen zentral für einen erfolgreichen und sicheren Problemlöseprozess (Friege, 2001).

Theoretischer Hintergrund

Eine bewährte Methode um die notwendige Auseinandersetzung mit der Tiefenstruktur und den zugrundeliegenden Prinzipien einer Aufgabe zu ermöglichen, stellen der Einsatz von Worked-Examples dar (Renkl, 2017). Als zentrale Gelingensbedingung für diesen Ansatz hat sich dabei der Selbsterklärungs-Effekt herausgestellt, der die aktive Beschäftigung der Lernenden mit dem Worked-Example beschreibt (Chi, 2000). Bei erfolgreichem Einsatz dieser Methode kann über ein Scaffolding der Detailtiefe eine ideale Vorbereitung auf eigenständiges Problemlösen und einen entsprechenden Transfer des konzeptuellen Wissens gelingen (Atkinson & Renkl, 2003). Außerdem lässt sich beobachten, dass Problemlösestrategien in der Regel lediglich implizit vermittelt werden und ein entsprechender Erwerb belastbarer Strategien im Rahmen des Physiklernens ausbleibt (Woitkowski, 2018).

Ziel und Methode

Ziel des Forschungsvorhabens ist die empirische Überprüfung der Wirksamkeit eines neuen Übungskonzepts zur Vermittlung von Problemschemata und Problemlösestrategien. Dabei wird einerseits Lernmaterial zur Hervorhebung der Tiefenstruktur, sowie ein explizites Strategietraining eingesetzt. Die beiden unabhängigen Variablen werden dabei in Form eines $2x2$ −Designs im Rahmen der Physikübung an der HRW untersucht (Plicht, 2020).

Lernmaterial

Die erste unabhängige Variable der Intervention stellt das Lernmaterial dar. Ziel ist die Strukturähnlichkeit der Aufgaben herauszustellen und den Studierenden somit eine Unterstützung bei der Identifikation von gleichen Problemtypen und der damit verbundenen Heuristik aufzuzeigen. Um dies zu realisieren, soll eine Konzentration auf die Tiefenstruktur erfolgen. Dazu werden die wöchentlich einzureichenden Übungszettel so konstruiert, dass zunächst ein Worked-Example zu Beginn steht und nachfolgend „klassische“ analytische Aufgaben folgen, die eine ähnliche Tiefenstruktur aufweisen. Somit soll der Transfer der Vorgehensweise bei der Lösung des Worked-Examples zunächst durch entsprechende Prompts herausgearbeitet werden, um eine Anwendung bei der eigenständigen Bearbeitung

der klassischen Aufgaben zu ermöglichen. Für die zentrale Idee der gezielten Steuerung der Tiefenstruktur, muss zunächst eine dezidierte Analyse der Aufgabenmerkmale erfolgen. Das Gegenstück für die Gruppen ohne Lernmaterial stellen Übungszettel mit den gleichen Aufgaben dar, ohne die Betonung der Tiefenstruktur und ihrer Ähnlichkeit durch das vorangehende Worked-Example.

Aufgabenanalyse

Ziel der Aufgabenanalyse ist eine bewusste Steuerung der Tiefenstruktur sowie anderer schwierigkeitserzeugender Kategorien. Die Bestimmung der Aufgabenmerkmale wurde dabei anhand eines Kodiermanuals festgelegt, das mittels eines bestehenden Aufgabenpools ($N = 91$) evaluiert wurde (Plicht, 2020). Dabei wurden folgende Kategorien konstant gehalten: *Fachstufe* (Woitkowski, 2015), *Teilaufgaben* (Stawitz, 2010), *Art der Aufgabeninformation* (Stawitz, 2010), *Relevanz der Aufgabeninformation* (Stawitz, 2010) und das sprachliche Niveau in Form des *Lesbarkeitsindex* (Lenhard & Lenhard, 2014-2017).

Die Kategorien, die gezielt adaptiert wurden, um die Komplexität und Tiefenstruktur zu steuern werden in Tabelle 1 dargestellt.

Aufgaben-merkmale	**Funktion**	**Kategorien**	**Interraterreliabilität κ**
Inhaltsbereich *(Woitkowski, 2015)*	Identifikation von Aufgaben mit gemischten Inhaltsbereichen	Kinematik, Kräfte, Energie, Impuls	$.61 - .86^{**}$
Lösungs-möglichkeiten	Vor- und Nachteile verschiedener Lösungsmöglichkeiten aufzeigen	Eine Lösung, Mehrere Lösungen, Eine zentrale Lösung	$.94^{**}$
Mathe-matisierung *(Schoppmeier et al., 2012)*	Ansteigen der Mathematisierung während des Semesters	Keine Mathematisierung, Berechnen, Umformen, Umgang mit funktionalen Zusammenhängen, Modellieren	$.96^{**}$
Hierarchische Komplexität für Lernaufgaben *(adaptiert nach Bernholt, 2010)*	Ansteigen der Komplexität während des Semesters und jedes Inhaltsbereichs	Grundlegende Prozess-beschreibung, Grundlegende lineare Kausalität, Adaptierte Prozessbeschreibung, Adaptierte lineare Kausalität, Zusammen-gesetzte multivariate Interdepen-denz, Multivariate Interdependenz	$.88 - .91^{**}$
Scaffolding *(eigene Entwick-lung)*	Zusammenhang von zusätzlichen Lernhilfen und der Komplexität	Berechnung eines Scaffoldin-Indexes über Verhältnis von Lernhilfen und normierter Komplexität	*folgt nach der Pilotierung*
Tiefenstruktur *(eigene Entwicklung)*	Vergleich und gezielte Adaption der Tiefenstruktur	Oberkategorien (mit 63 Unterkategorien): Mathematische Ergänzung, Gleichförmige Bewegung, Gleichmäßig beschleunigte Bewegung, Mehrdimensionale Bewegung, Kreisbewegung, Kräfte, Energie, Impuls	$.76 - .95^{**}$

Tabelle 1: Variierte Aufgabenmerkmale

Als wichtigstes Analyseinstrument dient dabei die Kategorie zur Erfassung der Tiefenstruktur, die durch die Einführung eines dreistelligen nominalen Codes realisiert wird (s. Abb. 1), der sowohl die Charakteristika des Problems als auch der Lösung erfasst. Die einzelnen Ziffern beschreiben dabei unterschiedliche Spezifikationsebenen. Die Tiefenstruktur einer Aufgabe kann somit durch die Auflistung dieser Elemente dargestellt werden und dementsprechend transparent adaptiert werden, um die Analogie der Aufgaben zu verstärken.

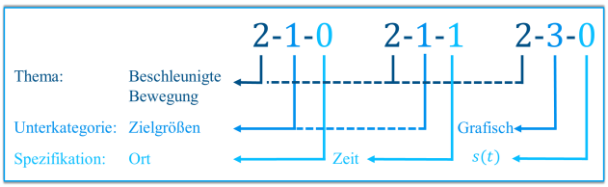


Abb. 1.: Darstellung der Tiefenstruktur

Gestaltung der Worked-Examples

Da die Worked-Examples die Bearbeitungsschritte der übrigen Aufgaben des jeweiligen Übungszettels erleichtern sollen, ist die Tiefenstruktur entsprechend der regulären Aufgaben gewählt. Dabei wird zu Beginn der einzelnen Inhaltsbereiche auf eine stärkere Übereinstimmung geachtet, die im Sinne eines Scaffoldings nach und nach abgebaut wird. Aufgrund der Spezifität der Codes ist jedoch nicht immer eine vollständige Übereinstimmung notwendig. Beispielsweise kann das Worked-Example den Code 2-0-3 statt 2-0-1 enthalten, da so lediglich eine Unterscheidung bzgl. der Anfangsbedingungen beschrieben wird. Zusätzlich ist das Worked-Example stets die Aufgabe mit der höchsten Komplexität des jeweiligen Übungszettels. Es beinhaltet dabei sowohl mathematische Ansätze, Herleitungen und Berechnungen sowie Beschreibungen in Textform, die den Lösungsprozess kommentieren. Nachfolgend stehen die Prompts zur eigenständigen Auseinandersetzung mit der Aufgabe. Diese erfragen i.d.R. die Begründung für die zuvor gesehenen Lösungsschritte und -ansätze. Im Laufe des Semesters kommen zudem die Betrachtung von Voraussetzungen und Grenzfällen hinzu, um die zugrundeliegenden Problemtypen weiter abzugrenzen.

Strategietraining

Das Strategietraining stellt die zweite unabhängige Variable der Intervention dar. Dieses wird in der regulären Physikübung des Moduls umgesetzt. Das Gegenstück für die Gruppen ohne Strategietraining stellt eine klassische Übung dar, in der das Vorrechnen und Diskutieren der bearbeiteten Übungsblätter erfolgt.

Auch wenn der Umfang einer jeden Einheit dabei variiert (z.B. vier Stunden zur Kinematik und zwei Stunden zu Kräften), was sich auf die Anzahl der thematisierten Problemtypen pro Inhaltsbereich zurückführen lässt, werden stets dieselben Elemente durchlaufen (s. Abb. 2).

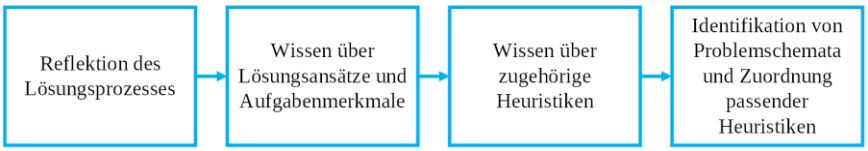


Abb. 2: Struktur des Strategietrainings

Ausblick

Im Wintersemester 2020/2021 erfolgt die Pilotierung eines neuen Testinstruments zum deklarativen Wissen über Problemschemata sowie eine Präpilotierung des Strategietrainings. Im darauffolgenden Semester folgt voraussichtlich eine Pilotierung des gesamten Forschungsdesigns gemeinsam mit den ausgewählten Testinstrumenten.

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.

Bernholt, S. (2010). Kompetenzmodellierung in der Chemie: Theoretische und empirische Reflexion am Beispiel des Modells hierarchischer Komplexität. Berlin: Logos-Verlag.

Brandenburger, M., & Mikelskis-Seifert, S. (2012). Was beeinflusst den Erfolg beim Problemlösen in der Physik.

Chi, M. (2000), Self-explaining: The dual process of generating inference an repairing mental models, Advances in instructional psychology: Educational design and cognitive science, Vol. 5, pp. 161-238.

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.

Lehmann, M., Christensen, P., Du, X. & Thrane, M. (2008), Problem-oriented and project-based learning (POPBL) as an innovative learning strategy for sustainable development in engineering education, European journal of engineering education, Vol. 33, No. 3, pp. 283-295.

Lenhard, W. & Lenhard, A. (2014-2017). Berechnung des Lesbarkeitsindex LIX nach Björnson.

Plicht, K., Deuber, F., Härtig, H. & Dorschu, A. (2020). Förderung der Problemlösekompetenz von Ingenieurstudierenden. In: S. Habig (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Wien 2019. (S. 673). Universität Duisburg-Essen.

Renkl, A. (2017). Learning from worked examples in mathematics: Students relate procedures to principles. ZDM Mathematics Education, 49, 571–584. Doi: 10.1007/s11858-017-0859-3

Schoppmeier, F., Borowski, A., Fischer, H. E. (2012). Mathematische Bereiche in Leistungskursklausuren. PhyDid A-Physik und Didaktik in Schule und Hochschule, 1(11), 28-40.

Stawitz, H. C. (2010). Auswirkung unterschiedlicher Aufgabenprofile auf die Schülerleistung: Vergleich von Naturwissenschafts-und Problemlöseaufgaben der PISA 2003-Studie. Logos-Verl.

Woitkowski, D. (2015). Fachliches Wissen Physik in der Hochschulausbildung: Konzeptualisierung, Messung, Niveaubildung (Vol. 185). Logos-Verlag, Berlin.

Woitkowski, D. (2018). Fachwissen und Problemlösen im Physikstudium: Vorstellung des Forschungsprojektes KEMΦ. PhyDid B-Didaktik der Physik-Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung, 1.

Verena Auer[1]
Alexander Strahl[1]

[1]Universität Salzburg

- Genderkompetenzforschung im Physikunterricht - Geschlechtsstereotype Überzeugungen von Lehrpersonen und deren Zusammenhang mit gendergerechtem Unterrichtsverhalten

Theoretische Einbettung

Eine oft gefundene Erkenntnis ist, dass Mädchen im Allgemeinen weniger Interesse am Physikunterricht haben als Jungen (z.B. Häußler, Bünder, Duit, Gräber & Mayer, 1998; Herbst, Fürtbauer & Strahl, 2016). Ein möglicher Grund für das anhaltende Desinteresse wird in der Konzipierung des Physikunterrichts gesehen. Im vorgestellten Forschungsprojekt wird einerseits die Geschlechtersozialisation im Unterricht als eine mögliche Determinante für die Interessensgenese untersucht, andererseits die diesbezüglichen Professionskompetenzen der Lehrpersonen.

Aus fachdidaktischer Sicht gibt es bereits eine Reihe an Empfehlungen und Handreichungen, wie Mädchen im Physikunterricht durch geeignete Unterrichtsgestaltung besser angesprochen werden können. Diese reichen von Kontextualisierung der Themen, Berücksichtigung der Lern- und Arbeitsstile sowie der individuellen Vorerfahrungen von Mädchen, bis hin zur Vermeidung des Eindrucks, Physik sei eine *Männerdomäne.* Es wird auch ausdrücklich darauf hingewiesen, dass Mädchen in ihrem Leistungsselbstvertrauen gefördert werden sollen. Dem Kontext, in den physikalische Themen eingebettet werden, kommt eine Schlüsselfunktion zu. Naturphänomene, Bezüge zum eigenen Körper sowie Anwendungen aus dem Alltag sind sowohl für Mädchen als auch Jungen interessant und können das Interesse an Physik fördern (Bartosch, 2014; Häußler et al., 1998; Herzog, Labudde, Neuenschwander, Violi & Gerber, 1998; Strahl, 2018; Wodzinski, 2010; Zwiorek, 2006). Es wird angenommen, dass die Empfehlungen nur unzureichend im Unterricht umgesetzt werden bzw. sie bei den Lehrpersonen nicht ausreichend bekannt sind.

Geschlechtsstereotype Überzeugungen seitens der Lehrpersonen und daraus resultierendes (Unterrichts-)Verhalten könnten zudem ein Grund dafür sein, dass Mädchen bei der Interessensgenese gehemmt sind. Mädchen, die oft ein geringeres Begabungsselbstkonzept im MINT[1]-Bereich haben, könnten damit konfrontiert werden, dass von Seiten der Lehrkräfte diese Fehleinschätzungen verfestigt werden, da die Lehrkräfte den Mädchen tendenziell weniger zutrauen als den Jungen (Faulstich-Wieland, 2008). Laut Lembens und Bartosch (2012) ist die Anerkennung der Schüler*innenkompetenz seitens der Lehrpersonen ein wichtiger Faktor, um eine physikbezogene Identität auszubilden. Es ist aber davon auszugehen, dass bereits im Studium Selbstverständlichkeiten in Bezug auf Physikunterricht häufig nicht reflektiert werden, wodurch sie zur Gewohnheit werden und Einfluss auf die Unterrichtsgestaltung haben. So werden aufgrund tief verwurzelter Überzeugungen der Lehrpersonen Stereotype im Unterricht reproduziert, anstelle zerstreut zu werden. Hier bedarf es einer professionellen und reflektierten Haltung der Lehrpersonen.

[1] MINT = Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft, Technik

Die Professionalisierung von Lehrkräften ist wesentliches Element der Qualitätssicherung und Voraussetzung für unterrichtliches Handeln. So wird u.a. vom österreichischen Bildungsministerium (Österreichisches Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung [BMBWF], o.J.) gefordert, dass Lehrer*innen über eine umfassende Genderkompetenz, vor allem in den MINT-Fächern, verfügen, um Geschlechtergerechtigkeit und Gleichstellung im Unterricht umzusetzen. Etablierte Lehrer*innen–Kompetenzmodelle beinhalten aber zumeist keine Genderkompetenz-Facette, weshalb bestehende Modelle um diese ergänzt werden sollten. Damit wird das Ziel verfolgt, die Relevanz von Genderkompetenz in der Lehrer*innen-Professionalisierung sichtbarer zu machen und nachhaltig zu verankern. Dem *Modell professioneller Handlungskompetenz* nach Baumert und Kunter (2006) (siehe **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**) kann das Wissen über die Umsetzung gendergerechten Physikunterrichts dem *Professionswissen* (konkret dem Wissensbereich *Fachdidaktisches Wissen*) zugeordnet werden. Geschlechtsstereotype Ansichten wären in den *Überzeugungen/Werthaltungen* (konkret *Subjektive Theorien über Lehren und Lernen*) verortet. Im Sinne einer erweiterten Betrachtung ist eine gute Lehrperson jene, die nicht nur nach den Facetten professionellen Handelns nach Baumert und Kunter (2006) agiert, sondern auch über Genderkompetenz verfügt und im Unterricht beide Geschlechter gleichermaßen ansprechen und fördern kann.

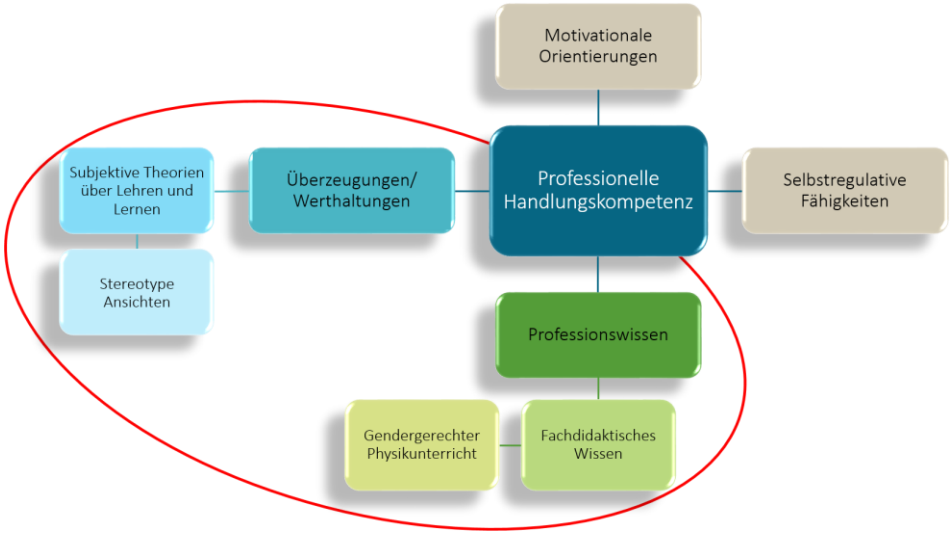


Abb. 1: Modell professioneller Handlungskompetenz mit Genderkompetenzfacetten (eigene Abb., adaptiert nach Baumert & Kunter, 2006)

Forschungsvorhaben

Ziel dieses Forschungsvorhabens ist eine ausführliche Status-Quo Erhebung, wie genderkompetent österreichische Physiklehrer*innen sowie –lehramtsstudierende sind. Folgende Forschungsfragen stehen dabei im Mittelpunkt:

- Welche Überzeugungen und Werthaltungen haben Lehrpersonen bezüglich geschlechtsspezifischer Eignung für Physik und welche geschlechtsspezifischen Erwartungen haben sie an

die Schüler*innen? Kennen die Lehrpersonen geschlechtsspezifische Interessensunterschiede und wissen den Unterricht gendergerecht anzupassen? (Forschungsfrage 1)
- Wie ist die implizite sowie explizite Einstellung von Lehrpersonen und Lehramtsstudierender bezüglich geschlechtsspezifischer Eignung für Physik? Weisen sie eine stärkere Assoziation zwischen *männlich* und *Naturwissenschaften* sowie *weiblich* und *Geisteswissenschaften* auf als umgekehrt? (Forschungsfrage 2)
- Von welchen genderspezifischen Mythen und Stereotypen bezüglich Begabung, Interesse usw. sind Physiklehrkräfte und –lehramtsstudierende überzeugt und inwieweit hängt dies mit ihrem gendergerechten Unterrichtsverhalten zusammen? (Forschungsfrage 3)

Das Forschungsvorhaben wird in einem sequentiellen, explorativen Mixed–Methods–Design umgesetzt werden (Creswell & Plano Clark, 2018) (siehe **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Als ersten Schritt werden in einer qualitativen Studie leitfadengestützte Interviews durchgeführt, an die zwei quantitative Studien anschließen. Bei einer der quantitativen Studie wird der Implizite Assoziationstest (IAT) (Greenwald, McGhee & Schwartz, 1998) eingesetzt werden. Die Items für die quantitativen Fragebögen ergeben sich aus den Interviews sowie aus der Theorie. In einer Metadiskussion wird nach Abschluss aller Studien versucht, eine Antwort auf die Frage zu geben, wie genderkompetent österreichische Physiklehrer*innen sind und ob Handlungsbedarf in der Lehramtsausbildung sowie in der Lehrer*innenfortbildung besteht. Auf Basis dieser Ergebnisse wird als nächster Schritt die evidenzbasierte Entwicklung und Evaluation einer Lehrer*innenfortbildung sowie einer Lehrveranstaltung für Studierende zum Thema „Gendergerechter Physikunterricht“ angestrebt.

Derzeit ist die qualitative Studie in Vorbereitung. Es wird eine Stichprobe von 20 – 30 Physiklehrkräften angestrebt. Die Interviews werden mittels Qualitativer Inhaltsanalye (Mayring, 2015) ausgewertet. Erste Ergebnisse dieser Studie werden im Frühjahr 2021 erwartet.

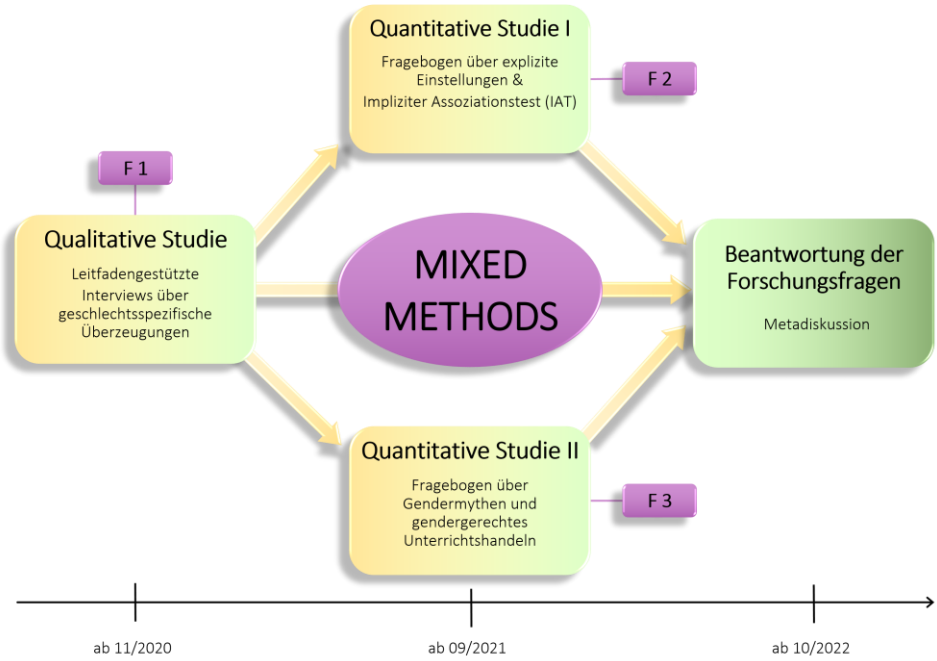


Abb. 2: Untersuchungsdesign

Literatur

Bartosch, I. (2014). Den Blick der Physik auf die Welt verstehen - Physikalische Bildung für ALLE. In IMST Gender_Diversitäten Netzwerk (Hrsg.), *Gender_Diversity-Kompetenz im naturwissenschaftlichen Unterricht. Fachdidaktische Anregungen für Lehrerinnen und Lehrer* (2. Auflage, S. 55–71). Klagenfurt.

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

Creswell, J. W. & Plano Clark, V. L. (2018). *Designing and conducting mixed methods research* (Third edition, international student edition). Los Angeles : London : New Delhi : Singapore : Washington DC : Melbourne : SAGE.

Faulstich-Wieland, H. (2008). Schule und Geschlecht. In W. Helsper & J. Böhme (Hrsg.), *Handbuch der Schulforschung* (2., durchgesehene und erw. Aufl., S. 673–695). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Greenwald, A. G., McGhee, D. E. & Schwartz, J. L. K. (1998). Measuring individual differences in implicit cognition: The Implicit Association Test. *Journal of Personality and Social Psychology*, *74*(6), 1464–1480.

Häußler, P., Bünder, W., Duit, R., Gräber, W. & Mayer, J. (1998). *Naturwissenschaftsdidaktische Forschung - Perspektiven für die Unterrichtspraxis*. Kiel: IPN.

Herbst, M., Fürtbauer, E. M. & Strahl, A. (2016). Interesse an Physik - in Salzburg. *PhyDid B*. Verfügbar unter http://phydid.physik.fu-berlin.de/

Herzog, W., Labudde, P., Neuenschwander, M. P., Violi, E. & Gerber, C. (1998). Koedukation im Physikunterricht. Schlussbericht zuhanden des Schweizerischen Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung. Zugriff am 06.06.2020. Verfügbar unter https://www.walterherzog.ch/forschung/forschungsprojekte-1976-1997/

Lembens, A. & Bartosch, I. (2012). Genderforschung in der Chemie- und Physikdidaktik. In M. Kampshoff & C. Wiepcke (Hrsg.), *Handbuch Geschlechterforschung und Fachdidaktik* (83-97). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken* (Beltz Pädagogik, 12., aktualisierte und überarb. Aufl.). Weinheim: Beltz.

Österreichisches Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung. (o.J.). *Genderkompetenz/Geschlechtergleichstellung*. Zugriff am 09.06.2020. Verfügbar unter https://www.bmbwf.gv.at/Themen/schule/schulpraxis/uek/gender.html

Strahl, A. (2018). *Fachdidaktik der Naturwissenschaften unter besonderer Berücksichtigung der Physik* (2. Auflage). Norderstedt: BoD - Books on Demand.

Wodzinski, R. (2010). Mädchen im Physikunterricht. In E. Kircher, R. Girwidz & P. Häußler (Hrsg.), *Physikdidaktik.* Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Zwiorek, S. (2006). Mädchen und Jungen im Physikunterricht. In H. F. Mikelskis & V. Berger (Hrsg.), *Physik-Didaktik. Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II* (Fachdidaktik, 1. Aufl.). Berlin: Cornelsen Scriptor.

Yannik Peperkorn[1] [1]Universität Bielefeld
Stefanie Schwedler[1]

Simulationen im Chemieunterricht: Aufbau mentaler Modelle zu Energie

Ausgangslage

Der Energiebegriff ist ein zentrales Element zahlreicher gesellschaftlicher, technischer und politischer Diskussionen. In der naturwissenschaftlichen Schulbildung ist das Konzept der Energie als Schnittstelle zwischen den einzelnen naturwissenschaftlichen Disziplinen verortet. Eine Vermittlung von fachlich angemessenen Vorstellungen ist demnach für ein ganzheitliches Verständnis des Konzeptes und im Sinne der Erziehung zu demokratiefähigen Bürger*innen in einer technologisierten Gesellschaft essentiell (KMK Bildungsstandards, 2005). Allerdings erweist sich das Erreichen dieser Ziele im Unterrichtsfach Chemie oftmals als problematisch, da es sich bei dem Energiebegriff um ein sehr abstraktes und wenig intuitives Konzept handelt. Dies zeigt sich auch in zahlreichen unangemessenen Vorstellungen der Schüler*innen (vgl. u.a. Bain & Towns, 2016). Besonders solche, die durch Alltagserfahrungen gestärkt werden, wie z.B. das „Verbrauchen“ von Energie sind weit verbreitet. Diese persistenten Vorstellungen erschweren die Vermittlung eines angemessenen, wissenschaftlichen Konzepts (vgl. Schmidkunz & Parchmann, 2011).

Für das Verständnis des Energiebegriffs ist die Fähigkeit einer mentalen Modellierung essentiell (vgl. Chittleborough & Treagust, 2007). Mentale Modelle werden nach dem *instructional approach* als vereinfachte Analogie eines komplexen Phänomens im Langzeitgedächtnis gespeichert, wodurch sie stellenweise als fehlerhafte Vorstellungen über eine Resistenz gegenüber Veränderungen durch neue Lerninhalte verfügen. Besonders in der Antizipation von Lösungen für unbekannte Phänomene werden die gespeicherten Modelle für eine mentale Simulation herangezogen. In dieser wird über einen konzeptuellen inneren Vergleich versucht, bestehende Erklärungsstrukturen auf die Phänomene anzuwenden, um neue mentale Modelle zu bilden oder bestehende zu verändern (vgl. Nitz & Fechner, 2018). Ein fachlich angemessenes mentales Modell beinhaltet dabei sowohl das Verständnis des Teilchenverhaltens als auch äquivalente Charakteristiken auf der symbolischen und makroskopischen Repräsentationsebene. Die Verknüpfung der drei Ebenen des chemischen Dreiecks nach Johnstone (2000) ist für das Lernen und Verstehen von chemischen Phänomene besonders entscheidend. Erst durch die Fähigkeit, alle Ebenen miteinander in Beziehung setzen und fluide zwischen ihnen wechseln zu können, entsteht ein Konzeptverständnis (vgl. Santos & Arroio, 2016). Angesichts der mangelnden sensuellen Erfahrbarkeit submikroskopischer Prozesse und der geringen Modellierungsfähigkeit von Lernanfänger*innen (vgl. Kozma & Russel, 1997) fehlen Schüler*innen geeignete Erklärungsstrukturen zur Deutung des Teilchenverhaltens und zur Wissensverknüpfung im chemischen Dreieck.

Eine Simulation der Teilchenebene ermöglicht die fehlende Einsicht in entsprechende Prozesse und erlaubt zudem eine direkte Überprüfung mentaler Modelle. Aus didaktischer Perspektive ist das Lernen mit Simulationen für die progressive Veränderung von mentalen Modellen eine besonders effektive Methode (vgl. Landriscina, 2009). Denn anhand der Erkenntnisse aus den Simulationen können resistente Vorstellungen aus dem Langzeitgedächtnis durch die Interaktion des inneren Modells mit dem Simulationsmodell verändert werden (vgl. Suits & Sanger, 2013). Für eine ausreichende Lernwirksamkeit muss die Simulation allerdings in ein geeignetes didaktisches Konzept eingebettet werden, welches zum einen Schüler*innen

zu einer mentalen Simulation auf submikroskopischer Ebene veranlasst und zum anderen eine Internalisierung und einen verknüpfenden Transfer der Erkenntnisse beinhaltet (vgl. Tasker & Dalton, 2006; Stieff & Wilensky, 2003). Insbesondere bei dem kombinierten Einsatz einer Zeichenaufgabe mit einer Simulation und der verbundenen Nutzung von statischen und dynamischen Repräsentationen deuten sich Synergieeffekte in Bezug auf die Stärkung von Vorstellungen an (vgl. Stieff, 2017).

Das Konzept von SIMMS

Das Ziel des Konzeptes SIMMS (*simulation-based instruction for mental modeling in school*) ist es, Schüler*innen über die Auseinandersetzung mit simulationsbasierten Online-Lerneinheiten zu ausgewählten Themen der Energetik zu einer mentalen Simulation anzuregen, verbesserte mentale Modelle aufzubauen und damit das Konzeptverständnis zu verbessern. Die Online-Lerneinheiten gliedern sich in vier Phasen.

Phase 1: Zeichnung

Nach der kontextbasierten Einführung in das jeweilige Thema erfolgt die Aktivierung mentaler Modelle über eine Zeichenaufgabe (vgl. Abb. 1). Dabei werden gemäß der *cognitive theory of drawing construction* (van Meter & Firetto, 2013) Aufgabeninformationen mit bestehenden Erklärungsstrukturen über den *imagination effect* (Leahy & Sweller, 2004) abgeglichen, um eine mentales Modell zu bilden. Als Resultat des iterativen Prozesses wird das mentale Modell schließlich als Zeichnung externalisiert und beschrieben (vgl. Ryan & Stieff, 2019). Die Zeichenaufgabe enthält zur Reduzierung des *cognitive load* (Sweller, 1994) und zur Fokussierung bereits dieselben Elemente und Darstellungsformen wie in der Simulation.

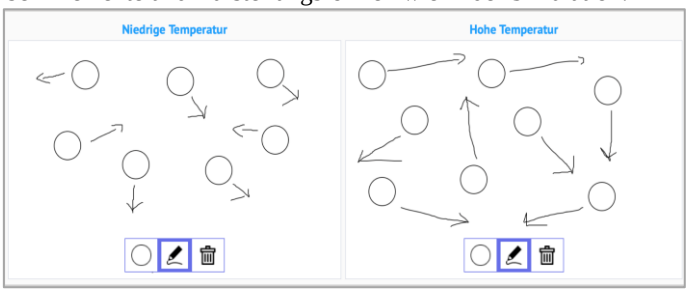


Abb. 1: Beispielhafte Zeichnung aus der Einheit „Maxwell“.

Phase 2: Simulation

In der zweiten Phase bearbeiten die Schüler*innen die entsprechende Simulation (*molecular workbench* (Tinker & Xie, 2006), Concord Consortium). Die Simulationen wurden für das jeweilige Thema der Lerneinheit maßgeschneidert und aus der *java* basierten Umgebung in die technisch aktuelle Version *molecular workbench next generation* auf Basis von *javascript* konvertiert. In zwei Schritten überprüfen die Schüler*innen ihre mentalen Modelle bzw. antizipativen Vorstellungen, indem sie das Verhalten der Teilchen beobachten und auf die symbolische Repräsentationsebene transferieren.

Phase 3: Überprüfung

Durch eine Überprüfung und Überarbeitung der eigenen Zeichnungen aus der ersten Phase (vgl. Abb. 2) reflektieren die Schüler*innen sowohl über ihre Zeichnung selbst als auch über die Erkenntnisse aus der Simulation (vgl. Stieff & DeSutter, 2020). Erneut wird die Zeichnung

mit einer Beschreibung kombiniert (vgl. Phase 1). Der selbstgesteuerte Lernprozess des Vergleichens, der Rekonstruktion und des erneuten Beschreibens ermöglicht die vertiefte Auseinandersetzung der externalisierten Vorstellungen mit dem wissenschaftlichen Simulationsmodell, sodass unvollständige oder konkurrierende mentale Modelle als vervollständigt oder verändert internalisiert werden können (vgl. Wu & Rau, 2019).

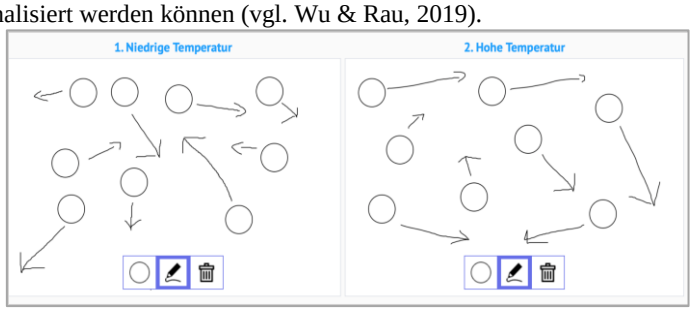


Abb. 2: Überarbeitete Zeichnung aus der Einheit „Maxwell“.

Phase 4: Anwendung
Besonders die Schnittstelle zwischen der nicht sichtbaren, submikroskopischen und der abstrakten, symbolischen Ebene stellt eine Herausforderung dar, sodass zugrundeliegende Konzepte der Teilchenebene häufig nicht zur Interpretation von Diagrammen genutzt werden (vgl. Hernandez et al., 2014). Deswegen sollen die Schüler*innen in einer Transferaufgabe Diagramme hinsichtlich des Teilchenverhaltens interpretieren und damit eine Verknüpfung des Teilchenverhaltens mit der symbolischen Repräsentationsebene herstellen.

Explorative Vorerprobung und laufende Untersuchungen
Die konzipierten Lerneinheiten wurden im WS 19/20 und SS 20 in einer explorativen Vorerprobung in unterschiedlichen Schulen in der Sekundarstufe II getestet. Über teilnehmende Beobachtungen und retrospektive Interviews mit Schüler*innen (N=18) wurden erste Lerneffekte, Benutzerfreundlichkeit und Problemstellen der Einheiten erhoben. Basierend auf den Ergebnissen wurden die Einheiten optimiert. In der laufenden zweiten Phase werden die Lerneffekte mittels *think-aloud*-Erhebung über die Verbalisierung von Vorstellungen und Gedanken während der Bearbeitung der Lerneinheiten sowie ergänzenden leitfadengestützten Interviews qualitativ vertieft (vgl. van Someren et al., 1994) (N =15). Für eine Verallgemeinerung der qualitativen Daten werden zudem die Zeichnungen aus den Lerneinheiten im Klassenverbund auf ihre inhaltlichen Veränderungen analysiert.

Erste Ergebnisse und Ausblick
Erste Ergebnisse der laufenden *think-aloud* Erhebungen indizieren eine Aktivierung und Veränderung der mentalen Modelle durch die reflexive Zeichenaufgabe und insbesondere durch die Auseinandersetzung mit den Simulationen. Die Visualisierung des Teilchenverhaltens unterstützt Schüler*innen zudem bei der Verbindung zur symbolischen Ebene. Im Einzelfall können einzelne Simulationen aber auch hausgemachte, unangemessene Vorstellungen hervorrufen. Dies erforderte eine Anpassung der jeweiligen Lerneinheiten.
Insgesamt zeigt sich, dass das Konzept SIMMS den Aufbau mentaler Modelle und die Verbindung zur symbolischen Ebene fördert. In Zukunft soll der Einfluss der Zeichenaufgabe auf den Aufbau der mentalen Modelle und des Konzeptverständnisses in den unterschiedlichen Einheiten weiter untersucht werden.

Literatur

Bain, K. & Towns, M. H. (2016). A review of research on the teaching and learning of chemical kinetics. Chem. Educ. Res. Pract., 17, 246-262.

Chittleborough, G. & Treagust, D. F. (2007). The modeling ability of non-major chemistry students and their understanding of the sub-microscopic level. Chem. Educ. Res. Pract., 8 (3), 274-292.

Hernández, G.E., Criswell, B.A., Kirk, N.J., Sauder, D.G. & Rushton G.T. (2014). Pushing for particular level models of adiabatic and isothermal processes in upper-level chemistry courses: a qualitative study. Chem. Educ. Res. Pract., 15, 354-365.

Johnstone, A.H. (2000). Teaching of chemistry: logical or psychological? Chem. Educ. Res. Pract., 1 (1), 9-15.

Kozma, R. B. & Russel, 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.

Kultusministerkonferenz (KMK) (2005). Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss. Beschluss vom 16.12.2004. München, Neuwied: Luchterhand.

Landriscina, F. (2009). Simulation and learning: the role of mental models. Journal of e-learning and Knowledge Society, 5 (2), 23-32.

Leahy, W. & Sweller, J. (2004). Cognitive Load and the Imagination Effect. Appl. Cognit. Psychol., 18, 857-875.

Nitz, S. & Fechner, S. (2018). Mentale Modelle. In: D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Eds.), Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung (Lehrbuch). Berlin: Springer-Verlag, 69-86.

Santos, V. C. & Arroio, A. (2016). The representational levels: Influences and contributions to research in chemical education. Journal of Turkish Science Education, 13 (1), 3-18.

Schmidkunz, H. & Parchmann, I. (2011). Basiskonzept Energie. Naturwissenschaften im Unterricht Chemie 22 (121), 2-7.

Stieff, M. & Wilensky, U. (2003). Connected Chemistry – Incorporating Interactive Simulations into the Chemistry Classroom. Journal of Science Education and Technology, 12 (3), 285-302.

Stieff, M. (2017). Drawing for Promoting Learning and Engagement with Dynamic Visualizations. In R. Lowe & R. Ploetzner (Eds.), Learning from Dynamic Visualization. New York: Springer, 333-355.

Stieff, M. & DeSutter, D. (2020). Sketching, not representational competence, predicts improved science learning. J. Res. Sci. Teach., 1-29.

Suits, J. P. & Sanger, M. J. (2013). Dynamic Visualizations in Chemistry Courses. In J. P. Suits & M. J. Sangers (Eds.), Pedagogic Roles of Animations and Simulations in Chemistry Courses. Washington D.C.: ACS American Chemical Society, 1-13.

Sweller, J. (1994). Cognitive Load Theory, Learning Difficulty, and Instructional Design. Learning and Instruction, 4, 295-312.

Tasker, R. & Dalton, R. (2006). Research into practice: visualization of the molecular world using animations. Chem. Educ. Res. Pract., 7 (2), 141-159.

Tinker, R. & Xie, Q. (2006). Molecular Dynamics Simulations of Chemical Reactions for Use in Education. Journal of Chem. Ed., 83 (1), 77-83.

Van Meter, P. & Firetto, C. M. (2013). Cognitive Model of Drawing Construction: Learning Through the Construction of Drawings. In G. Schraw, M. McCrudden & D. Robinson (Eds.), Learning through visual displays. Scottsdale: Information Age Publishing, 247-280.

Van Someren, M.W., Barnard, Y.F. & Sandberg, J.A.C. (1994). The Think Aloud Method: A practical guide to modelling cognitive processes. London: Academic Press.

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, 87-120.

Julia Werthmüller
Markus Prechtl
Technische Universität Darmstadt

Sichtweisen von Lehrkräften im Fach Chemie auf das Phänomen Internet-Challenges

Internet-Challenges sind seit einigen Jahren fester Bestandteil der digitalen Kultur. Sie erlangen u.a. auf YouTube große Aufrufzahlen und „Upvotes“. Aus chemiedidaktischer Perspektive sind Challenges, in denen Substanzen über Mund, Nase, Augen oder Haut aufgenommen werden, interessant (Busse, 2012; Prechtl, 2020; Werthmüller, 2020). Diese sind leicht nachzuahmen und werden als vermeintlich harmlos wahrgenommen, bergen allerdings erhebliche gesundheitliche Risiken, die den Akteur*innen oft nicht bekannt sind. Die eingesetzte Substanz, sowie die Auseinandersetzung mit gesundheitlichen Folgen der Challenge, erlauben eine naturwissenschaftliche Aufarbeitung der Thematik. Darüber hinaus bieten sich Reflexionsanlässe bezogen auf das Konzept Digitalität (Huwer, Irion, Kuntze, Schaal & Thyssen, 2020). Bei Challenges handelt es sich um ein soziales Verhalten, das eine Teilhabe an einer digitalen Kultur ermöglicht. Bezüge zu den drei Wesensmerkmalen der Digitalität – Referenzialität, Gemeinschaftlichkeit und Algorithmizität – lassen sich daran erarbeiten. Zudem bietet sich das Meme-Konzept an, um Challenges hinsichtlich wiederkehrender Merkmale, die eine Verbreitung in den sozialen Netzwerken begünstigen, zu analysieren (Schlaile, Knausberg, Mueller & Zeman, 2018; Rossolatos, 2015). Eine bis dato nicht berücksichtigte Perspektive auf das Phänomen Internet-Challenges betrifft die Lehrkräfte, die in den Schulen für Gesundheits- und Medienbildung zuständig sind und im Unterricht präventive und intervenierende Maßnahmen durchführen sollen. Der Beitrag fokussiert einen exemplarischen Ausschnitt dieser Forschungsperspektive. Er widmet sich schwerpunktmäßig der Frage, inwiefern Internet-Challenges Bestandteil des (reflektierten) Erfahrungshorizonts interviewter Chemielehrkräfte sind. Weitere Befunde werden an anderer Stelle dargelegt.

Methodisches Vorgehen

Um subjektive Sichtweisen von Lehrkräften auf das Phänomen Internet-Challenges erheben zu können, wurden problemzentrierte, leitfadengestützte Interviews mit sechs Lehrkräften, die Chemie unterrichten, geführt. Neben Fragen zur Gesundheitsförderung im eigenen Unterricht, wurde ihnen innerhalb des Interviews ein Video der Cinnamon-Challenge gezeigt. Dieses diente als konkrete Grundlage für die Einschätzung des Gefahrenpotenzials der Challenge und potenzieller schulischer Anknüpfungspunkt an die Thematik. Die Interviews wurden transkribiert und anschließend mit der zusammenfassenden Inhaltsanalyse nach Mayring (2015) und mithilfe von MAXQDA ausgewertet. Die deduktiv-induktive Kategorienbildung führte zu einem Kategoriensystem mit sieben Hauptkategorien (siehe Legende Abb. 1), das die Positionen der Interviewten im Hinblick auf die Forschungsfragen zusammenfasst. Die folgenden Abschnitte geben Einblicke in eine dieser sieben Hauptkategorien.

Befunde zur Perspektive der interviewten Lehrkräfte auf Internet-Challenges

Die folgenden, ausgewählten Befunde beziehen sich auf Kategorie 3: Perspektiven und Auseinandersetzungen der Lehrkräfte mit dem Phänomen Internet-Challenges (First Person

Point of View). Tabelle 1 bietet einen Überblick zu den vier disjunkten Unterkategorien. Kategorie 3 fasst alle Aussagen der interviewten Chemielehrkräfte mit Bezug zu Internet-Challenges zusammen, die sich nicht auf schulische Umsetzungsmöglichkeiten der Thematik beziehen. Von Relevanz sind die Wahrnehmung von Internet-Challenges im Alltag und damit im Allgemeinen sowie die Auseinandersetzung mit der Cinnamon-Challenge im Speziellen. Insgesamt nimmt Kategorie 3 einen geringen Anteil an den Ausführungen der interviewten Lehrkräfte ein. Sie berichten eher von einem Mangel an Berührungspunkten zu Internet-Challenges in ihrem Alltag. Einzig die Ice-Bucket-Challenge ist ihnen bekannt. Direkt und indirekt begründen sie diesen fehlenden Bezug mit der Art und Häufigkeit ihrer Nutzung sozialer Medien. Die Aussage von Interviewpartnerin B2 fasst dies gut zusammen: „Also ich kann, glaube ich, da ganz klar sagen, dass ich sie [Internet-Challenges, Anm. J.W.] gar nicht wahrnehme. Weil ich persönlich YouTube ganz selten nutze, allenfalls mal gezielt, irgendwelche Videos suche, zum Beispiel für die Unterrichtsvorbereitung“ (Zeile 100-102). Einige Interviewte artikulieren des Weiteren gezielt Unsicherheiten in der Auseinandersetzung mit der Thematik. Diese beziehen sich vor allem darauf, inwiefern ihre Schülerinnen und Schüler mit Internet-Challenges/der Cinnamon-Challenge in Kontakt kommen und eventuell auch an diesen teilnehmen, sowie auf Gefahrenpotenziale dieser. Das Spektrum reicht von reinen Bewertungen des Verhaltens bis zu tiefergehenden Reflexionen. Interviewpartnerin B4 äußert sich beispielsweise wie folgt: „Also, ich denke nicht, dass es ein, dass es neu ist, in dem Sinne neu ist nur, dass, ähm, die die Message dieser Challenges, das weiter zu teilen und dann doch noch möglichst viele anzustecken, die es ausprobieren sollen“ (Zeile 249-251). Sie versucht das Phänomen Internet-Challenges in einen größeren Rahmen medial vermittelten (Risiko-)Verhaltens einzuordnen, indem sie es zu Fernsehformaten wie Jackass in Bezug setzt, und Neues an diesem Verhalten herauszustellen versucht.

Tab. 1: Kategorie 3 (inkl. Unterkategorien), Codierungen beziehen sich auf Interview 6

3	First Person Point of View	Codeabdeckung in %	Anzahl der Zuordnungen
a	Kein Bezug zu der eigenen Lebenswelt	3	5
b	Bezug zu der eigenen Lebenswelt	4	5
c	Reflexionen des jugendlichen Risikoverhaltens am Beispiel der Cinnamon-Challenge	4	4
d	Unsicherheiten der Chemielehrkräfte bezüglich Internet-Challenges	3	1
	∑	14	15

Einblicke in eines der Interviews

Die nachfolgenden Ergebnisse geben Einblicke in eines der geführten Interviews, unter anderem über das MAXQDA-Visualisierungstool „Dokumentenportrait“ (Abbildung 1). Diese Darstellungsform des Interviews bietet einen Überblick über den Gesprächsverlauf und die zugeordneten Codes. Als Grundlage für diese Darstellung wurde nur der codierte Teil des Interviews genutzt. Dabei werden Länge und Häufigkeit der codierten Textstellen bei der Berechnung der entsprechenden Kachelmenge berücksichtigt. Es wird noch einmal deutlich, dass die hellblau markierte Kategorie 3 insgesamt einen kleinen Anteil am Interview ausmacht. Tabelle 1 schlüsselt den Anteil der Kategorie und entsprechenden Unterkategorien am codierten Teil des Interviews genauer auf.

Interviewpartner B6 ist lediglich die Ice-Bucket-Challenge bekannt. Ungewissheit besteht für ihn hinsichtlich der Ziel- bzw. Altersgruppe, die Challenges durchführt und an die sich somit Interventionsangebote richten sollten. Reflexionen des Lehrers beziehen sich auf die Verbreitung und Entstehung von Internet-Challenges. Die Häufigkeit bzw. der Anteil bestimmter Kategorien am Interview ist nicht gleichzusetzen mit der Wichtigkeit bestimmter Themen für die interviewte Person, kann allerdings einen Hinweis darauf geben, wie präsent bzw. verankert das Thema Internet-Challenges im Alltag der interviewten Lehrkräfte ist.

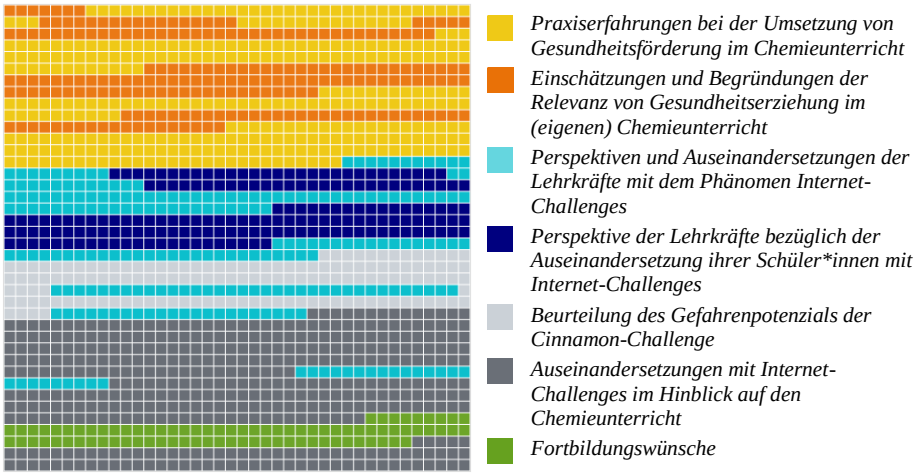


Abb. 1: Dokumentenportrait Interview 6, MAXQDA, hellblau: Codierungen Kategorie 3

Interpretation der Ergebnisse

Insgesamt haben die interviewten Lehrkräfte im schulischen und privaten Bereich nur wenig Bezug zu Internet-Challenges. Sie begründen dies mit der seltenen Nutzung YouTubes bzw. sozialer Netzwerke oder über eine andere Art der Nutzung dieser Plattformen im Vergleich zu ihren Schülerinnen und Schülern. Einzelne Challenges, wie die Ice-Bucket-Challenge, werden über Fernsehen, Zeitschriften oder online-Nachrichten wahrgenommen. Einige Lehrkräfte verweisen darauf, dass sie YouTube im Wesentlichen zur Vorbereitung oder Gestaltung ihres Unterrichts nutzen. Ein Lernen mit Medien scheint bei ihnen, im Hinblick auf YouTube, im eigenen Unterricht bereits verankert zu sein. Aus mangelnder Vertrautheit mit der Thematik Challenges ergeben sich Unsicherheiten bei den Lehrkräften, die sich auf wahrgenommene Handlungsoptionen im Unterricht auswirken können (vgl. Floden & Clark, 1988). Resümierend kann konstatiert werden: Es gilt die Lehrkräfte bei der Entwicklung einer ganzheitlichen – d.h. naturwissenschaftlichen, fachdidaktischen und mediendidaktischen – Sicht auf die Thematik zu unterstützen.

Literatur

Busse, M.-H. (2013). Mutproben aus naturwissenschaftlicher Perspektive. Befunde und Interventionsansätze zu einem aktuellen Internetphänomen. Der andere Verlag, Uelvesbüll

Floden, R. E. & Clark, C. M. (1988). Preparing Teachers for Uncertainty. Teachers College Record, 89 (4). Online verfügbar unter https://www.researchgate.net/publication/254358157_Preparing_Teachers_for_Uncertainty, zuletzt geprüft am 27.10.2020

Huwer, J., Irion, T., Kuntze, S., Schaal, S. & Thyssen, C. (2019). Von TPaCK zu DPaCK – Digitalisierung im Unterricht erfordert mehr als technisches Wissen. MNU-Journal, 5 (72), 358-364

Mayring, P. (2015). Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. Weinheim: Beltz

Prechtl, M. (2020). Lehrkräfte sollten sie kennen: Internet-Challenges. Chemie in unserer Zeit, 54 (1), 56-62

Rossolatos, G. (2015). The Ice-Bucket Challenge: The Legitimacy of the Memetic Mode of Cultural Reproduction Is the Message. Signs and Society, 3 (1), 132-152

Schlaile, M. P., Knausberg, T., Mueller, M. & Zeman, J. (2018). Viral ice buckets: A memetic perspective on the ALS Ice Bucket Challenge's diffusion. Cognitive Systems Research, 52 (2018), 947-969, https://doi.org/10.1016/j.cogsys.2018.09.012

Werthmüller, J. (2020). Internet Challenges from a Health Education Perspective. New Perspectives in Science Education – Conference Proceedings

Thomas Plotz[1] [1]KPH Wien/Krems
Barry W. Fitzgerald[2] [2]TU Eindhoven

Superheroes of the electromagnetic spectrum! Ein neuer Ansatz für den Strahlungsunterricht

Elektromagnetische Strahlung ist ein integraler Bestandteil unseres Alltagslebens. Wir sind ständig von verschiedenen Strahlungsarten in unterschiedlichen Intensitäten umgeben und diverse moderne Kommunikationstechnologien sind auf elektromagnetische Strahlung angewiesen.. Die meisten Erwachsenen und Studierenden, aber auch Schüler*innen, die gerade erst ihre Schulausbildung abgeschlossen haben, verfügen jedoch über keine adäquaten Kenntnisse oder ein tiefergehendes Verständnis in diesem Themenbereich (Rego & Peralta, 2006). Hinzu kommt, dass falsche Vorstellungen über elektromagnetische Strahlung häufig durch ungenaue oder übertriebene Berichte in Zeitungen und sozialen Medien verbreitet werden (Özgür, 2015).

Einer der Hauptgründe für falsche Vorstellungen ist der Mangel an geeigneten und wirksamen Unterrichtsmaterialien, welche Lehrer*innen bei der Vermittlung von Lernzielen zum Thema elektromagnetische Strahlung unterstützen. Die vorliegende Studie will diese Lücke schließen. Deshalb entwickelten wir eine Reihe von Unterrichtsmaterialien, die auf Elementen der Populärkultur, namentlich dem Superhelden-Genre, basieren, um die grundlegenden Konzepte der verschiedenen Arten von Strahlung in einer verständlichen und ansprechenden Sprache einzuführen.

Theoretischer Rahmen

Die Verwendung von Elementen der Populärkultur im Unterricht kann dem Lernprozess zugute kommen und das kritische Denken der Schüler*innen fördern. Dies wurde bereits genutzt, um den Unterricht an Gymnasien für die Fächer Englisch (Parry, 2014), Mathematik (Greenwald & Nestler, 2004) und Naturwissenschaften (Dark, 2005; Gardner, Jones & Ferzli, 2009) positiv zu unterstützen.

Im Physikunterricht wurden verschiedene Genres der Populärkultur ausprobiert, wie Science-Fiction Filme (Dark, 2005), japanische Animes (Ryu, Zhang, Peteranetz & Daher, 2020a, 2020 b) und Superhelden (DiLisi, 2019; Fitzgerald, 2018, 2019). In vielen Superheldenfilmen sind Physik und andere wissenschaftliche Themen wichtig für die Handlung. Zudem genießen die Superhelden von Marvel und DC seit den zugehörigen Filmreihen eine enorme Popularität bei Kindern und Jugendlichen. Daher kann das Superhelden-Genre als eine Plattform genutzt werden, um die Lernziele in Physik zu unterstützen und die Schüler*innen auf einzigartige Weise einzubinden.

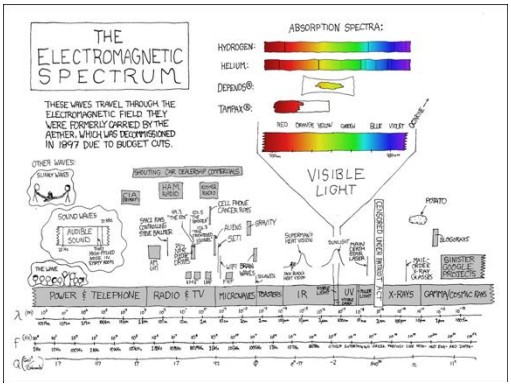


Abb. 1: Quelle: https://xkcd.com/273/

Methodisches Design der Studie

Für die Studie wurde Unterrichtsmaterialien für eine Doppelstunde entwickelt und designt. Dabei wurde das initiale Material zweifach evaluiert und überarbeitet, bevor es in der Hauptuntersuchung angewendet wurde. Eine detailierte Beschreibung der Stunde findet sich bei Fitzgerald & Plotz (2020). Der fachliche Lernfokus lag dabei auf dem Spektrum (siehe Abb. 1) und ionisierender Strahlung. Um möglichst gute Rahmenbedingungen für die Lerneinheit zu schaffen, stützten wir uns auf Methoden (Gruppenarbeit, schüler*innen-zentriertes Lernen, Zeichnungen im Unterricht), welche sich bereits in verschiedensten Studien als lernwirksam erwiesen haben. Abbildung 2 zeigt Schüler*innenzeichnungen, die im Rahmen der Intervention entstanden. Bei der Entwicklung des Materials verwendeten wir verschiedene bekannte und wirksame Gestaltungsprinzipien (Gruppenarbeit, ID-Karten, Laufdiktat…). Auch in diesem Bereich stützten wir uns auf bereits evaluierte Methoden. Um die Veränderungen des Wissens aufgrund des Unterrichts zu messen, wurde ein Prä- und Post-Test entworfen. Dieser wurde qualitativ und quantitativ ausgewertet.

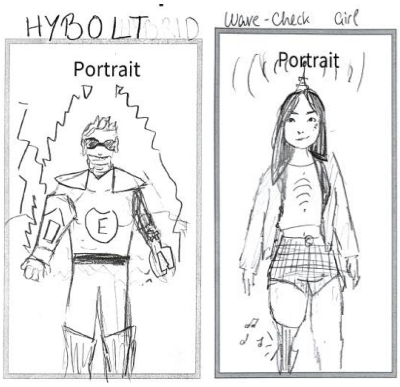


*Abb. 2: Zwei exemplarische Schüler*innenzeichnungen*

Ergebnisse

Nachfolgend sind exemplarisch die Ergebnisse für zwei Fragen aus dem Prä- und Post-Test dargestellt. Diese erlauben natürlich keine umfassende Einschätzung darüber, inwiefern die Unterrichtseinheit lernwirksam ist, zeigen jedoch interessante Indizien. Dabei geht es bei der ersten Frage um die Anordnung von Strahlungsarten entlang des Spektrum. Die Schüler*innen sollten die verschiedenen Strahlungsarten, welche gegeben waren, in ein vorgegebenes Spektrum (Abbildung 3) einordnen. Bei der Auswertung wurden den Positionen der eingetragenen Strahlungsarten Punkte zugeordnet. Stand die Strahlungsart an der richtigen

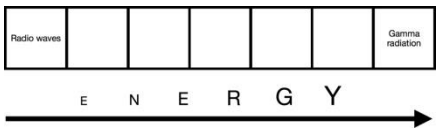


Abb. 3: Leeres Spektrum

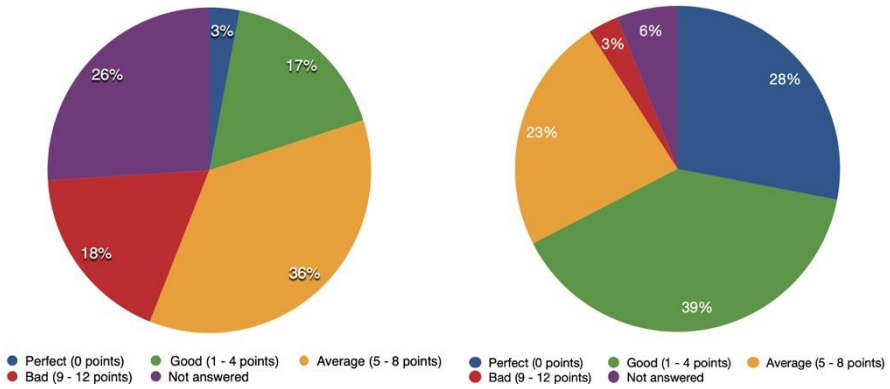


Abb. 4: Auswertung der Anordnungsaufgabe. Links Prätest, Rechts Posttest

Stelle, gab es 0 Punkte, an den benachbarten Stellen 1 Punkt, usw. Je weiter entfernt die Strahlungsart vom richtigen Platz stand, desto mehr Punkte gab es.

Im Vergleich der beiden Testzeitpunkte sieht man eine massive Veränderung der Punkte (siehe Abb. 4). Vor allem die große Menge Schüler*innen (26%), die die Frage im Prä-Test nicht beantworteten konnten, ist überraschend. Zudem scheint die Unterrichtseinheit zumindest in diesem Bereich wirksam zu sein. Nach der Einheit konnten etwa zwei Drittel der Schüler*innen die Aufgabe mit einer annähernd richtigen Anordnung beantworten.
Bei der zweiten Aufgabe ging es um die Zuordnung zu den Attributen künstlich/natürlich und gefährlich/ungefährlich. Dabei wurden die Schüler*innen aufgefordert, die gegebenen Strahlungsarten in ein Koordinatensystem einzutragen. Dabei stand die X-Achse für das Attributpaar gefährlich/ungefährlich und die Y-Achse für das Paar künstlich/natürlich.

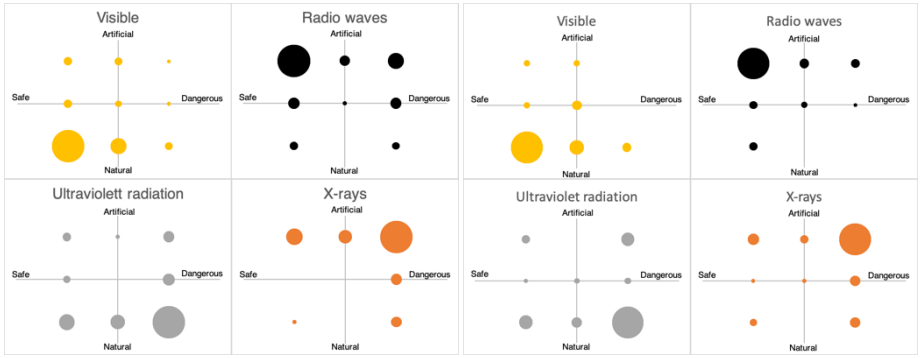


Abb. 3: Auswertung Aufgabe 2. Links Prätest, Rechts Posttest

Die Bubblediagramme (Abb. 5) geben sowohl Auskunft über die Häufigkeit der Nennungen als auch den Ort der Nennung. Je größer der Kreis, desto mehr Schüler*innen haben die Strahlungsart dem entsprechenden Ort zugeordnet. In der Auswertung zeigt sich, dass es für verschiedene Strahlungsarten offenbar eine verstärkte Zuordnung zu Attributkombinationen gibt. Dabei ist die Zuordnung von sichtbarem Licht als natürlich und ungefährlich nicht überraschend. Etwas überraschend ist jedoch, dass diese Zuordnungen offenbar recht stabil sind und von der Unterrichtseinheit kaum verändert wurden.

Diskussion und Ausblick

Diese Studie enthält eine Reihe von interessanten Ergebnissen. Erstens stellten wir im Prätest zum wiederholten Mal fest, dass die Schüler*innen der Studie wenig bis gar nichts über Strahlung wussten, obwohl alle Schüler*innen in Österreich die Pflichtschulstufe (Schulstufe 9) überschritten hatten. Die Ergebnisse der Energieordnung und der Einstufung von Strahlung als ungefährlich/gefährlich und natürlich/künstlich zeigt große Lücken. Dieses Ergebnis deckt sich mit Erkenntnissen aus früheren Studien (Rego & Peralta, 2006; Plotz, 2017).
Zweitens zeigte sich eine zufriedenstellende Wirksamkeit der Unterrichtsmaterialien im Vergleich zwischen Prä- und Posttest, obwohl die kurze Instruktionsdauer dem Effekt entgegenwirkt. Dies deutet darauf hin, dass die Materialien scheinbar ein wirksames Design darstellen.
Drittens war vor allem die Erfindung eines eigenen Helden bzw. einer Heldin eine tolle Möglichkeit für die Lernenden, um kreativ zu sein. Dies wird in einer Folgestudie fächerübergreifend ausgebaut werden. Eine Möglichkeit wäre hier, die Schüler*innen in Zusammenarbeit mit dem Deutschunterricht eine “Origin-Story” der jeweiligen Held*innen erfinden und schreiben zu lassen.

Insgesamt zeigt sich, dass der verwendete Ansatz dem bisherigen Unterricht zum Thema elektromagnetischen Spektrums überlegen ist. Ob dies an der Aufbereitung der fachlichen Inhalte oder der Verwendung der Superheroes liegt, ist jedoch noch ungeklärt.

Literatur

Dark, M. L. (2005). Using Science Fiction Movies in Introductory Physics. The Physics Teacher, 43(7), 463-465, doi:10.1119/1.2060648.

DiLisi, G. (2019). Bringing a Superhero Down to Earth. The Physics Teacher, 57(1), 6-8, doi:10.1119/1.5084917.

Fitzgerald, B. W. (2018). Using superheroes such as Hawkeye, Wonder Woman and the Invisible Woman in the physics classroom. Physics Education, 53(3), 035032, doi:10.1088/1361-6552/aab442.

Fitzgerald, B. W. (2019). Exploring the electromagnetic spectrum with superheroes. Physics Education, 54(1), 015019, doi:10.1088/1361-6552/aaf17b.

Fitzgerald, B.W. & Plotz, T. (2020) How to Teach the Electromagnetic Spectrum with Superheroes. The Physics Teacher, 58(8), 577-580

Gardner, G. E., Jones, M. G., & Ferzli, M. (2009). Popular Media in the Biology Classroom: Viewing Popular Science Skeptically. The American Biology Teacher, 71(6), 332-335, doi:10.2307/20565328.

Greenwald, S. J., & Nestler, A. (2004). USING POPULAR CULTURE IN THE MATHEMATICS AND MATHEMATICS EDUCATION CLASSROOM. Problems, Resources and Issues in Mathematics Undergraduate Studies, 14(1), 1-4, doi:10.1080/10511970408984071.

Özgür, Ö. (2015). Investigating students' mental models about the nature of light in different contexts. European Journal of Physics, 36(6), 065042, doi:10.1088/0143-0807/36/6/065042.

Parry, B. (2014). Popular culture, participation and progression in the literacy classroom. Literacy, 48(1), 14-22, doi:10.1111/lit.12027.

Plotz, T. (2017). Lernprozesse zu nicht-sichtbarer Strahlung, Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 240. Berlin: Logos Verlag.

Rego, F., & Peralta, L. (2006). Portuguese students' knowledge of radiation physics. Physics Education, 41(3), 259–262, doi:10.1088/0031-9120/41/3/009.

Ryu, S., Zhang, H., Peteranetz, M., & Daher, T. (2020). Fluid Mechanics Education Using Japanese Anime: Examples from "Castle in the Sky" by Hayao Miyazaki. The Physics Teacher, 58(4), 230-233, doi:10.1119/1.5145464.

Ryu, S., Zhang, H., Peteranetz, M., & Daher, T. (2020). How fast can Evangelion run? Application of aerodynamics and scaling laws to the Super Robot. Superhero Science and Technology, 2(1), 5-12. doi:10.24413/sst.2020.1.5332

Corinna Mönch[1] [1]Pädagogische Hochschule Ludwigsburg
Silvija Markic[1] [2]University of Limerick, Irland
Catherine Martin[2] [3]Ilia State University, Georgien
Marika Kapanadze[3] [4]Iakob Gogebashvili Telavi State University, Georgien
Nino Modebadze[4] [5]University of Sarajevo, Bosnien und Herzegowina
Ines Nuic[5] [6]University of Mostar, Bosnien und Herzegowina
Zora Pilic[6] [7]Philippine Normal University, Philippinen
Lydia Roleda[7] [8]De La Salle University, Philippinen
Marie Paz Morales[8]

ESTA – Educating Science Teachers for All

Hintergrund des Projekts

Ausgehend von den Empfehlungen der Europäischen Kommission (2015a) „Science Education for Responsible Citizenship" und der „Paris Declaration" (2015b) hat das Projekt „*ESTA – Educating Science Teachers for All*" sich zum Ziel gesetzt, die Bildung der Lehrer*innen zu verbessern, um so zur Förderung der Scientific Literacy der globalen, diversen Gesellschaft beizutragen. Die Länder Georgien, Bosnien und Herzegowina und die Philippinen sind stark divers. Die großen politischen Veränderungen innerhalb der Länder spiegeln sich v.a. in der Pluralität der Sprachen und Kulturen wider, welche eine Herausforderung für (naturwissenschaftliche) Bildung darstellt. In den internationalen Vergleichsstudien (Martin, 2004; Martin, 2008; OECD, 2016) erzielten die drei genannten Länder sehr niedrige Ergebnisse. Daraus lässt sich schließen, dass in Georgien, Bosnien und Herzegowina und in den Philippinen junge Menschen kaum bis keine naturwissenschaftliche Grundbildung haben.

Allgemein und nicht nur für die genannten drei Länder stellten Burns und Shadoian-Gersing (2010) fest, dass die Bildung der Lehrer*innen sie nicht ausreichend auf die Herausforderungen vorbereitet, mit den verschiedenen Diversitätsdimensionen im Klassenzimmer umzugehen. Cho und McDonnough (2009) zeigten bereits, dass die Lehrkräfte meist nicht über Strategien, mit sprachlicher Heterogenität umzugehen, verfügen. Ausgehend von solchen Forschungsergebnissen und die Gegebenheiten der Länder, fokussiert ESTA darauf, Lehrer*innen in den zwei Diversitäts-dimensionen Sprache und Kultur weiterzubilden.

Ziele des Projekts

Das von der EU geförderte Projekt *Educating Science Teachers for All* (ESTA) hat das Ziel, durch die Ausbildung der Kolleg*innen an Hochschulen, die (zukünftigen) Lehrerkräfte der Naturwissenschaften dazu zu befähigen, in ihren Klassenräumen mit sprachlicher und kultureller Diversität umzugehen. Somit werden die Schüler*innen in sprachlich und kulturell stark heterogenen Klassen inklusiv unterrichtet (siehe Abb. 1).

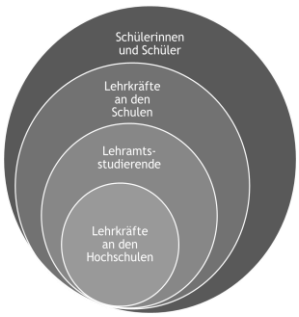


Abb. 1 Zielgruppen im ESTA Projekt

Gemeinsam haben sich Partner der Pädagogischen Hochschule Ludwigsburg (Koordination), die University of Limerick in Irland, die IIlia State University und die Iakob Gogebashvili Telavi State University in Georgien, die University of Sarajevo und die University of Mostar aus Bosnien und Herzegowina, sowie die De La Salle University und die Philippine Normal University von den Philippinen, auf dem Weg gemacht, dieses Ziel zu erreichen.

Beschreibung des Projekts

Die ESTA-Strategie folgt drei Prinzipien: Academic Staff Tour, internationaler Austausch und Partizipative Aktionsforschung (Abb. 2).



Abb. 2 Strategie

Zuerst wird eine Academic Staff Tour für die sechs Partnerinstitutionen an den Programminstitutionen (Pädagogische Hochschule Ludwigsburg und University of Limerick, Irland) geplant und durchgeführt. In den Angeboten der zwei Hochschulen (z.B. Workshops, Interviews, usw.) werden insbesondere die sprachliche und die kulturelle Vielfalt in der Bildung der Lehrer*innen der Naturwissenschaften in den Blick genommen. Durch gegenseitige Besuche soll eine internationale Vernetzung erreicht werden, um sich über Erfolge und Herausforderungen auszutauschen und gegenseitig von den Erfahrungen mit verschiedenen Facetten der Diversität zu profitieren. Die Partnerinstitutionen haben dabei eine Beratungs- und Unterstützungsfunktion für die Programminstitutionen, insbesondere bei der Entwicklung von Methoden, Materialien und Werkzeugen für die Hochschullehre.

Der zweite große Teil der Strategie besteht im interdisziplinären und internationalen Austausch. Die Teams aller ESTA-Institutionen bestehen aus Hochschullehrenden der Naturwissenschaftsdidaktik wie auch Kolleg*innen der Erziehungswissenschaften oder der jeweiligen Abteilungen der nationalen Sprachen. So soll gewährleistet werden, dass verschiedene Blickwinkel in die Adaption und Weiterentwicklung der Methoden, Werkzeuge und des Materials für die Bildung der Lehrer*innen der Naturwissenschaften einfließen und somit die Qualität des eingesetzten Materials steigt. Auch die Kurse sollen im interdisziplinären und internationalen Rahmen entwickelt und diskutiert werden. Die Vernetzung und der Austausch unter den ESTA-Institutionen liegen im Fokus.

Die Implementation und Evaluation der entwickelten Kurse folgen dem dritten Teil der Strategie. Dies erfolgt nach dem Modell der Partizipativen Aktionsforschung (PAR) nach Eilks und Ralle (2002). In einem zyklischen Prozess sollen die entwickelten Kurse sowie das

Material in der Praxis erprobt, evaluiert, reflektiert und überarbeitet und dann im veränderten Format wieder eingesetzt werden.

Erwartete Ergebnisse

Im Laufe dieses dreijährigen Projekts haben die ESTA-Institutionen sich verschiedene Ziele gesetzt, die zu erreichen sind (Abb. 3).

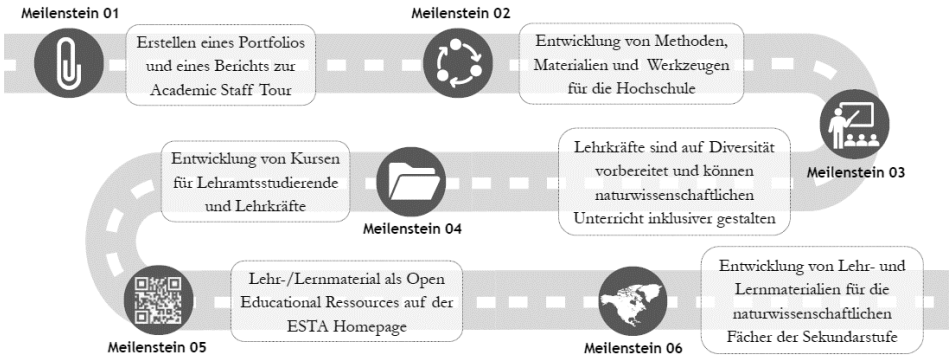


Abb. 3 Erwartete Ergebnisse

Während der Academic Staff Tour sollen die Hochschullehrpersonen der Partnerinstitutionen ein Portfolio mit Methoden, Beobachtungen und Anregungen für ihre eigene Lehre erstellen. Die kennengelernten Methoden, Materialien und Werkzeuge werden von ihnen an den jeweiligen Kontext der Hochschule und des Landes angepasst und in den neu konzipierten bzw. in existierenden Kursen angewandt. Die im Prozess entwickelten Lehr- und Lernmaterialien für kultur- und sprachsensiblen naturwissenschaftlichen Unterricht sollen als Open Educational Ressources auf der ESTA Homepage (https://esta-project.eu/) zur Verfügung gestellt werden. So können auch interessierte Lehrkräfte, die nicht am Projekt selbst teilgenommen haben, ihren naturwissenschaftlichen Unterricht inklusiver gestalten.

Disclamer

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

Burns, T., & Shadoian-Gersing, V. (2010). The importance of effective teacher education for diversity. In OECD (Ed.), Educating Teachers for Diversity. Meeting the Challenge. Paris: OECD Publishing, 19 - 40

Cho, S., & McDonnough, J. T. (2009). Meeting the needs of high school science teachers in English language learner instruction. Journal of Science Teacher Education, 20 (4), S. 385 - 402

Eilks, I., & Ralle, B. (2002). Partizipative Fachdidaktische Aktionsforschung. Ein Modell für eine begründete und praxisnahe curriculare Entwicklungsforschung in der Chemiedidaktik. CHEMKON, 9(1), 13 - 18

Europäische Kommission. (2015a). Science education for responsible citizenship: Report to the European Commission of the Expert Group on Science Education. Brüssel: Publications Office of the European Union.

Europäische Kommission (2015b). Declaration on Promoting citizenship and the common values of freedom, tolerance and non-discrimination through education. Informal Meeting of European Union Education Ministers. https://ec.europa.eu/assets/eac/education/news/2015/documents/citizenship-education-declaration_en.pdf [12.10.2020]

Martin, M.O. (2004). TIMSS 2003 - international science report: Findings from IEA's trends in international mathematics and science study at the fourth and eight grades. TIMSS & PIRLS International Study Center

Martin, M.O. (2008). TIMSS 2007 international science report: Findings from IEA's trends in international mathematics and science study at the fourth and eighth grades. TIMSS & PIRLS International Study Center Lynch School of Education Boston College

OECD (Ed.). (2016). PISA 2015. Results in Focus (Pisa in focus No.67). Paris

Sebastian Sprenger[1] [1]Technische Universität Darmstadt
Markus Prechtl[1]

Umgang mit chemischen Gefahren – eine Befragung von Feuerwehrleuten zur Dekon-Stufe I

Die Dekon-Stufe I (*Notdekon*) zählt zu den Basismaßnahmen der Feuerwehr im Umgang mit Gefahrgütern. In diesem Zusammenhang wird einerseits Wasser als Dekontaminationsmittel empfohlen. Anderseits wird auf Gefahren, die durch Reaktionen von Substanzen mit Wasser entstehen können, hingewiesen (FwDV 500). Wie gehen Feuerwehrleute mit dieser unklaren Informationslage um? Insgesamt 35 aktive Einsatzkräfte wurden dazu befragt. Zudem sollten sie angeben, welche Medien die Standortausbildung der Feuerwehr unterstützen könnten.

Parameter einer effektiven Dekontamination

Für effektive Dekontaminationen sind folgende Parameter relevant: unverzüglicher Beginn der *Notdekon*; Entfernung kontaminierter Kleidung; Reinigung (Duschen) im Zeitumfang von drei Minuten (dies ist ausreichend); Bereitstellung von Handtüchern; Wärmeerhalt nach der Maßnahme; Steigerung der Reinigungsleistung durch mechanische Unterstützung der Dekontamination (z.B. Waschlappen) und ggf. mit Waschzusatz (Amlôt et al., 2010, Domres et al., 2010, Moffett et al., 2010, Moody & Maibach, 2006, Sudhoff, 2016, vfdb, 2014).

Abwägungen bezüglich Dekontaminationen mit Wasser

Chemische Gefahrstoffe wirken sich auf Menschen, Tiere, Sachwerte und Umwelt negativ aus. Die von der Feuerwehr eingeleiteten *Dekon*-Maßnahmen sollen diese Auswirkungen verhindern bzw. minimieren. Die Dienstvorschrift FwDV 500 unterscheidet drei *Dekon*-Stufen. Die niedrigste Stufe soll von jeder Feuerwehreinheit auch ohne Sonderausrüstung geleistet werden. Ob sich Einsatzkräfte im Ernstfall dazu entschließen, hängt maßgeblich von ihrer Sachkenntnis ab. In der Ausbildung werden Reaktionen von Gefahrstoffen mit Wasser thematisiert. Unter anderem wird dargelegt, wie Gefahrgüter auf den Warntafeln gekennzeichnet sind. In diesem Zusammenhang wird oft die ADR, eine Transportvorschrift für Gefahrgüter im Straßenverkehr, zitiert: „Wenn der Nummer zur Kennzeichnung der Gefahr der Buchstabe «X» vorangestellt ist, bedeutet dies, dass der Stoff in gefährlicher Weise mit Wasser reagiert. Bei solchen Stoffen darf Wasser nur im Einverständnis mit Sachverständigen verwendet werden“ (BMJV, 2019). Sind Sonderausrüstung und Sachverständige nicht unmittelbar verfügbar, obliegt den Feuerwehrleuten die Entscheidung pro oder contra Wasser als *Dekon*-Mittel. Dabei muss abgewogen werden, ob eine Gefahr von kontaminierten Personen und Feuerwehrangehörigen ausgeht, wenn diese mit Wasser in Kontakt kommen. Die Sichtung der Gefahrgutdatenbank ERI-Cards, die für Rettungskräfte gedacht ist und Hinweise zur Dekontamination enthält, bringt in diesem Fall Klarheit. Denn sie empfiehlt für Gefahrgüter, die mit einem «X» gekennzeichnet sind, also mit Wasser reagieren, Wasser für die Dekontamination der Haut (CEFIC, 2019). In ERI-Cards gibt es keinen Hinweis auf Substanzen, bei denen von Wasser für Dekontaminationen grundsätzlich abgeraten wird. Resümierend spricht die Befundlage für Wasser im Fall einer *Notdekon*, da im Gefahrenfall von erhöhter Transpiration bei betroffenen Personen auszugehen ist und die Substanz «X» ohnehin schädigend auf die Haut einwirkt (vfdb, 2014). Gefahrstoffe sind folglich mit einer großen Menge Wasser zu entfernen. Dies ist in der Alltagspraxis zumeist alternativlos, da in der Regel keine speziellen *Dekon*-Mittel auf kommunalen Fahrzeugen der Feuerwehr mitgeführt werden. Für uns war von Interesse, wie hierzu der Kenntnisstand von Feuerwehrleuten ist. Dies führte zu folgender Befragung:

Stichprobe & Methodik

Die Fragebogenerhebung (print & digital, SoSciSurvey) wurde mit 35 aktiven Einsatzkräften der kommunalen Feuerwehr durchgeführt. Die Kohorte wurde aufgrund von Einsätzen, in der „Gefahrstoffeinheit“ (14) und mit chemischen Gefahrstoffen (10), und Lehrgängen – Truppmann 1 (35), Truppführer*in (22), Gruppenführer*in (18), Zugführer*in (8), GABC (6), Atemschutz I PA (22) und Atemschutz II CSA (9) – als erfahren charakterisiert. Bei den Angaben handelt es sich um absolute Werte. Alle Befunde basieren auf Sprenger (2020).

Befunde zum Schwerpunkt Dekontamination

Abbildung 1 benennt Stoffe, für die *Dekon*-Maßnahmen ausgewählt werden sollten, etwa Substanzen mit X-Kennzeichnung (Schwefelsäure) und Substanzen ohne Spezifizierung (Pflanzenschutzmittel). Weiterhin wurde IUPAC-Nomenklatur verwendet, da diese in Transportpapieren vorkommt. Die Feuerwehrleute konnten die *Dekon*-Maßnahmen nicht evidenzbasiert zuordnen. Abbildung 2 zeigt ihre Einschätzungen der Gefährlichkeit von *Dekon*-Varianten bezüglich eines unbekannten Stoffs, der gefährlich mit Wasser reagiert. Sie empfanden die Verwendung von Wasser als problematisch, obwohl diese sehr sinnvoll ist. Abbildung 3 spiegelt die selbst eingeschätzten Sachkenntnisse der Befragten wider. Die Feuerwehrleute schätzten ihre Sachkenntnisse positiv ein, ausgenommen die *Notdekon*.

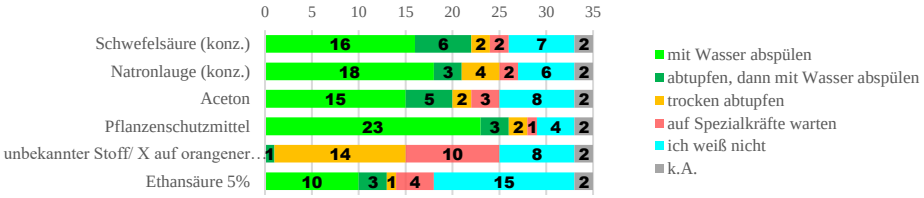


Abb. 1. Folgende Chemikalien sollen von einer kontaminierten Hautstelle, z. B. einer Hand, entfernt werden. Diese Erste Hilfe-Maßnahme ist aus meiner Sicht jeweils die sinnvollste.

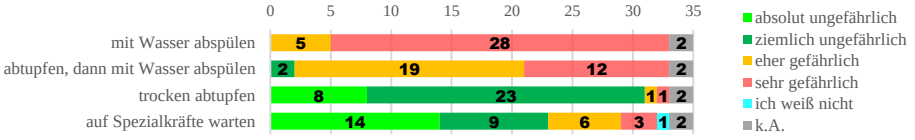


Abb. 2. Auf einer orangenen Warntafel befindet sich ein X. Dies bedeutet, die Chemikalie reagiert auf gefährliche Weise mit Wasser. Die Gefährlichkeit der folgenden Maßnahmen schätze ich wie folgt ein.

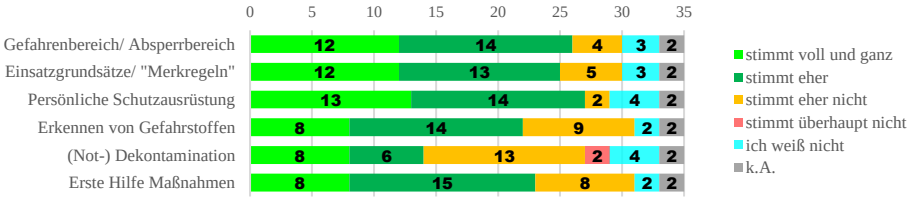


Abb. 3. Ich bin über die folgenden Themen ausreichend informiert (bei Einsätzen mit chemischen Gefahrstoffen).

Befunde zum Einsatz von Medien in der Ausbildung

Es liegt in der Natur der Sache, dass die praktische Ausbildung von Feuerwehrleuten mit Gefahrstoffsubstituten erfolgt. Qualitativ hochwertige Medien für die Lehre zu Gefahrgütern wirken unterstützend. Die Einsatzkräfte wurden diesbezüglich um ihre Einschätzung im Allgemeinen (Abb. 4) und bezogen auf Sachcomics (Abb. 5) gebeten. Die vorgeschlagenen Medien wurden mehrheitlich als sinnvoll beurteilt, lediglich die Dienstvorschrift schnitt schlecht ab. Sachcomics wurden für die Lerninhalte *Persönliche Schutzausrüstung*, *Dekon-Maßnahmen* und *Absperrmaßnahmen* als zweckdienlich betrachtet.

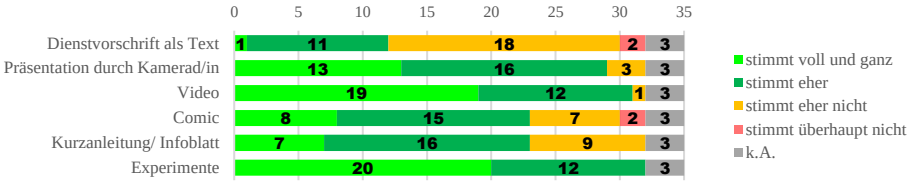


Abb. 4. Es gibt verschiedene Medien, die in der Ausbildung genutzt werden könnten. Den Einsatz dieser Medien zum Thema „chemische Gefahrstoffe" finde ich sinnvoll.

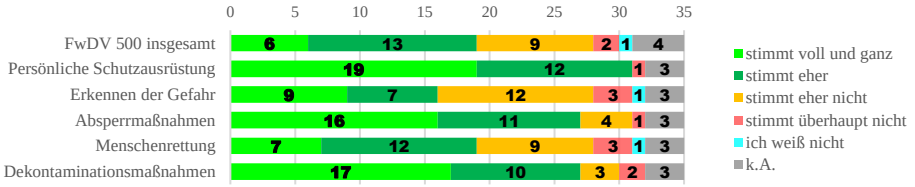


Abb. 5. Die Abbildung (Tatsuta, 2016) zeigt eine Szene aus dem havarierten Kernkraftwerk Fukushima. Eine solche Darstellung wäre auch für die FwDV 500 denkbar. Meiner Meinung nach, kann man das folgende Thema sehr gut als Comic darstellen.

Zusammenfassende Diskussion der Befunde

Das Resümee wird auf die Grafiken (Abb. 1–5) bezogen. Zu 1: Bei unbekannten Stoffen mit Kennzeichnung X und bei IUPAC-Nomenklatur ist die Unsicherheit größer, eine *Notdekon* durchzuführen. Bei Alltagschemikalien ist eine vermeintliche Sicherheit gegeben. Zu 2: Die Auswirkung einer *Notdekon* mit Wasser bei X-gekennzeichneten Stoffen wurde nicht richtig eingeschätzt. Denn beim Warten auf Spezialkräfte ginge wertvolle Zeit verloren. Folglich sollte der Erarbeitung einer Standarddurchführung zur *Dekon*-Stufe I hohe Priorität in der Ausbildung eingeräumt werden. Zu 3: Hinsichtlich der *Notdekon* fühlten sich die Fachkräfte noch nicht optimal informiert. Hier besteht Fortbildungsbedarf. Zu 4: Zu den präferierten Medien in der Ausbildung für Darlegungen zu Gefahrstoffen zählten Experimente, Videos und Peer-Präsentationen. Zu 5: Rekurrierend auf den Comic *Reaktor 1F*, wurden comicartige Darstellungen für Darlegungen praktischer Maßnahmen der Feuerwehr in Betracht gezogen.

Ausblick

Die Verwendung von Wasser zur Dekontamination chemischer Gefahrstoffe ist ratsam; eine extreme Gefahr entsteht nicht. Diese Aussage sollte in der Ausbildung von Feuerwehrleuten deutlicher akzentuiert werden. Mittlerweile werden Feuerwehreinsatzsimulationen auch als *Serious Games* angeboten. Die Erschließung ihres mediendidaktischen Potenzials sowie die Gestaltung von Sachcomics zum Themenfeld Feuerwehr wären sehr spannend.

Literatur

Amlôt, R., Larner, J., Matar, H., Jones, D.R., Carter, H., Turner, E.A., Price, S.C. & Chilcott, R.P. (2010). Comparative analysis of showering protocols for mass-casualty decontamination. *Prehospital and Disaster Medicine, 25*(5), 435-439.

BMJV (Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz) (2019). Anlageband BGBL Teil II Nr. 14. Bonn. (vgl. ADR)

CEFIC (2019). ERICards offline (3.8).

Domres, B.D., Felgenhauer, N., Hahn, A., Kehe, K., Müller, M., Rechenbach, P., Schreiber, J., Spörri, R., Thiermann, H., Weidringer, J.W., Weiss, W. & Zilker, T. (2010). Gutachten zu Stand und Handlungsbedarf im medizinischen C-Schutz. Empfehlungen zur Verbesserung des medizinischen Bevölkerungsschutzes (S. 35-112). Bonn: Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe.

FwDV 500. Einheiten im ABC-Einsatz. (Dienstvorschrift)

Moffett P.M., Baker, B.L., Kang, C.S. & Johnson, M.S. (2010). Evaluation of Time Required for Water-Only Decontamination of an Oil-Based Agent. *Military Medicine, 175*(3), 185-187.

Moody, R.P. & Maibach, H.I. (2006). Review. Skin decontamination: Importance of the wash-in effect. *Food and Chemical Toxicology, 44*(11), 1783-1788.

Sprenger, S. (2020). Fachliche und medienbezogene Reflexion zur Optimierung der Standortausbildung bei der Feuerwehr zur Dekon-Stufe I bei chemischen Gefahren. Unveröffentlichte Studie, TU Darmstadt.

Sudhoff, P. (2016). Experimentelle Untersuchung und Optimierung der Dekontamination von Verletzten bei einer C(B)RN-Gefahrenlage durch Organisationen der nichtpolizeilichen Gefahrenabwehr. Magdeburg: BA-Thesis, Otto-von-Guericke-Universität.

Tatsuta, K. (2016). Reaktor 1F – ein Bericht aus Fukushima. Teil 1. Hamburg: Carlsen.

vfdb (Verein zur Förderung des Deutschen Brandschutzes) (2014). Dekontamination bei Einsätzen mit ABC-Gefahren. Köln: VdS.

Kevin Schmitt[1]
Verena Spatz[1]
[1]Technische Universität Darmstadt

Anforderungen und Erwartungen an Physik-Servicelehrveranstaltungen

Einleitung und Handlungsfeld Servicelehre

Viele Natur- und Ingenieurwissenschaften verzeichnen überdurchschnittlich hohe Zahlen an Studienabbrechenden (z.B. Heublein & Schmelzer, 2018). Dabei hat sich gezeigt, dass der Studienerfolg mit der Studienzufriedenheit im Zusammenhang steht (Rindermann & Oubaid, 1999), und Studierende während der Studienanfangsphase eine starke Diskrepanz zwischen ihren Erwartungen und der Realität wahrnehmen, was den weiteren Verlauf des Studiums beeinflussen kann (Holmegaard et al., 2013). Dementsprechend treten Abbrüche während der Studienanfangsphase besonders häufig auf (Haarala-Muhonen et al., 2017) und werden nicht nur mit Leistungsproblemen, sondern oft auch mit fehlender Studienmotivation begründet (Heublein et al., 2017).

In vielen Studiengängen der Natur- und Ingenieurwissenschaften müssen während dieser Studienphase auch grundlegende Kenntnisse und Kompetenzen aus dem Bereich der Physik erworben werden. An der Technischen Universität Darmstadt geschieht dies in sogenannten Service-Lehrveranstaltungen (Physik für den Maschinenbau, Physik für Elektrotechnik, Physik für Biologie usw.) in Form einer Vorlesung mit ergänzenden Gruppen- und Hausübungen. Gerade für diese Service-Lehrveranstaltungen kann eine mangelnde Passung zwischen der Gestaltung durch den Fachbereich Physik und den Erwartungen der jeweils adressierten Fachbereiche vermutet werden, weil die angesprochenen Leistungs- und Motivationsdefizite besonders evident scheinen.

Um hier eine empirische Datenbasis zu schaffen, wird exemplarisch eine Befragung von Studierenden sowie Professor*innen des Fachbereichs Bau- und Umweltingenieurwesen durchgeführt. Diese beinhaltet eine Gewichtung von thematischen Schwerpunkten, sowie von fachübergreifenden Kompetenzen bzw. Fertigkeiten durch die Befragten. Hier werden ausgewählte Ergebnisse zu folgenden Forschungsfragen vorgestellt:

*I. Welche Qualifikationsziele (Kompetenzen bzw. Fertigkeiten) sollte die Physik-Servicelehrveranstaltung nach Ansicht der Befragten verfolgen? II. Wie sollte die Physik-Servicelehrveranstaltung nach Ansicht der Befragten gestaltet sein, um diese Qualifikationsziele zu erreichen? III. Gibt es Unterschiede zwischen Professor*innen und Studierenden des adressierten Fachbereichs in der Beantwortung dieser Fragen?*

Datenerhebung und Stichprobe

Die Datenerhebung wurde in Form eines Online-Fragebogens im Dezember 2019 durchgeführt. Dieser wurde von den Studierenden im Rahmen der Vorlesung „Physik für Bau- und Umweltingenieure“, die laut Studien- und Prüfungsplan für das zweite Semester vorgesehen ist, bearbeitet. Außerdem wurde der Link zum Fragebogen mit der Bitte um Bearbeitung per Email an 25 Professor*innen des Fachbereichs Bau- und Umweltingenieurwesen gesendet. So ergab sich eine Gesamtstichprobe von N=206 Befragten, bestehend aus 196 Studierenden sowie zehn Professor*innen.

Der Fragebogen besteht aus zwei Komplexen zu den Fragenbereichen *I. Qualifikationsziele* (*Welche Kompetenzen bzw. Fertigkeiten sollten die Studierenden nach Belegen der Physik-Servicelehrveranstaltungen besonders gut beherrschen?*) und *II. Veranstaltungsgestaltung*

(Worauf sollte Ihrer Ansicht nach in Physik-Servicelehrveranstaltungen besonderen Wert gelegt werden, um die Lernziele zu erreichen?). Für beide Komplexe werden mehrere Aspekte genannt bzw. verschiedene Aussagen (Tab. 1) vorgeschlagen, zu welchen die Befragten ihre Zustimmung auf einer 5-stufigen Likert-Skala (1-*stimme gar nicht zu*, bis 5-*stimme vollkommen zu)* ausdrücken können.

Komplex I. Qualifikationsziele	**Komplex II. Veranstaltungsgestaltung**
Welche Kompetenzen bzw. Fertigkeiten sollten die Studierenden nach Belegen der Physik-Servicelehrveranstaltungen besonders gut beherrschen?	Worauf sollte Ihrer Ansicht nach in Physik-Servicelehrveranstaltungen besonderen Wert gelegt werden, um die Lernziele zu erreichen?
- Quantitative Lösung von Aufgaben *- Interpretation von Experimenten* - ...	*- Wissen und Begrifflichkeiten vermitteln* *- Zusammenhänge zwischen verschiedenen physikalischen Themen herausarbeiten* - ...

Tab. 1: Beispiele für vorgeschlagene Aspekte bzw. Aussagen in beiden Fragekomplexen.

Darstellung der Ergebnisse

Die Ergebnisse (Abb. 1) zu Forschungsfrage I (Qualifikationsziele) zeigen, dass sowohl Professor*innen als auch Studierende besonderen Wert auf die Herleitung physikalischer Gesetze innerhalb der Physik-Servicelehre legen (Professor*innen Mittelwert $M_{Prof} = 3.6$, Mittelwert Studierende $M_{Stud} = 3.0$). Das Lösen quantitativer Aufgaben ist für die Professor*innen daneben die wichtigste zu erwerbende Kompetenz ($M_{Prof} = 3.4$). Die Studierenden messen diesem Aspekt hingegen die geringste Bedeutung zu ($M_{Stud} = 2.1$).

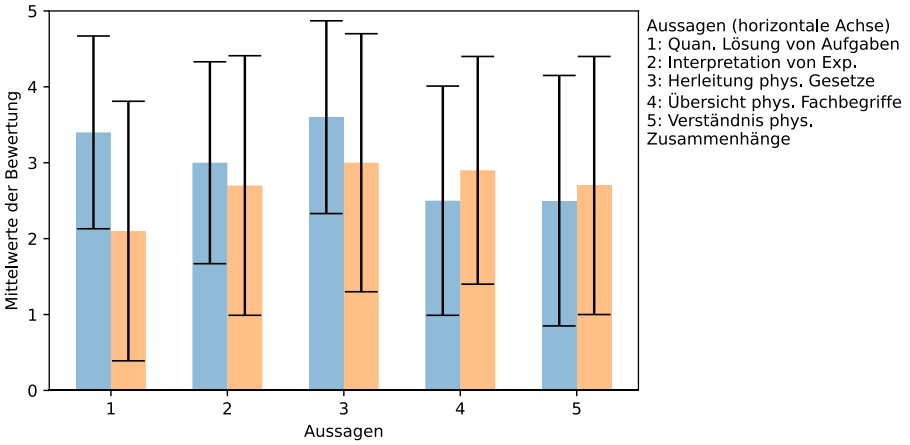


*Abb. 1.: Mittelwerte mit Standardabweichungen zu Forschungsfrage I (Antworten der Professor*innen in blau und der Studierenden in orange).*

Bei den Ergebnissen (Abb. 2) zur Forschungsfrage II (Veranstaltungsgestaltung) bewerten Professor*innen die Aspekte „Zusammenhänge zwischen Hauptfach und Physik aufzeigen“ ($M_{Prof} = 4.4$), „physikalisches Wissen und Begrifflichkeiten vermitteln“ ($M_{Prof} = 4.2$) sowie „Verständnisfragen klären“ ($M_{Prof} = 3.9$) als bedeutsam. Die Ergebnisse der Studierenden zeigen die höchsten Bewertungen in den Aspekten „Verständnisfragen klären“ ($M_{Stud} = 4.3$), „Zusammenhänge zwischen Hauptfach und Physik aufzeigen“ ($M_{Stud} = 4.0$) und „Bezüge zur Berufspraxis herstellen“ ($M_{Stud} = 4.0$). Am wenigsten wichtig wird von der gesamten Stichprobe ein hohes fachliches Anforderungsniveau eingeschätzt, was anhand der Bewertung

der Aspekte „hohe Anforderungen stellen“ (M_{ges} = *2.45*) und „fachlich rigoros sein“ (M_{ges} = *2.05*) deutlich wird.

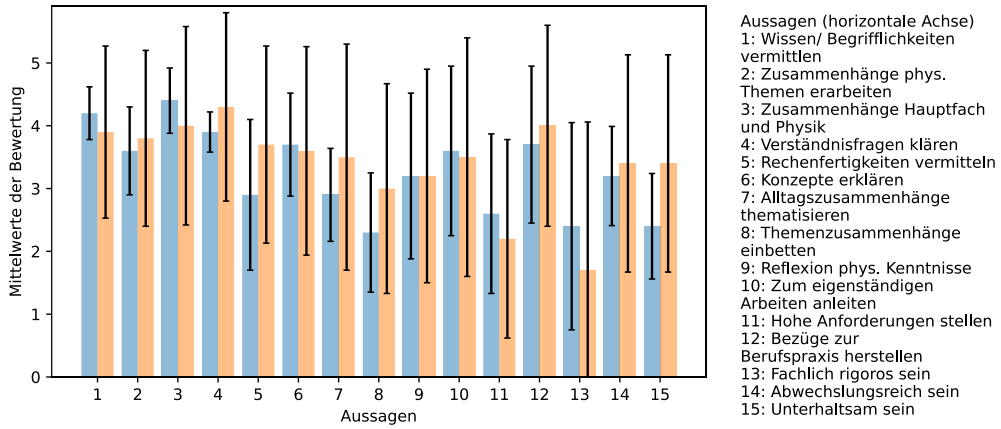


*Abb. 2.: Mittelwerte mit Standardabweichungen zu Forschungsfrage II (Antworten der Professor*innen in blau und der Studierenden in orange).*

Hinsichtlich der Forschungsfrage III (Unterschiede zwischen Professor*innen und Studierenden in der Beantwortung dieser Fragen) wurden nichtparametrische Mann-Whitney-U-Tests durchgeführt. Diese ergaben signifikante Unterschiede zwischen Professor*innen und Studierende bei der Gewichtung des Lösens quantitativer Aufgaben (asymptotische Signifikanz $p < .01$). Weiterhin ergeben sich signifikante Unterschiede in den Bewertungen der Aussagen „Verständnisfragen klären“ ($p = .003$) sowie „Unterhaltsam sein“ ($p = .002$). Letzterer Aspekt wird von den Studierenden wichtiger bewertet als von den Professor*innen ($M_{Stud} = 3.4$, $M_{Prof} = 2.4$).

Diskussion und Schlussfolgerungen

Aus den Ergebnissen der Befragung werden im Austausch mit den Dozent*innen des Fachbereichs Physik, die die Service-Lehrveranstaltung im kommenden Semester abhalten, erste Ansätze für mögliche Anpassungen entwickelt, um den Erwartungen des adressierten Fachbereichs entgegenzukommen. Darüber hinaus wird auf Grundlage der Ergebnisse ein digitales Lernangebot entwickelt, das die Veranstaltung künftig im Blended-Learning-Format anreichert und sowohl als studienvorbereitende sowie als studienunterstützende Maßnahme angeboten werden soll (Paul et al., 2021). Hierfür ergeben sich aus der Befragung fünf Anforderungsdimensionen für Aufgabensets: „Basis- und Vorwissen“, „Verständnis physikalischer Zusammenhänge“, „Rechenfertigkeiten“, „Experimente und Phänomene“, sowie „physikalische Herleitungen“. Diese sollen in unterschiedlichen Aufgabenformaten über die Lernplattform Moodle mittels Plugin *STACK* (Sangwin, 2013) gestaltet werden. Studierenden wird damit in der Studieneingangsphase Unterstützung angeboten (Issing & Klimsa, 2009) durch die Möglichkeit, ihren Wissensstand in einem selbstgesteuerten Lernprozess vor- und nachzuarbeiten.

Da sich die Befragung auf den Fachbereich Bau- und Umweltingenieurwesen beschränkt, können derzeit keine Aussagen über mögliche Unterschiede in der Bewertung durch Professor*innen und Studierende anderer Fachbereiche getroffen werden, die in der Servicelehre ebenfalls adressiert werden. Hierzu sind weitere Erhebungen notwendig.

Literatur

Bausch, I., Fischer, P.R., Oesterhaus, J. (2014): Facetten von Blended Learning Szenarien für das interaktive Lernmaterial VEMINT – Design und Evaluationsergebnisse an den Partneruniversitäten Kassel, Darmstadt und Paderborn. In: Bausch, I. et al. (Hrsg): Mathematische Vor- und Brückenkurse. Konzepte und Studien zur Hochschuldidaktik und Lehrerbildung Mathematik, Springer Spektrum, Wiesbaden 2014

Haarala-Muhonen, A., Ruohoniemi, M., Parpala, A., Komulainen, E. & Lindblom-Ylänne, S. (2017). How do the different study profiles of first-year students predict their study success, study progress and the completion of degrees? Higher Education, 74, 949–962. https://doi.org/10.1007/s10734-016-0087-8.

Heublein, U., Ebert, J., Hutzsch, C., Isleib, S., König, R., Richter, J. & Woisch, A. (2017): Zwischen Studienerwartungen und Studienwirklichkeit – Ursachen des Studienabbruchs, beruflicher Verbleib der Studienabbrecherinnen und Studienabbrecher und Entwicklung der Studienabbruchquote an deutschen Hochschulen. Deutsches Zentrum für Hochschul- und Wissenschaftsforschung GmbH, Hannover

Heublein, U. & Schmelzer, R. (2018). Die Entwicklung der Studienabbruchquoten an den deutschen Hochschulen. Statistische Berechnungen auf der Basis des Absolventenjahrgangs 2016 (Projektbericht). Hannover: DZHW. Projektbericht.

Holmegaard, H.T., Madsen, L. M. & Ulriksen, L. (2013): A journey of negotiation and belonging: understanding students' transitions to science and engineering in higher education. Springer Science & Business Media Dordrecht. Online veröffentlicht am 30. Oktober 2013

Issing, L.J. & Klimsa, P. (2009): Online-Lernen. Handbuch für Wissenschaft und Praxis. Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH. München 2009

Paul, D., Schmidt, C., Reinmann, G. & Marquardt, V. (2021): Digitales, begleitetes Selbststudium. In: Küstermann, R. et al. (Hrsg.): Selbststudium im digitalen Wandel. Digital, begleitetes Selbststudium in der Mathematik – MINT meistern mit optes. Springer Spektrum Open Access. S. 13 ff.

Rindermann, H., & Oubaid, V. (1999). Auswahl von Studienanfängern durch Universitäten – Kriterien, Verfahren und Prognostizierbarkeit des Studienerfolgs. Zeitschrift für Differentielle und Diagnostische Psychologie, 20, 172–191.

Sangwin, C. (2013): Computer aided assessment of mathematics. Oxford University Press

Rainer Wackermann[1] [1]Ruhr-Universität Bochum
Thomas Schubatzky[2] [2]Universität Graz
Carina Wöhlke[1]
Claudia Haagen-Schützenhöfer[2]

Entwicklung eines Climate Change Concept Inventory

Der anthropogene Klimawandel ist eine der zentralen Herausforderungen aktueller wie auch zukünftiger Generationen (Schreiner, Henriksen, & Kirkeby Hansen, 2005). Für SchülerInnen als zukünftige WählerInnen, EntscheidungsträgerInnen und Mitglieder unserer Gesellschaft ist der Klimawandel ein bedeutsames Themenfeld. Das zeigen auch Entwicklungen rund um die „Fridays for Future-Bewegung“. Obwohl ein höheres Wissen zum Thema Klimawandel nicht automatisch zu einem klimafreundlicheren Verhalten führt (Bedford, 2016; Hornsey, Harris, Bain, & Fielding, 2016), scheint klar, dass ein fundiertes Wissen über naturwissenschaftliche Grundlagen des Klimawandels eine der wichtigsten Voraussetzungen für einen adäquaten Umgang unserer Gesellschaft mit Umweltproblemen wie dem Klimawandel darstellt (Bord, O'Connor, & Fisher, 2000; Stevenson, Peterson, Bondell, Moore, & Carrier, 2014). Um den Ist-Stand des Wissens und der Vorstellungen junger Menschen im deutschsprachigen Raum zu naturwissenschaftlichen Grundlagen des Klimawandels feststellen zu können, aber auch um entwickelte Bildungsangebote zu evaluieren, erscheint es notwendig, ein Testinstrument zu entwickeln welches dies leisten kann. Concept-Inventories sind dafür prädestiniert, die Vorstellungen und das Wissen einer großen Anzahl von Personen valide erheben zu können (Schecker & Gerdes, 1999).

Climate Change Concept-Inventory

Concept-Inventories sind validierte Multiple-Choice Fragebögen, die das Verständnis von einer großen Anzahl Lernender in einem bestimmten Themenbereich erheben können (Schecker & Gerdes, 1999). In den letzten Jahren und Jahrzehnten wurden mehrere derartiger Testinstrumente zum Thema Klimawandel entwickelt (z.b. Arslan, Cigdemoglu, & Moseley, 2012; Jarrett & Takacs, 2019; Lambert, Lindgren, & Bleicher, 2012; Lombardi, Sinatra, & Nussbaum, 2013). Eine deutschsprachige Version, welche das Wissen und die Vorstellungen von Jugendlichen valide erheben kann, existiert unseres Wissens bis dato aber noch nicht. Um diese Forschungs- und Entwicklungslücke ein Stück weit zu schließen, wurde in einem ersten Schritt ein in Australien entwickelter Climate Change Concept Inventory (CCCI) (Jarrett & Takacs, 2019) übersetzt und bei etwa 340 SchülerInnen in Österreich pilotiert (Schubatzky, Pichler, & Haagen-Schützenhöfer, 2020).

Im Zuge dieser Pilotierung wurden jedoch einige Unzulänglichkeiten aufgedeckt. Diese betreffen die Unklarheit der Genese des Konzeptraums (Delphi-Studie mit Schul-Lehrkräften), die Abbildung relevanter Fach-Inhalte (etwa die Unterscheidung zwischen Wetter und Klima kommt nicht vor) und die Selektionskriterien der ursprünglichen Auswahl. Auch aus psychometrischer Sicht sind einige Fragen zweifelhaft gestellt, beispielsweise durch stark unterschiedlicher Antwortlängen (diese unterscheiden sich bspw. zum Teil um den Faktor 2), so dass insgesamt die Validität und die Reliabilität des australischen Instruments angezweifelt werden müssen. Es braucht daher eine fachdidaktische wie auch psychometrische Überarbeitung dieses CCCI.

Derzeit arbeiten wir an der Weiterentwicklung der deutschen Version dieses CCCI: Einerseits an der sinnvollen Auswahl der zentralen physikalischen Konzepte des Climate Change Concept Inventory (CCCI), an späterer Stelle auch an der test-theoretischen Gestaltung des Testinstruments.

Fachdidaktische Klärung des Konzeptraums des CCCI

Fachdidaktische Klärung des Konzeptraums bedeutet hier eine fachlich in sich geschlossene und bereits in Hinblick auf schulischen Unterricht reduzierte sachlich-fachlich angemessene und umfassende Darstellung eines Sachverhaltes. Dabei handelt es sich nicht zwingendermaßen um eine didaktische Rekonstruktion für einen etwaigen Unterricht zum Thema. Um den Konzeptraum des CCCI zu klären, wurden Expertenbefragungen (Interviews mit KlimawissenschaftlerInnen in Graz) abgeglichen sowie einschlägige Bücher (etwa Buchal & Schönwiese 2010) und Vorträge von ExpertInnen (Koppmann 2019) gesichtet und zusammengeführt. Als erstes Zwischenergebnis ergab sich eine Liste von Konzepten, die augenscheinlich elementar für das Verständnis des Klimawandels zu sein scheinen. Diese sind:

- Fakten zur Atmosphäre
- Unterscheidung von Klima und Wetter
- Der Treibhauseffekt
- Das Klima als System
- Der Kohlenstoffkreislauf

Beispielhaft ist auf Seite 3 in Abbildung 2 die bereits erfolgte fachdidaktische Klärung des Konzepts *Treibhauseffekt* dargestellt.

Nächste Schritte und Ausblick

In Abbildung 1 sind überblicksartig die bisher getätigten sowie zukünftig geplanten Schritte in der Weiterentwicklung des CCCI dargestellt. Nach einer Finalisierung des Konzeptraums werden im nächsten Schritt Kompetenzerwartungen zu den jeweiligen Konzepten formuliert. Diese dienen als Orientierungsrahmen für die Entwicklung von je drei bis sechs Items pro Konzept. Die Formulierung der Items soll sich an Leitlinien der Testentwicklung orientieren: Es sollen Single-Choice Items entstehen, wobei die Antwortlängen innerhalb der Items sowie die Anzahl der Distraktoren zwischen den Items möglichst konstant gehalten werden soll. Doppelte Verneinungen sollen vermieden werden usw. Der nächste Schritt besteht aus einer Optimierung und Auswahl von Items. Schließlich soll der CCCI im Studienjahr 2020/21 mehrmals pilotiert und überartet werden.



Abbildung 1: Überblick über bisher getätigte und zukünftig geplante Schritte in der Weiterentwicklung des CCCI

Das übergeordnete Ziel ist, ein valides, fachdidaktisch überarbeitetes CCCI zur Messung des Verständnisses von SchülerInnen sowie von Studierenden im deutschsprachigen Raum einzusetzen und zur Verfügung zu stellen, um einen Beitrag zur Bildung für Nachhaltige Entwicklung (BNE) zu leisten.

Vorbemerkung: (Dunkle) Körper strahlen entsprechend ihrer Temperatur Energie ab. Das bezieht sich sowohl auf die Energiemenge als auch auf die Wellenlänge der Strahlung. Die Sonne strahlt überwiegend sichtbare Strahlung ab. Die Sonne ist Hauptenergielieferant für die Erde. Die Erde ist von einer Atmosphäre umgeben.

1. Schritt: Etwa ein Viertel der Sonnenstrahlung wird an den Wolken direkt in den Weltraum reflektiert; ein anderes Viertel wird von der Atmosphäre absorbiert. Ungefähr die Hälfte der Sonnenstrahlung strahlt ungehindert durch die Atmosphäre durch auf den Erdboden. Helle Oberflächen wie Eis oder Schnee auf der Erdoberfläche reflektieren diese Strahlung unverändert zurück in den Weltraum.

2. Schritt: Dunkle Stellen wie Gestein oder Ozean absorbieren die Sonnenstrahlung und erwärmen sich. Die dunkle, erwärmte Erdoberfläche strahlt aufgrund ihrer Temperatur langwellige Wärmestrahlung ab. Das ist eine Strahlungsumwandlung von sichtbarem Sonnenlicht zu Wärmestrahlung.

3. Schritt: Für Wärmestrahlung ist die Atmosphäre auf Grund in Spuren vorkommender Gase (Wasserdampf, CO2…) nur teilweise durchlässig. Die Atmosphäre wird erwärmt. Die Atmosphäre wird „von unten“ erwärmt.

Das ist der natürliche Treibhauseffekt auf der Erde, der die mittlere Temperatur von -18°C auf +15°C Grad hebt. Es gibt einen zusätzlichen, vom Menschen verursachten Treibhauseffekt (auf +16°C) durch erhöhten Eintrag von bspw. CO2 in die Atmosphäre.

4. Schritt: Die erwärmte Atmosphäre emittiert auch wieder langwellige Wärmestrahlung – auch nach unten. Dadurch wird die Erdoberfläche (werden die Ozeane usw.) zusätzlich erwärmt.

Im Endeffekt strahlt die Erde genau so viel Energie ab, wie von der Sonne eingestrahlt wird (Strahlungsgleichgewicht). Mit zunehmender CO2-Menge in der Atmosphäre wird auch zunehmend Wärmestrahlung von der Erdoberfläche von der Atmosphäre absorbiert. Dadurch verlässt weniger Energie die Erde (Strahlungsungleichgewicht). Mit steigender Temperatur steigt aber die Fähigkeit zur Abstrahlung von Energie. Es kommt zu einem neuen Strahlungsgleichgewicht bei erhöhter Temperatur der Erde.

Abbildung 2: Fachdidaktische Klärung des Konzepts Treibhauseffekt für den CCCI

References

Arslan, H. O., Cigdemoglu, C., & Moseley, C. (2012). A three-tier diagnostic test to assess pre-service teachers' misconceptions about global warming, greenhouse effect, ozone layer depletion, and acid rain. *International Journal of Science Education*, *34*(11), 1667–1686.

Bedford, D. (2016). Does climate literacy matter? A case study of US students' level of concern about anthropogenic global warming. *Journal of Geography*, *115*(5), 187–197. https://doi.org/10.1080/00221341.2015.1105851

Buchal, C., & Schönwiese (2010). *Klima - Die Erde und ihre Atmosphäre im Wandel der Zeiten*. MIC-Verlag, Köln.

Bord, R. J., O'connor, R. E., & Fisher, A. (2000). In what sense does the public need to understand global climate change? *Public Understanding of Science*, *9*(3), 205–218.

Hornsey, M. J., Harris, E. A., Bain, P. G., & Fielding, K. S. (2016). Meta-analyses of the determinants and outcomes of belief in climate change. *Nature Climate Change*, *6*(6), 622–626.

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

Koppmann, R. (2019). *Der Klimawandel und seine Auswirkungen*. Vortrag an der Junior Uni Wuppertal.

Lambert, J. L., Lindgren, J., & Bleicher, R. (2012). Assessing elementary science methods students' understanding about global climate change. *International Journal of Science Education, 34*(8), 1167–1187.

Lombardi, D., Sinatra, G. M., & Nussbaum, E. M. (2013). Plausibility reappraisals and shifts in middle school students' climate change conceptions. *Learning and Instruction, 27*, 50–62.

Schecker, H., & Gerdes, J. (1999). Messung von Konzeptualisierungsfähigkeit in der Mechanik. Zur Aussagekraft des Force Concept Inventory. *Zeitschrift Für Didaktik Der Naturwissenschaften, 5*(1), 75–89.

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., Pichler, A., & Haagen-Schützenhöfer, C. (2020). Weiter-Entwicklung eines Klimawandel-Testinstruments. *PhyDid B-Didaktik Der Physik-Beiträge Zur DPG-Frühjahrstagung, 1*.

Stevenson, K. T., Peterson, M. N., Bondell, H. D., Moore, S. E., & Carrier, S. J. (2014). Overcoming skepticism with education: interacting influences of worldview and climate change knowledge on perceived climate change risk among adolescents. *Climatic Change, 126*(3-4), 293–304.

Marina Hönig[1]
Julian Küsel[1]
Lilith Rüschenpöhler[1]
Silvija Markic[1]

[1]Pädagogische Hochschule Ludwigsburg

DiSenSu: Ein Kartenspiel zur Berufsorientierung im MINT-Bereich

Theoretischer Hintergrund

Eines der Ziele der Berufsorientierung ist, dass Jugendlichen und jungen Erwachsenen eine Berufswahl „frei von Klischees“ ermöglicht wird (Kultusministerkonferenz, 2017). Dies ist besonders für die naturwissenschaftliche Berufsorientierung bedeutsam, da Gender und Kulturzugehörigkeit einflussreich sind: Insbesondere Mädchen und junge Frauen mit Migrationshintergrund können sich selten vorstellen, einen naturwissenschaftlichen Beruf zu ergreifen (OECD, 2009). Dies begründen einige Forschende damit, dass Mädchen weniger Möglichkeiten haben, eine naturwissenschaftliche Identität auszubilden (Archer et al., 2013). Entsprechende Angebote für diese Mädchen werden hinsichtlich ihrer Wirksamkeit somit kritisch bewertet (vgl. Mokhonko et al., 2014).

Besonders effektiv ist eine Berufsorientierung, wenn Eltern und Lehrkräfte zusammenarbeiten (Mayhack & Kracke, 2010), da Verwandte eine zentrale Rolle in der Berufsorientierung von Jugendlichen spielen (Esch & Grosche, 2011). Sie sind für Jugendliche wichtig als „encouragement“, während Lehrkräfte konkretere inhaltliche Planungen in der Berufswahl begleiten (Martinez & Castellanos, 2018). Jedoch kennen viele Menschen naturwissenschaftliche Berufe vor allem über das Fernsehen (Esch & Grosche, 2011). Insbesondere in sozial benachteiligten Familien ist oft wenig belastbares Wissen über naturwissenschaftliche Berufe vorhanden (Archer et al., 2015). Auch die Berufsorientierung außerhalb der Schule hat einen großen Einfluss auf die Wahl einer Berufslaufbahn in den Naturwissenschaften (Robertson, 2000). Mädchen mit Migrationshintergrund wünschen sich hier für ihre Berufsorientierung mehr persönliche Kontakte zu Universitäten und anderen formellen bzw. professionelleren Quellen (Rüschenpöhler et al., 2020).

Auf dieser Grundlage wurde außerschulisch im Forschungsverbundprojekts „DiSenSu“ (www.disensu.de) mit Mädchen und jungen Frauen ein Berufsorientierungscoaching im naturwissenschaftlichen Bereich durchgeführt, um ihnen eine klischeesensible Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlichen Berufsfeldern zu ermöglichen.

Im Zuge dieses Projekts wurde ein Kartenspiel entwickelt, erprobt und evaluiert. Das Kartenspiel dient als pädagogisches Material, um Gespräche über das Thema naturwissenschaftliche Berufsorientierung zwischen Eltern und Tochter oder zwischen zwei Mädchen anzuregen. Es stellt ein praktisches Umsetzungsbeispiel dar, welches bei der außerunterrichtlichen naturwissenschaftlichen Berufsorientierung unterstützen soll. Es kann dabei helfen, eine klischeesensible Berufsorientierung ‚spielerisch‘ anzugehen, um die naturwissenschaftliche Identitätsbildung von Mädchen zu fördern. Dafür soll das Kartenspiel Gespräche über naturwissenschaftliche Berufe, Erfahrungen und die damit verbundenen Gedanken und Gefühle anregen. Im Sinne von *Science Capital* (Archer et al., 2015) soll ein Arbeitsbündnis zwischen den Spielenden entstehen.

Die Entwicklung des Spiels

Zunächst wurden die Spielregeln und das Material (Spielbrett, Spielkarten, Spielanleitung) gestaltet und das Design des Spiels entworfen. Im Anschluss daran wurde der passende Inhalt für die Spielkarten nach Aspekten von *Science Capital* (Archer et al., 2015) entwickelt. Der Schwerpunkt lag hier auf dem sozialen *Science Capital*, in diesem Falle der Anregung eines Arbeitsbündnisses zwischen Elternteil und Tochter, das die jungen Frauen in ihrer naturwissenschaftlichen Berufsorientierung unterstützen soll. Zudem soll das Spiel kulturelles *Science Capital* fördern, d. h. in diesem Falle das Wissen über naturwissenschaftliche Berufe erweitern. Die weitere Entwicklung des Kartenspiels erfolgte in einem zyklischen Prozess in vier Phasen:

- *Phase 1*. Die Spielregeln und Materialien für das Kartenspiel zwischen einem Elternteil und einer Tochter wurden durch 10 SchülerInnen auf sprachliche und inhaltliche Verständlichkeit sowie Passung der Spielkarten zur Zielgruppe und Spielsituation überprüft. Dafür wurde ein Feedbackbogen mit Likert-Items und offenen Fragen genutzt.

- *Phase 2*. Das auf Basis dieses Feedbacks überarbeitete Spiel wurde im Rahmen eines Elternsprechtages, angeleitet durch Coaches (Spielleiterinnen), erprobt. Die Coaches waren weibliche Studierende der Naturwissenschaften, zum Teil mit Migrationshintergrund. Vor Beginn ihrer Tätigkeit nahmen sie an einer Schulung zum Thema Gender und Diversität in der naturwissenschaftlichen Berufsorientierung teil. In einem *Mixed-Methods-Design* wurden auf dem Elternsprechtag drei Gespräche zwischen Elternteil und Tochter während des Kartenspiels als Audiodatei aufgezeichnet und weitere Daten mit Hilfe eines Likert-Fragebogens von den Elternteilen und Töchtern eingeholt.

- *Phase 3*. Basierend auf den Daten aus Phase 2 wurde das Spiel wiederum überarbeitet. In der dritten Phase wurde das überarbeitete Spiel auf einem Elterninformationstag erprobt. Dabei wurden die Gespräche zwischen Elternteilen und Töchtern von den Spielleiterinnen beobachtet. Dies geschah mit einem Beobachtungsbogen und mündlichem Feedback durch die Spielleiterinnen.

- *Phase 4*. Da eine große Herausforderung in den Phasen 2 und 3 war, Mädchen gemeinsam mit ihren Eltern anzutreffen, wurde in Phase 4 eine zweite Kartenspiel-Variante entwickelt. Diese ist für den Einsatz zwischen zwei Mädchen konzipiert. Dies basiert auf der Annahme, dass sich Mädchen und junge Frauen im Sinne eines Arbeitsbündnisses gegenseitig in der Berufsorientierung unterstützen könnten. Diese zweite Variante wurde durch eine Lehrperson im Rahmen einer Berufsorientierung in einer neunten Klasse erprobt (Zahl der Mädchen = 16). Da sich das Kartenspiel insbesondere an Mädchen mit Migrationshintergrund richtet, erfolgte die Erprobung an einer Schule mit hohem Migrationsanteil. Die Lehrperson gab mündliches Feedback zu dem Spiel.

Das fertige Kartenspiel

Elternteil-Tochter-Variante: Mit dieser Variante des Kartenspiels soll ein Austausch zwischen Elternteil und Tochter anregt werden. Diese Variante kann z. B. in Gesprächen mit Eltern und ihren Töchtern (z. B. Berufscoachings, Elternsprechtage, Schulfeste, Vereinsfeste, ...) eingesetzt werden oder individuell zu Hause gespielt werden.

Variante für zwei Mädchen: Diese Kartenspiel-Variante ist für den Austausch zwischen zwei Mädchen konzipiert. Das Spiel kann bei Beratungsangeboten in der Berufsorientierung genutzt werden, z. B. in Vereinen, die sich auf die Unterstützung von Mädchen und jungen Frauen konzentrieren.

In beiden Varianten des Kartenspiels werden die Gespräche durch die Spielkarten geleitet, welche wechselnd ausgespielt werden. Die Spielkarten (s. Abb. 1) beinhalten Fragestellungen zur Berufsorientierung in den Naturwissenschaften und ermöglichen darüber hinaus eine Reflexion über den allgemeinen Prozess der Berufsorientierung (z. B. „Sprichst du mit deinen Freunden darüber, was du später werden möchtest?“). Sie stellen ausgewählte naturwissenschaftliche Berufe vor und fordern die Spielenden dazu auf, persönliche Einschätzungen und Meinungen zu äußern (z. B. „Stell dir vor du würdest in diesem Beruf arbeiten, wie wäre das für dich?“), Gedanken und Gefühle auszudrücken (z. B. „Welche Bedenken und Ängste hast du wegen deiner Berufswahl?“) und ermöglichen das Einholen von einer Fremdwahrnehmung vor der mitspielenden Person (z. B. „In welchem Bereich siehst du mich später mal beruflich?“).

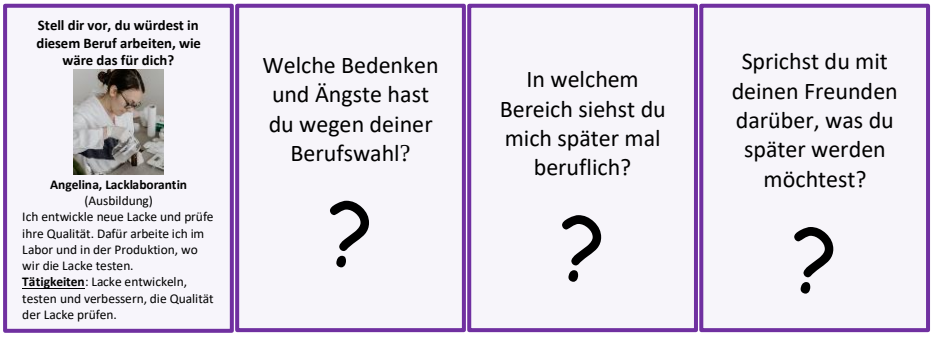


Abb. 1: Vier Beispiele für Spielkarten aus dem Spiel für Elternteile und ihre Töchter.

Erste Erfahrungen und Ausblick

Erste Erfahrungen zeigen, dass das Kartenspiel Potenzial hat, zwischen Elternteilen und ihren Töchtern Gespräche über die Berufsorientierung zu initiieren. Die Spielleiterinnen berichteten, dass über Themen gesprochen wurde, die laut den Töchtern nicht zu Hause besprochen wurden. Die Spielregeln sind leicht zu verstehen und beim Spielablauf kam es zu keinen Schwierigkeiten. Die Praxistauglichkeit des Kartenspiels hat sich bestätigt und das Spiel kann erfolgreich bei Maßnahmen zur Berufsorientierung z. B. in Vereinen und auf Veranstaltungen zur Berufsorientierung eingesetzt werden. Beide Kartenspiel-Varianten sind vollständig entwickelt und bereit für den Einsatz. Das Material erscheint voraussichtlich im Februar 2021 beim Raabe Verlag.

Danksagung

Das Vorhaben „DiversitySensiblerSupport: MINT-Berufsorientierung für weibliche Adoleszenten mit Migrationshintergrund in Tochter-Elternteil-Dyaden (DISENSU)“ wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) unter den Förderkennzeichen 01FP1725 und 01FP1726 gefördert.

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.

Archer, L., DeWitt, J., Osborne, J., Dillon, J., Willis, B., & Wong, B. (2013). ‘Not girly, not sexy, not glamorous’: Primary school girls’ and parents’ constructions of science aspirations. Pedagogy, Culture & Society, 21(1), 171–194.

Esch, M., & Grosche, J. (2011). Fiktionale Fernsehprogramme im Berufsfindungsprozess. Ausgewählte Ergebnisse einer bundesweiten Befragung von Jugendlichen. In Bundesministerium für Bildung und Forschung (Hrsg.), MINT und Chancengleichheit in fiktionalen Fernsehformaten. Bonn/Berlin: Bundesministerium für Bildung und Forschung.

Kultusministerkonferenz. (2017). Empfehlung zur Beruflichen Orientierung an Schulen (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 07.12.2017). Abgerufen März 26, 2020, von https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2017/2017_12_07-Empfehlung-Berufliche-Orientierung-an-Schulen.pdf

Martinez, E., & Castellanos, M. (2018). Catching them early: An examination of Chicano/Latino middle school boys’ early career aspirations. The Urban Review, 50(3), 378–401.

Mayhack, K., & Kracke, B. (2010). Unterstützung der beruflichen Entwicklung Jugendlicher: Der Beitrag von Lehrer/innen und Eltern. Diskurs Kindheits- und Jugendforschung, 5(4), 397–411.

Mokhonko, S., Nickolaus, R. & Windaus, A. (2014). Förderung von Mädchen in Naturwissenschaften: Schülerlabore und ihre Effekte. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 20, 143–159.

OECD. (2009). Chart A4.6 Tertiary graduates in science-related fields among 25-34 year-olds in employ-ment, by gender (2009). Education at a Glance 2011. Abgerufen September 4, 2018, von http://statlinks.oecdcode.org/962011041P1G020.XLS

Robertson, I.J. (2000). Influences on choice of course made by university year 1 bioscience students: A case study. International Journal of Science Education, 22, 1201–1218.

Rüschenpöhler, L. Hönig, M. Küsel, J., Markic, S. (2020). The role of gender and culture in vocational orientation in science. Education Sciences, 10, 240.

David Johannes Hauck[1]
Insa Melle[1]

[1]Technische Universität Dortmund

Digital-kollaboratives Lernen im Anfangsstudium Chemie

Motivation

Untersuchungen der letzten Jahre konnten zeigen, dass viele Chemiestudierende ihr Studium abbrechen. Eine aktuelle Studie von Heublein et al. (2020) im Auftrag des DZHW benennt eine Abbruchquote im Chemie-Bachelorstudium von 47 %, welche weit über dem universitären Gesamtschnitt von 32 % sowie auch leicht über dem Fächergruppenschnitt Mathematik/Naturwissenschaften von 43 % liegt (ebd.). Als Hauptursachen werden vor allem die hohen fachlichen Leistungsanforderungen sowie daraus resultierend ein nachlassendes Interesse am Fach angegeben (ebd., 2017).

Eine Hürde im Chemieanfangsstudium stellen einerseits chemische Grundlagen dar, die die Studierenden beherrschen und zum Teil aufarbeiten müssen, da sie die Universität je nach Vorbildung oder Kurswahl in der Oberstufe mit sehr heterogenen fachlichen Voraussetzungen betreten (vgl. Freyer et al., 2014; Averbeck et al., 2017; Demiroglu, 2020). Hinzu kommen quantenphysikalische Modelle wie die Valence-Bond-(VB-) oder die Molekülorbital-(MO-) theorie, die neben allgemeinen Schwierigkeiten im Umgang mit Modellen (vgl. Taber, 2002a; Gilbert & Boulter, 2000; Johnstone, 2000) einige spezifische konzeptuelle Schwierigkeiten auf Seite der Studierenden evozieren. So können zentrale Begriffe wie Atom- und Molekülorbitale nicht eindeutig definiert und abgegrenzt werden; verwandte Konzepte wie Orbitale und Schalen werden verwechselt; hinzu kommen charakteristische, zum Teil hausgemachte, Fehlvorstellungen im Bereich der Resonanz beziehungsweise Delokalisierung (Taber, 2002a; 2002b; Tsaparlis, 1997; Partanen, 2018; Bouayad et al., 2014).

Wird nun zusätzlich berücksichtigt, dass drei Viertel der Studienabbrüche innerhalb der ersten vier Fachsemester erfolgen (Heublein et al., 2017), wird ein akuter Bedarf an geeigneten Vermittlungsformaten und Unterstützungsangeboten deutlich, um die Studierenden in den ersten Semestern zu fördern.

Untersuchungsdesign

Im Rahmen dieses Projekts wird eine digital-kollaborative Intervention für den Hochschuleingangsbereich Chemie mit inhaltlichem Schwerpunkt auf der Molekülorbitaltheorie entwickelt. Diese setzt sich aus einer individuell zu bearbeitenden Moodle-basierten Lernumgebung sowie einer daran anschließenden gemeinsamen Arbeitsphase zusammen, in der die Studierenden in leistungsheterogenen Gruppen kollaborativ eine Concept-Map (Novak & Cañas, 2006) erstellen.

Den methodischen Rahmen bildet das *mobile Computer-Supported Collaborative Learning (mCSCL),* das Ansätze aus dem Kooperativen beziehungsweise Kollaborativen Lernen weiterentwickelt und darauf abzielt, mit Hilfe mobiler digitaler Endgeräte Zusammenarbeit, Diskussion und Austausch innerhalb von Lehr-Lern-Settings zu erleichtern oder überhaupt erst zu ermöglichen (Zurita & Nussbaum, 2004; Sung et al., 2017).

Die digitale Lernumgebung zur Molekülorbitaltheorie
Zunächst sollen in Einzelarbeit Kenntnisse aus der Vorlesung aufgefrischt und vertieft werden. Dabei werden qualitative quantenphysikalische Grundlagen vor dem Hintergrund der Molekülorbitaltheorie wiederholt, bevor die Studierenden sich intensiv mit den sich daraus ergebenden Energiediagrammen auseinandersetzen. Neben der Erklärung, Erstellung und Interpretation ebenjener Diagramme werden auf einer Meta-Ebene auch Grenzen von Modellen aufgezeigt. So werden anhand ausgewählter Kontexte wie dem paramagnetischen Verhalten von Sauerstoff kognitive Konflikte herbeigeführt, um zu zeigen, dass manche Phänomene nicht mit Hilfe der VB-Theorie allein erklärt werden können, die MO-Theorie dies jedoch vermag.

Der fachliche Input erfolgt in dieser Arbeitsphase in Form kurzer Erklärvideos, an die interaktive H5P-basierte Inhalte anknüpfen. Hervorzuheben ist, dass durch die Aufgabenformate, inhaltliche wie strukturelle Hilfen sowie den selbstregulierenden Charakter der Lernumgebung den individuellen Voraussetzungen der Studierenden besondere Rechenschaft getragen wird.

Digital-kollaboratives Concept-Mapping
Im Anschluss an die Bearbeitung der digitalen Lernumgebung erstellen die Studierenden in Vierergruppen kollaborativ eine Concept Map zu den vermittelten Inhalten. Dadurch soll einerseits die Verarbeitung, Sicherung sowie Strukturierung großer Informationsmengen erleichtert werden, wovon die Studierenden auch auf metakognitiver Ebene in ihrem späteren Studium profitieren sollen: Dort werden sie noch öfter mit umfangreichen Inhaltsfeldern konfrontiert, die sie vernetzen und ordnen müssen (Stoyanova & Kommers, 2002). Andererseits bietet die Methode gute Voraussetzungen zur Unterstützung des Lernprozesses in Form eines formativen Feedbacks (Ropohl & Scheuermann, 2018).

Durch die kollaborative Herangehensweise soll angeregt werden, dass sich die Studierenden in Interaktion sehr aktiv mit dem Lerngegenstand auseinander setzen (Roschelle & Teasley, 1995), was sich gerade für hochvernetzte Inhalte und zum Aufbau von Transferwissen in den Naturwissenschaften bewährt hat (Berger & Walpuski, 2018). Weiterhin wurde das unterschiedliche Vorwissen der Studierenden bei der Zusammensetzung der Gruppen berücksichtigt: Gerade leistungsschwächere Studierende profitieren im Lernprozess stärker von einer heterogenen Gruppenzusammensetzung (Vygotsky, 1978; Noroozi et al., 2012).

Eingesetzte Tools
Um aufgrund der aktuellen Corona-Krise die Intervention auch im Distanzlernformat durchführen zu können, wird sie so konzipiert, dass die Studierenden mit ihren eigenen mobilen Endgeräten von zu Hause aus daran teilnehmen können. Dies hat den zusätzlichen Vorteil, dass diese Geräte gegebenenfalls schon individualisiert barrierefrei sind und durch ihre differenzierte Zugänglichkeit einen Beitrag zum adaptiven Lernen leisten können (Bosse, 2019). Hierbei kommen die folgenden Anwendungen zum Einsatz:
- Kursverwaltung, digitale Lernumgebung: Moodle
- Kollaboratives Concept-Mapping: CmapTools
- Fixierung offener Fragen und digitale Tests: LimeSurvey
- Austausch innerhalb der Gruppen: Zoom

Forschungsinteresse und Instrumente
Basierend auf den vorangehenden Überlegungen berücksichtigt der Forschungsansatz zwei verschiedene Dimensionen des Erkenntnisgewinns.

Praktischer Ertrag für die Hochschullehre
In diesem Projekt wird eine Lernumgebung entwickelt, die eine typische Hochschulvorlesung im Chemieanfangsstudium ergänzt und Studierende dabei unterstützt, zentrale Konzepte im Bereich der MO-Theorie zu durchdringen. Zunächst wird dazu die grundlegende Frage nach der Lernwirksamkeit des kollaborativen Formats untersucht, gerade vor dem Hintergrund der heterogenen Voraussetzungen auf Seiten der Studierenden. Hierzu werden ein selbstentwickelter Fachwissenstest sowie Fragebögen zur *Usability* und zum *Cognitive Load* der Lernumgebung eingesetzt.

Theoretischer Ertrag für die mCSCL-Forschung
Im Bereich des *mCSCL* bestehen Forschungslücken hinsichtlich Kriterien effektiver Kollaboration sowie der Untersuchung des Potenzials mobiler Endgeräte zur Optimierung von Gruppenarbeitsprozessen. Im Fokus stehen hierbei in diesem Projekt neben dem Fachwissenszuwachs die individuelle Nutzung der digitalen Lernumgebung, die Einschätzung des Gruppenarbeitsprozesses durch die Lernenden sowie die Gestaltung der kollaborativen Elemente des Lernsettings (Johnson et al., 2005; Sung et al., 2017; Song et al., 2014). Dementsprechend werden, ergänzend zu den oben beschriebenen Instrumenten, Fragebögen zum individuellen studentischen Selbstkonzept sowie zur Selbst- und Fremdeinschätzung im Rahmen der kollaborativen Arbeitsphase genutzt.

Ausblick
Aktuell wird die digitale Lernumgebung entwickelt; anschließend werden darauf abgestimmte Testinstrumente ausgewählt und adaptiert beziehungsweise ebenfalls entwickelt. Im Wintersemester 2020/21 wird die Studie zunächst mit einer kleinen Gruppe Studierender pilotiert, bevor die erste Hauptuntersuchung mit einer Stichprobe $N \approx 200$ im Rahmen der erstsemestrigen Grundvorlesung „Allgemeine und Anorganische Chemie 1“ durchgeführt wird. Im Anschluss werden die eingesetzten digitalen und analogen Arbeitsmaterialien, das Forschungsdesign sowie die Test- und Diagnoseinstrumente vor dem Hintergrund der ersten Untersuchungsergebnisse evaluiert und überarbeitet, bevor im Wintersemester 2021/22 die zweite Hauptuntersuchung stattfindet.

Neben Produkten wie den erstellten Concept Maps und Testergebnissen der Studierenden werden auch Prozessdaten in Form von Video- und Chataufzeichnungen sowie Bearbeitungsstatistiken der digitalen Lernmaterialien erhoben, die anhand von Kodiermanualen ausgewertet werden, um einen Einblick über entsprechende Prozessdaten zu erhalten.

Förderhinweis
Dieses Projekt wird im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert.

Literatur

Averbeck, D., Fleischer, J., Sumfleth, E., Leutner, D., & Brand, M. (2017). Analyse chemischen Fachwissens und dessen Einfluss auf Studienerfolg. In C. Maurer (Ed.), Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung in Zürich 2016. Universität Regensburg, 83–87

Berger, R., & Walpuski, M. (2018). Kooperatives Lernen. In D. Krüger, I. Parchmann, & H. Schecker (Eds.), Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung. Springer Berlin Heidelberg, 227–244

Bosse, I., Schluchter, J.-R., & Zorn, I. (Eds.). (2019). Handbuch Inklusion und Medienbildung (1. Auflage). Beltz Juventa

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

Demiroglu, H. (2020). Evaluation einer iPad-basierten Lernumgebung zur Stöchiometrie im Chemieanfangsstudium. Unveröffentlichte Masterarbeit, Technische Universität Dortmund

Freyer, K., Epple, M., Brand, M., Schiebener, J., & Sumfleth, E. (2014). Studienerfolgsprognose bei Erstsemesterstudierenden in Chemie. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 20(1), 129–142

Gilbert, J. K., & Boulter, C. J. (2000). Developing Models in Science Education. Springer Netherlands

Heublein, U., Ebert, J., Hutzsch, C., Isleib, S., König, R., Richter, J., & Woisch, A. (2017). Zwischen Studienerwartungen und Studienwirklichkeit: Ursachen des Studienabbruchs, beruflicher Verbleib der Studienabbrecherinnen und Studienabbrecher und Entwicklung der Studienabbruchquote an deutschen Hochschulen. Forum Hochschule: 2017, 1. DZHW

Heublein, U., Richter, J., & Schmelzer, R. (2020). Die Entwicklung der Studienabbruchquoten in Deutschland. DZHW

Johnson, D. W., Johnson, R. T., & Holubec, E. J. (2005). Kooperatives Lernen, kooperative Schule: Tipps - Praxishilfen - Konzepte. Verl. an der Ruhr

Johnstone, A. H. (2000). Teaching of Chemistry-Logical or psychological? Chem. Educ. Res. Pract., 1(1), 9–15

Noroozi, O., Weinberger, A., Biemans, H. J.A., Mulder, M., & Chizari, M. (2012). Argumentation-Based Computer Supported Collaborative Learning (ABCSCL): A synthesis of 15 years of research. Educational Research Review, 7(2), 79–106

Novak, J. D., & Cañas, A. J. (2006). The Origins of the Concept Mapping Tool and the Continuing Evolution of the Tool. Information Visualization, 5(3), 175–184

Partanen, L. (2018). Student-centred active learning approaches to teaching quantum chemistry and spectroscopy: quantitative results from a two-year action research study. Chem. Educ. Res. Pract., 19(3), 885–904

Ropohl, M., & Scheuermann, H. (2018). Welche Rückmeldungen wirken am besten? Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 24(1), 151–165

Roschelle, J., & Teasley, S. D. (1995). The Construction of Shared Knowledge in Collaborative Problem Solving. In C. O'Malley (Ed.), NATO ASI Series, Series F: Vol. 128. Computer Supported Collaborative Learning, 69–97

Song, Y. (2014). Methodological Issues in Mobile Computer-Supported Collaborative Learning (mCSCL): What Methods, What to Measure and When to Measure? Educational Technology & Society, 17(4), 33–48

Stoyanova, N., & Kommers, P. (2002). Concept Mapping as a Medium of Shared Cognition in Computer-Supported Collaborative Problem Solving. Journal of Interactive Learning Research, 13(1), 111–133.

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.

Taber, K. S. (2002a). Compounding quanta: Probing the frontiers of student understanding of molecular orbitals. Chem. Educ. Res. Pract., 3(2), 159–173

Taber, K. S. (2002b). Conceptualizing quanta: Illuminating the ground state of student understanding of Atomic Orbitals. Chem. Educ. Res. Pract., 3(2), 145–158

Tsaparlis, G. (1997). Atomic orbitals, molecular orbitals and related concepts: Conceptual difficulties among chemistry students. Research in Science Education, 27(2), 271–287

Vygotsky, L. S. (1978). Mind in Society. MA: Harvard University Press

Zurita, G., & Nussbaum, M. (2004). Computer supported collaborative learning using wirelessly interconnected handheld computers. Computers & Education, 42(3), 289–314

Lars Greitemann[1] [1]Technische Universität Dortmund
Insa Melle[1]

Tablet-gestütztes Lernen in Wissensvermittlung und Wissenssicherung

Einleitung

Durch gesellschaftliche und bildungspolitische Veränderungen unterliegt das deutsche Schulsystem einem ständigen Wandel. Aus diesem Grund stehen die Schulen u. a. vor der Herausforderung, der stetigen Digitalisierung unserer Gesellschaft Rechnung zu tragen, wodurch ein Lernen mit und über digitale Medien einen großen Stellenwert einnimmt (KMK, 2016). Besonderes Potenzial geht dabei von Tablets aus, da diese durch ihre intuitive Bedienung herausstechen (Bastian & Aufenanger, 2017) und im naturwissenschaftlichen Unterricht eine Vielzahl an didaktischen Funktionen einnehmen können (Huwer & Brünken, 2018).

Theoretische Fundierung

Der Einsatz digitaler Medien ist mit einer Vielzahl von Vorteilen verbunden, z. B. dem mehrkanaligen Lernen (Sieve & Schanze, 2015) oder dem Lernen im individuellen Tempo der Lernenden (Huwer et al., 2018). Durch diese Chancen der Digitalisierung können zum einen bewährte Unterrichtsformate durch den Einsatz digitaler Medien optimiert und zum anderen innovative Formate im Unterrichtsprozess integriert werden.

Bewährte Unterrichtsformate, wie die Bearbeitung von Aufgaben, können durch eine digitale Unterstützung einen deutlichen Mehrwert bieten. Als Hauptvorteil ist in diesem Zusammenhang die Möglichkeit eines Feedbacks zu nennen, welches die Schüler*innen direkt im Anschluss an die Bearbeitung erhalten (Hartung, 2017; van der Kleij et al., 2015). Dabei reicht die Bandbreite von automatischen Korrekturen bis hin zu individuellen Rückmeldungen (Richtberg & Girwidz, 2014). Des Weiteren besteht ein Vorteil in der Multimedialität, sodass sprachliche, bildhafte und auditive Darstellungsformate kombiniert werden können (Scheiter & Richter, 2015). Dadurch bietet sich eine solche Aufgabenbearbeitung auch in heterogenen oder inklusiven Lerngruppen an, da auf diese Weise alle Lernenden einen Zugang zu den Materialien erhalten. Hier spielen Hilfestellungen ebenfalls eine große Rolle. So können bei der digitalen Aufgabenbearbeitung z. B. Zusatzinformationen oder Erinnerungen an das Vorwissen direkt in die Aufgabe eingebunden werden, sodass das Risiko eines *Split-Attention*-Effekts minimiert wird (Ulrich & Huwer, 2017).

Neben klassischen Methoden der Wissenssicherung ergeben sich durch die Digitalisierung auch neue Möglichkeiten für die Unterrichtsgestaltung, beispielsweise die Erstellung von Erklärvideos. Bei Erklärvideos handelt es sich nach Wolf und Kratzer (2015) um eigenproduzierte Filme, welche abstrakte Konzepte und Zusammenhänge verdeutlichen. Dabei werden auditive und visuelle Aspekte miteinander verknüpft, sodass auch hier ein mehrkanaliges Lernen ermöglicht wird (Kleinhanß, 2015). Bei den Einsatzmöglichkeiten von Erklärvideos im Unterricht unterscheiden Kulgemeyer und Wolf (2016) vier Produzenten-Rezipienten-Kombinationen, wobei im Sinne einer Wissenssicherung die Erstellung von Erklärvideos durch die Schüler*innen vordergründig ist. Dies bietet die Vorteile, dass zum einen die Lernenden bei der Videoerstellung ihr Wissen vertiefen und sichern und zum anderen die Lehrkraft die fertigen Videos zur pädagogischen Diagnostik nutzen kann. Weiterhin können auch die Mitschüler*innen von den erstellten Erklärvideos profitieren (Kulgemeyer & Wolf, 2016).

Forschungsfragen

Innerhalb dieses Projektes wird die Wirkung eines Tablet-gestützten Chemieunterrichts in den Unterrichtsphasen der Wissensvermittlung und -sicherung untersucht. Dabei wurde für die Erarbeitungsphase eine Laptop-basierte Lernumgebung (Baumann & Melle, 2019) für die Nutzung auf iPads modifiziert (Greitemann & Melle, 2020). Innerhalb der Sicherungsphase wird die digitale Aufgabenbearbeitung mit der Erstellung von Erklärvideos durch die Schüler*innen verglichen. Die zentralen Forschungsfragen (F1 bis F6) lauten:

- Welchen Einfluss haben die digitale Lernumgebung und die beiden digitalen Sicherungsmaßnahmen auf den Fachwissenszuwachs (F1) und die kognitive Belastung (F2) der Lernenden?
- Wie werden die digitale Lernumgebung und die beiden digitalen Sicherungsmaßnahmen von den Lernenden hinsichtlich ihrer Attraktivität (F3) und Benutzerfreundlichkeit (F4) eingeschätzt und wie von den Lernenden genutzt (F5)?
- Wie ist die Qualität der von den Schüler*innen erstellten Arbeitsprodukten aus der Sicherungsphase einzuschätzen (F6)?

Untersuchungsdesign und Testinstrumente

Zur Beantwortung der Forschungsfragen wurde folgendes Design entwickelt: Die Intervention findet in Form eines Projekttages im Chemieanfangsunterricht an Gesamtschulen statt. Eine Woche vor der Intervention erfolgt ein Pre-Test, bei dem die kognitiven Fähigkeiten (Weiß, 2006) sowie das fachliche Vorwissen (20 Multiple-Choice-Items, Baumann und Melle (2019), $\alpha_{MC} = .766$; ergänzt durch neun offene Items, $\alpha_{offen} = .854$) der Lernenden erhoben werden. Die offenen Fragen des Fachwissenstests werden mit einem niedrig-inferenten Kodiermanual ausgewertet ($ICC_{unjust} = .953$). Auf Grundlage der Pre-Test-Ergebnisse wird die Lerngruppe in zwei parallelisierte Gruppen eingeteilt. Am Projekttag bearbeiten die Lernenden beider Gruppen zunächst dieselbe digitale Lernumgebung in Einzelarbeit (Erarbeitungsphase). In der anschließenden Sicherungsphase, welche in einer kooperativen Partnerarbeit organisiert ist, erstellen die Schüler*innen der einen Gruppe Erklärvideos, die Lernenden der anderen Gruppe bearbeiten Aufgaben auf den iPads. Sowohl nach der Erarbeitung als auch nach der Sicherung werden neben dem wiederholten Einsatz des Fachwissenstests ein Einschätzungsbogen zur Erhebung der Attraktivität der Lernmaterialien (10 Items, 6-stufige Likert-Skala, Kieserling und Melle (2019), $\alpha = .844$), ein Einschätzungstest zur Erhebung der kognitiven Belastung (10 Items, 6-stufige Likert-Skala, Kieserling und Melle (2019), Leppink et al. (2013), $\alpha = .866$) sowie ein Test zur Erhebung der Benutzerfreundlichkeit (10 Items, 5-stufige Likert-Skala, Brooke (2014), $\alpha = .773$) eingesetzt. Die individuellen Handlungen der Lernenden werden durch Bildschirm- und Videoaufnahmen aufgezeichnet. Zur Analyse der Qualität der erstellten Erklärvideos wurde ein hoch-inferentes Kodiermanuals ($ICC_{unjust} = .969$) entwickelt (Eckern, 2019).

Digitale Lernumgebung

Die Lernumgebung befasst sich mit der Einführung in das Basiskonzept der chemischen Reaktion und ist eine Weiterentwicklung der Laptop-basierten Lernumgebung von Baumann und Melle (2019). In der Erarbeitungsphase bearbeiten die Lernenden die vier thematischen Blöcke *Chemische Reaktion*, *Reaktionsgleichung*, *Physikalischer Vorgang* und *Oxidbildung*, bevor diese Inhalte in einer Experimentierphase vertieft werden. Während der Experimentierphase werden die Schüler*innen ebenfalls durch die digitale Lernumgebung angeleitet. Die Dokumentation der Experimente erfolgt sowohl schriftlich als auch in Form einer Foto-Dokumentation innerhalb der Lernumgebung. Die Wissenssicherung erfolgt in einer Partnerarbeit im Sinne des kooperativen Lernens. Für beide Untersuchungsgruppen wurde eine Strukturierung des Arbeitsprozesses vorgenommen. Bei der Erklärvideo-Gruppe schauen sich die Schüler*innen zunächst ein Erklärvideo zum Thema „Wie erstelle ich ein Erklärvi-

deo?“ an. Im Anschluss daran beschäftigen sich die Lernenden erneut mit den Inhalten (erst Einzel-, dann Partnerarbeit), erstellen ein Story-Board zu ihrem Erklärvideo (Partnerarbeit) und setzen dieses zuletzt auf dem iPad um (Partnerarbeit). Die Schüler*innen der Aufgaben-Gruppe bearbeiten nacheinander Aufgaben zu den vier Themenblöcken der Lernumgebung. Dabei werden zunächst Aufgaben in Einzelarbeit gelöst, anschließend in der Partnerarbeitsphase offene Fragen geklärt und abschließend weiterführende Aufgaben bearbeitet.

Ausgewählte erste Ergebnisse

Bisher wurden die entwickelten Lernmaterialien in zwei Pilotierungen eingesetzt. Im Folgenden werden ausgewählte Ergebnisse der zweiten Pilotierung ($N = 53$) vorgestellt. Bezüglich des Einflusses auf das Fachwissen (F1) kann festgestellt werden, dass die Schüler*innen beider Gruppen in der Erarbeitungsphase sowohl bei den geschlossenen als auch bei den offenen Fragen signifikant dazulernen (Erklärvideo-Gruppe: $p_{\text{geschlossen}} < .001$, $\delta_{\text{geschlossen}} = 1.31$, $p_{\text{offen}} < .001$, $\varphi_{\text{offen}} = .72$; Aufgaben-Gruppe: $p_{\text{geschlossen}} < .001$, $\delta_{\text{geschlossen}} = 1.47$, $p_{\text{offen}} < .001$, $\varphi_{\text{offen}} = .67$). Durch die Sicherungsphase sind keine weiteren signifikanten Fachwissenszuwächse nachweisbar. Der Residualvergleich zwischen beiden Gruppen zeigt keine signifikanten Unterschiede (Erarbeitung: $p_{\text{geschlossen}} = .170$, $\delta_{\text{geschlossen}} = .39$, $p_{\text{offen}} = .797$, $\varphi_{\text{offen}} = .04$; Sicherung: $p_{\text{geschlossen}} = .854$, $\varphi_{\text{geschlossen}} = .03$, $p_{\text{offen}} = .235$, $\varphi_{\text{offen}} = .16$).

Hinsichtlich der dritten Forschungsfrage, die sich mit der Einschätzung bezüglich der Attraktivität der Unterrichtsmaterialien beschäftigt, wurde ein Einschätzungstest mit einer 6-stufigen Likert-Skala verwendet, wobei der Wert 6 einer hohen und der Wert 1 einer geringen Attraktivität entspricht. Beide Gruppen bewerten sowohl die Materialien der Erarbeitungs- ($M_{\text{Erklärvideo}} = 5.26$; $M_{\text{Aufgaben}} = 5.31$) als auch der Sicherungsphase ($M_{\text{Erklärvideo}} = 4.74$; $M_{\text{Aufgaben}} = 4.35$) als attraktiv. Im Gruppenvergleich konnten zwar zu keinem Messzeitpunkt signifikanten Unterschiede ermittelt werden, dennoch deuten sich in der Sicherungsphase leichte Tendenzen zugunsten der Erklärvideo-Gruppe an ($p_{\text{Post}} = .168$, $\varphi_{\text{Post}} = .19$).

Die sechste Forschungsfrage befasst sich mit der Qualität der Arbeitsprodukte aus der Ergebnissicherung. Im Folgenden wird die Qualität der erstellten Erklärvideos ($N = 13$) analysiert. Das Kodiermanual umfasst die fünf Bereiche *Inhalt*, *Gliederung*, *Sprache*, *Darstellung*, *Umfang und motivationale Aspekte* (Eckern, 2019). Im Bereich *Inhalt* wurde kodiert, welche Teilaspekte des Themas angesprochen und erläutert wurden. In diesem Bereich wurden von den Schüler*innen knapp die Hälfte der durch die Lernumgebung angesprochenen Teilaspekte in die Videos aufgenommen. Bei den anderen vier Bereichen wurde die Abstufung auf einer 4-stufigen Likert-Skala (0 = negativ, 3 = positiv) realisiert. Es konnten folgende Mittelwerte bestimmt werden: $M_{\text{Gliederung}} = 1.52$, $M_{\text{Sprache}} = 2.62$, $M_{\text{Darsellung}} = 1.97$, $M_{\text{Umfang, motivationale Aspekte}} = 1.34$. Es wird deutlich, dass die Bereiche *Inhalt*, *Gliederung*, *Darstellung* sowie *Umfang und motivationale Aspekte* im mittleren Bereich liegen. Die sprachliche Qualität der Erklärvideos kann als gut eingestuft werden.

Fazit und Ausblick

Insgesamt kann aus den Ergebnissen geschlussfolgert werden, dass sich die digitale Lernumgebung zum Aufbau von Fachwissen eignet. Auch die hohe Attraktivität der Unterrichtsmaterialien spricht für den unterrichtlichen Einsatz. Die Ergebnisse hinsichtlich der Qualität der erstellten Erklärvideos decken einige Schwächen bei den Erklärvideos auf. Deshalb wird die Strukturierung des Arbeitsprozesses für die Erklärvideo-Gruppe angepasst, sodass eine stärkere Fokussierung auf das Story-Board und die Planung des Videos erfolgt. Im Schuljahr 2020/21 erfolgt die Hauptuntersuchung mit einer Stichprobe von $N \approx 250$. Des Weiteren sollen die Qualität der Arbeitsprodukte der Aufgaben-Gruppe und das Nutzungs- und Arbeitsverhalten der Lernenden anhand von Kodiermanualen analysiert werden.

Literatur

Bastian, J., & Aufenanger, S. (2017). Einführung: Tableteinsatz in Schule und Unterricht - wo stehen wir? In J. Bastian & S. Aufenanger (Eds.), Tablets in Schule und Unterricht: Forschungsmethoden und -perspektiven zum Einsatz digitaler Medien. Wiesbaden: Springer VS, 1-11

Baumann, T., & Melle, I. (2019). Evaluation of a digital UDL-based learning environment in inclusive chemistry education. Chemistry Teacher International, 1(2), 1–13

Brooke, J. (2014). SUS: a 'quick and dirty' usability scale. In P. W. Jordan, B. Thomas, B. A. Weerdmeester, & I. L. McClelland (Eds.), Usability Evaluation in Industry. London: Taylor and Francis, 189-194

Eckern, D. (2019). Erklärvideos als Ergebnissicherung - Entwicklung eines Bewertungssystems. Unveröffentlichte Masterarbeit, Technische Universität Dortmund

Greitemann, L., & Melle, I. (2020). Transferring and Optimizing a Laptop-based Learning Environment for the Use on iPads. World Journal of Chemical Education, 8(1), 40–46

Hartung, S. (2017). Lernförderliches Feedback in der Online-Lehre gestalten. In H. R. Griesehop & E. Bauer (Eds.), Lehren und Lernen online: Lehr- und Lernerfahrungen im Kontext akademischer Online-Lehre. Wiesbaden: Springer VS, 199-217

Huwer, J., Bock, A., & Seibert, J. (2018). The School Book 4.0: The Multitouch Learning Book as a Learning Companion. American Journal of Educational Research, 6(6), 763–772

Huwer, J., & Brünken, J. (2018). Individualisierung mit Tablets im Chemieunterricht. Computer + Unterricht, 110(30), 7–10

Kieserling, M., & Melle, I. (2019). An experimental digital learning environment with universal accessibility. Chemistry Teacher International, 1(2), 1–9

Kleinhanß, C. (2015). Erklärvideos. Lernen mit bewegten Bildern. Computer + Unterricht, 25(97), 41

KMK. (2016). Strategie der Kultusministerkonferenz "Bildung in der digitalen Welt": Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 08.12.2016. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/PresseUndAktuelles/2017/Strategie_neu_2017_datum_1.pdf

Kulgemeyer, C., & Wolf, K. D. (2016). Lernen mit Videos? Erklärvideos im Physikunterricht. Naturwissenschaften im Unterricht Physik, 27(152), 36–41

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

Richtberg, S., & Girwidz, R. (2014). Digitales Experimentieren mit individuellem Feedback. PhyDid B - Didaktik Der Physik - Beiträge Zur DPG-Frühjahrstagung. http://www.phydid.de/index.php/phydid-b/article/viewFile/515/659

Scheiter, K., & Richter, J. (2015). Multimediale Unterrichtsmaterialien gestalten. Ergebnisse der empirischen Lehr-Lernforschung. Naturwissenschaften im Unterricht Chemie, 26(145), 8–11

Sieve, B., & Schanze, S. (2015). Lernen im digital organisierten Chemieraum. Praxis der Naturwissenschaften - Chemie in der Schule, 64(3), 2–7

Ulrich, N., & Huwer, J. (2017). Digitale (Schul)Bücher - Vom E-Book zum Multitouch Learning Book. In J. Meßinger-Koppelt, S. Schanze, & J. Groß (Eds.), Lernprozesse mit digitalen Werkzeugen unterstützen: Perspektiven aus der Didaktik naturwissenschaftlicher Fächer. Hamburg: Joachim-Herz-Stiftung Verlag, 63-70

van der Kleij, F. M., Feskens, R. C. W., & Eggen, T. J. H. M. (2015). Effects of Feedback in a Computer-Based Learning Environment on Students' Learning Outcomes. Review of Educational Research, 85(4), 475–511

Weiß, R. H. (2006). Grundintelligenzskala 2 (CFT 20-R). Hogrefe

Wolf, K. D., & Kratzer, V. (2015). Erklärstrukturen in selbsterstellten Erklärvideos von Kindern. In K.-U. Hugger, A. Tillmann, S. Iske, J. Fromme, P. Grell, & T. Hug (Eds.), Jahrbuch Medienpädagogik. Jahrbuch Medienpädagogik. Wiesbaden: Springer VS, 29-44

Franziska Zimmermann[1] [1]Technische Universität Dortmund
Insa Melle[1]

Entwicklung und Evaluation von TPACK-Kompetenzen in der Hochschullehre

Theoretischer Hintergrund

Im Zuge der zunehmenden Digitalisierung der Gesellschaft steht auch das deutsche Bildungssystem vor der Herausforderung, bisher praktizierte Lehr- und Lernmethoden umzustellen und digitale Werkzeuge gewinnbringend in den Unterricht zu integrieren (Redecker & Punie, 2017; KMK, 2016; Schmid, Goertz & Behrens, 2017). Jedoch fühlt sich die Mehrheit der Lehrkräfte nicht ausreichend qualifiziert, die an sie gestellten Anforderungen umzusetzen (Bos et al., 2016; Drossel & Eickelmann, 2017). Deshalb ist es entscheidend, die digitalen Kompetenzen der Lehrkräfte umfassend zu stärken (Bastian & Riplinger, 2016). Um dieser Herausforderung begegnen zu können, wurde ein Universitätsseminar zur Professionalisierung angehender Chemielehrkräfte für den kompetenten Einsatz digitaler Werkzeuge konzipiert und evaluiert (Zimmermann & Melle, 2019). Zur Beschreibung und Analyse der Kompetenzen der angehenden Lehrkräfte wird das TPACK-Modell (*technological pedagogical content knowledge*) herangezogen, welches das professionelle Wissen von Lehrkräften im Kontext der Digitalisierung abbildet (Mishra & Koehler, 2006; Koehler, Mishra & Cain, 2013; Koehler & Mishra, 2008). Fokus dieser Arbeit liegt allerdings hauptsächlich auf den technologiebezogenen Wissensbereichen TK, TPK und TCK des Modells.

Forschungsdesign

Das im Rahmen dieses Projekts entwickelte Seminar „Unterrichtsmethoden und Medien für die Digitalisierung im Chemieunterricht“ ist verpflichtend für Lehramtsstudierende der TU Dortmund mit dem Schulfach Chemie im Master. Dieses wird im Semester vor dem Praxissemester belegt. Somit kann zusätzlich die unterrichtspraktische Umsetzung der Seminarinhalte im jeweils nachfolgenden Praxissemester untersucht werden.

Inhalte des Seminars

Ziel des Seminars ist es, die TPACK-Kompetenzen angehender Chemielehrerinnen und Chemielehrer zu entwickeln. Zu diesem Zweck wurden zwölf Seminarsitzungen konzipiert. Im Verlauf des Seminars setzen sich die Studierenden theoretisch und praktisch mit sehr vielseitigen Aspekten des digital gestützten Chemieunterrichts auseinander. Dementsprechend lernen sie eine Vielzahl unterschiedlicher Anwendungen, Programme und Methoden zur Implementation digitaler Werkzeuge im Chemieunterricht kennen. Insgesamt adressiert das Seminar alle Kompetenzen, die in dem Orientierungsrahmen "Digitale Kompetenzen für den naturwissenschaftlichen Unterricht – DiKoLAN" präzisiert werden (Zimmermann & Melle, 2020; Becker et al., 2020).

Hauptforschungsfragen

Im Rahmen der Untersuchung sollen folgende Hauptforschungsfragen beantwortet werden:

Attraktivität:

(1) Empfinden die Studierenden das Seminar als attraktiv?

Kognitive Veränderungen:

(2) Führt das Seminar zu einer Veränderung der TPACK-Selbstwirksamkeit und der Einstellung der Studierenden?

(3) Führt die Seminarteilnahme zu einer Veränderung der Fähigkeiten der Studierenden, digitale Werkzeuge in die Unterrichtsplanung zu integrieren?

Unterrichtspraktische Umsetzung:

(4) Setzen die Studierenden nach der Teilnahme an dem Seminar unterschiedliche digitale Werkzeuge für vielfältige Unterrichtsaktivitäten im Praxissemester ein?

(5) Zeigen die Studierenden
   a. Technology Knowledge (TK)
   b. Technological Pedagogical Knowledge (TPK) sowie
   c. Technological Content Knowledge (TCK)

   beim Einsatz digitaler Werkzeuge im Praxissemester?

(6) Zeigen die Studierenden
   a. Technology Knowledge (TK)
   b. Technological Pedagogical Knowledge (TPK) sowie
   c. Technological Content Knowledge (TCK)

   bei der Gestaltung multimedialer Materialien für den Chemieunterricht im Praxissemester?

Wirkung auf die Lernenden:

(7) Welchen Effekt hat der von den Studierenden geplante und durchgeführte Unterricht auf die Lernenden?

Untersuchungsdesign und Testinstrumente

Zu Beginn der Untersuchung werden vor der ersten Seminarsitzung die TPACK-Selbstwirksamkeit (vgl. Schmidt et al., 2009; 5-stufige Likert-Skala, 31 Items, $\alpha = .964$) sowie die Einstellung (vgl. Davis 1989, 5-stufige Likert-Skala, 34 Items, $\alpha = .899$) der Studierenden mit Hilfe eines Online-Fragebogens erhoben. Diese selbstberichteten Angaben sollen zur Verifizierung zusätzlich trianguliert werden. Dazu werden im Rahmen der Pre-Tests ebenfalls die Fähigkeiten der Studierenden, digitale Werkzeuge in die Unterrichtsplanung zu integrieren, erhoben. Dies geschieht mit Hilfe einer schriftlichen Unterrichtsplanungsaufgabe, in der die Studierenden digitale Werkzeuge bestmöglich einsetzen sollen. Im Anschluss an diesen schriftlichen Teil wird mit den Studierenden ein Interview geführt, in dem sie ihre Planungsentscheidungen ausführlich erläutern sollen (5-stufige Likert-Skala, 28 Items, $ICC_{unjust.} = .991$). Zudem werden die Vorerfahrungen der Studierenden in Bezug auf digitale Medien ermittelt (4-stufige Likert-Skala, 3 Items, $ICC_{unjust.} = .961$).

Darauf folgt die Intervention, welche aus zwölf Seminarsitzungen besteht, die in folgende vier thematische Blöcke eingeteilt sind: (I) Grundlagen des Einsatzes digitaler Werkzeuge, (II) Unterrichtspraktische Implementation digitaler Werkzeuge, (III) Digitale Werkzeuge und Experimentieren sowie (IV) Methodische Aspekte der Implementation digitaler Werkzeuge (Zimmermann & Melle, 2020). Nach jedem dieser thematischen Blöcke bearbeiten die Studierenden einen Online-Fragebogen, mit dem die Seminarqualität des jeweiligen thematischen Blocks eingeschätzt werden soll (5-stufige Likert-Skala, 10 Items, $\alpha = .886$). Um den Einfluss des Seminars auf die Entwicklung der Studierenden zu erfassen, werden nach Abschluss des Seminars neben der TPACK-Selbstwirksamkeit und Einstellung der Studierenden auch ihre Fähigkeiten, digitale Werkzeuge in die Unterrichtsplanung zu integrieren, wiederholt ermittelt. Dazu werden die entsprechenden Testinstrumente der Pre-Tests als Post-Test erneut eingesetzt. Darüber hinaus bewerten die Seminarteilnehmer über einen zusätzlichen online-Fragebogen die Gesamtqualität des Seminars (offene Fragen).

Im darauffolgenden Schulhalbjahr werden die im Seminar gewonnenen Fähigkeiten der Studierenden im Praxissemester unterrichtspraktisch erprobt und analysiert. Dazu bekommen die Studierenden die Aufgabe, ein Unterrichtsprojekt zu planen und durchzuführen, in welchem digitale Werkzeuge eine bedeutende Rolle einnehmen sollen. Die unterrichtspraktische Umsetzung dieser Unterrichtsprojekte wird videografiert und schließlich mit Hilfe zwei

verschiedener Kodiermanuale ausgewertet (Yavuz, 2019): Einerseits werden die von den Studierenden eingesetzten Medien einschließlich ihrer Funktion bestimmt, andererseits wird mit einem weiteren Kodiermanual ermittelt, inwiefern die Studierenden hierbei über TK, TPK und TCK verfügen. Zusätzlich werden auch die von den Studierenden eingesetzten multimedialen Arbeitsmaterialien in Bezug auf die Wissensbereiche TK, TPK und TCK analysiert (5-stufige Likert-Skala, 15 Items, $ICC_{unjust.}$ = .906; Kartier, 2020). Im Rahmen des Praxissemesters wird neben den Kompetenzen der Studierenden auch die Wirkung auf die Lernenden mit Hilfe eines Schülerfragebogens (5-stufige Likert-Skala, 10 Items, α = .864; offenes Aufgabenformat) fokussiert.
Nach Abschluss des Praxissemesters wird außerdem die langfristige Wirkung des Seminars auf die TPACK-Selbstwirksamkeit und die Einstellung der Studierenden bestimmt, indem diese ein drittes Mal ermittelt werden (follow-up).

Ausgewählte Ergebnisse der Hauptuntersuchung
Nachfolgend wird eine Auswahl der Ergebnisse der Hauptuntersuchung dargestellt. Da diese noch nicht vollständig ausgewertet ist, handelt es sich nur um vorläufige Befunde. Die analysierte Stichprobe umfasst dabei die Seminardurchgänge vom Wintersemester 2018/19 bis einschließlich des Wintersemesters 2019/20 und somit nicht das Sommersemester 2020, in welchem das Seminar als ein online-Seminar durchgeführt werden musste.

Attraktivität (1)
Mit Blick auf die Seminarqualität zeigen die gewonnenen Daten, dass die Studierenden alle vier thematischen Blöcke als sehr positiv einschätzen (M_{BlockI} = 4.44; SD = 0.37; $M_{BlockII}$ = 4.55; SD = 0.30; $M_{BlockIII}$ = 4.64; SD = 0.32; $M_{BlockIV}$ = 4.67; SD = 0.40; n = 26; Skala von 1 = niedrig bis 5 = hoch).

Kognitive Veränderungen (2 & 3)
Im Bereich der kognitiven Veränderungen können sowohl die TPACK-Selbstwirksamkeit (M_{Pre} = 3.24, M_{Post} = 4.24, Skala von 1 = niedrig bis 5 = hoch, p < .001, d = 1.73, n = 26) als auch die Einstellung (M_{Pre} = 3.89, M_{Post} = 4.16, Skala von 1 = negativ bis 5 = positiv, p < .001, d = 0.93, n = 26) vom Pre- zum Postzeitpunkt signifikant, mit jeweils großer Effektstärke gesteigert werden. Gleichzeitig zeigt auch die Evaluation der Fähigkeiten der Studierenden, digitale Werkzeuge in die Unterrichtsplanung zu integrieren, eine positive Veränderung in den Wissensbereichen TK (M_{Pre} = 2.68, M_{Post} =4.60, Skala von 1 = niedrig bis 5 = hoch, p < .001, d = 4.00, n = 26,), TPK (M_{Pre} = 2.51, M_{Post} =4.65, p < .001, d = 4.18, n = 26) und TCK (M_{Pre} = 2.65, M_{Post} =4.73, p < .001, d = 4.42, n = 26).

Unterrichtspraktische Umsetzung (6)
Bezüglich der unterrichtspraktischen Umsetzung wird aus der Analyse der von den Studierenden eingesetzten multimedialen Arbeitsmaterialien deutlich, dass die Studierenden bereits recht gut in der Lage sind, multimediale Unterrichtsmaterialien zu erstellen (M_{TK} = 3.27; SD = 0.44; M_{TPK} = 3.12; SD = 0.40; M_{TCK} = 3.03; SD = 0.37; n = 12; Skala von 1 = niedrig bis 4 = hoch; Kartier, 2020).

Weitere Schritte
Im weiteren Verlauf des Projekts sollen die noch ausstehenden Hauptforschungsfragen 4, 5 und 7 ausgewertet werden. Zusätzlich wird auch der online Seminardurchgang des Sommersemesters 2020 evaluiert werden. Darüber hinaus soll abschließend untersucht werden, inwiefern sich aus den gewonnenen Ergebnissen Erkenntnisse zur allgemeinen Gestaltung von fachdidaktischen Universitätsseminaren zur Förderung von TPACK-Kompetenzen generieren lassen.

Literatur

Bastian, J. & Riplinger, T. (2016). Tablets for a redefinition of learning? An analysis of video observations to determine the integration of tablets in the classroom. In Proceedings of EdMedia 2016 – World Conference on Educational Media and Technology, 143-149

Becker, S., Bruckermann, T., Finger, A., Huwer, J., Kremser, E., Meier, M., Thoms, L.-J., Thyssen, C., & von Kotzebue, L. (2020). Orientierung-rahmen Digitale Kompetenzen für das Lehramt in den Naturwissenschaften - DiKoLAN. In S. Becker, J. Meßinger-Koppelt, & C. Thyssen (Eds.), Digitale Basiskompetenzen: Orientierungshilfe und Praxisbeispiele für die universitäre Lehramtsausbildung in den Naturwissenschaften. Joachim Herz Stiftung Verlag, 14-43

Bos, W., Lorenz, R., Endberg, M., Eickelmann, B., Kammerl, R., & Welling, S. (2016). Schule digital – der Länderindikator 2016. Kompetenzen von Lehrpersonen der Sekundarstufe I im Umgang mit digitalen Medien im Bundesländervergleich. Münster; New York: Waxmann

Davis, F., Bagozzi, R. P. & Warshaw, P. R. (1989). User Acceptance of Computer Technology: A Comparison of Two Theoretical Models. Management Science 35 (8), 982-1003

Drossel, K. & Eickelmann, B. (2017). Teachers' participation in professional development concerning the implementation of new technologies in class – Different types of teachers and their relationship with the use of computers, ICT self-efficacy and emphasis on teaching ICT. Large-scale Assessments in Education, 5 (19), 1-13

Kartier, A. (2020). Analyse von multimedialen Materialien für den Chemieunterricht – Entwicklung eines Auswertungssystems. Unveröffentlichte Masterarbeit, Technische Universität Dortmund

KMK (2016). Strategie der Kultusministerkonferenz "Bildung in der digitalen Welt". Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 08.12.2016

Koehler, M. J., & Mishra, P. (2008). Introducing TPCK. Handbook of technological pedagogical content knowledge (TPCK) for educators. Routledge, 3-28

Koehler, M. J., Mishra, P., & Cain, W. (2013). What is Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK)? Journal of Education, 193 (3), 13–19

Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological, pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. Teachers College Record, 108 (6), 1017-1054

Redecker C., & Punie, Y. (2017). DigCompEdu: European Framework for the Digital Competence of Educators

Schmid, U., Goertz, L., & Behrens, J. (2017). Monitor Digitale Bildung: die Schulen im digitalen Zeitalter. Gütersloh: Bertelsmann Stiftung

Schmidt, D. A., Baran, E., Thompson, A. D., Mishra, P., Koehler, M. J., & Shin, T. S. (2009). Technological pedagogical content knowledge (TPACK) the development and validation of an assessment instrument for preservice teachers. Journal of research on Technology in Education, 42 (2), 123-149

Yavuz, M. (2019). Analyse des Einsatzes digitaler Werkzeuge von Studierenden im Praxissemester – Entwicklung und Erprobung eines Kodiermanuals für den Chemieunterricht. Unveröffentlichte Masterarbeit, Technische Universität

Zimmermann, F. & Melle, I. (2019). Designing a University Seminar to Professionalize Prospective Teachers for Digitization in Chemistry Education. Chemistry Teacher International, 1-9

Zimmermann, F. & Melle, I. (2020). Digitale Werkzeuge für den Chemieunterricht – ein Hochschulseminar im Masterstudium. In S: Becker, J. Meßinger-Koppelt & C. Thyssen (Eds.), Digitale Basiskompetenzen – Orientierungshilfe und Praxisbeispiele für die universitäre Lehramtsbildung in den Naturwissenschaften. Hamburg: Joachim Herz Stiftung Verlag, 46-49

Christina Krabbe[1]
Insa Melle[1]

[1]Technische Universität Dortmund

Videovignetten zur Professionalisierung angehender Chemielehrkräfte für die Gestaltung adaptiver Lernsituationen

Motivation und theoretischer Hintergrund

Eine Möglichkeit der wachsenden Vielfalt der Schüler*innen im Unterricht zu entsprechen, ist die Adaption von Unterricht (Wember, 2001; Wember & Melle, 2018). Hierbei werden z. B. Lernsituationen hinsichtlich der Inhalte und Methoden an die unterschiedlichen Lernvoraussetzungen der Schüler*innen angepasst. Die Gestaltung und Begleitung solcher Lernsituationen setzt spezifische Kompetenzen voraus, welche mit dem Konstrukt der Adaptiven Lehrkompetenz beschrieben werden können (Beck et al., 2008). Dieses besteht aus den vier Dimensionen, der diagnostischen und didaktischen Kompetenz sowie der Sachkompetenz und Klassenführungskompetenz (ebd., vgl. Wang, 1992). Deren Zusammenspiel erfolgt sowohl bei der Planung (adaptive Planungskompetenz) als auch bei der Durchführung (adaptive Handlungskompetenz) von Unterricht (Bischoff, Brühwiler & Baer, 2005; Rogalla & Vogt, 2008; Klieme & Warwas, 2011).

Der Anpassung des Unterrichts an die Lernvoraussetzungen der Schüler*innen muss zudem eine genaue Beobachtung und Analyse der Lernsituation vorausgehen. Zum Einüben dieses Prozesses bietet sich die problemorientierte und fallbasierte Analyse von Videovignetten an (Krammer & Reusser, 2005; Wyss, 2014). Hierbei handelt es sich um Ausschnitte von realen Unterrichtssituationen, in denen der Fokus auf die Lernenden und deren Verstehen gerichtet ist (Dannemann, Heeg & Schanze, 2019). So erhalten Studierende Einblicke, welche Herausforderungen sich Schüler*innen stellen. Diese werden aufgabengeleitet analysiert, um das Unterrichtsmaterial anschließend adaptieren zu können (ebd.). Zu diesem Zweck wurden Videovignetten entwickelt und in Lehrveranstaltungen eingesetzt, welche u. a. die diagnostischen Kompetenzen der Studierenden anhand ausgewählter Beispiele fördern sollen. Für die Adaption der Unterrichtsmaterialien durch die Studierenden wurden digitale Werkzeuge verwendet, um deren Potential zur Differenzierung und Individualisierung von Lernsituationen zu nutzen (Hillmayr, Reinhold, Ziernwald & Reiss, 2017).

Entwicklung und Einsatz der Videovignetten

Für die Erhebung des Datenmaterials wurde eine Lernumgebung zum Kohlenstoffkreislauf und zur energetischen Nutzung nachwachsender und fossiler Brennstoffe entwickelt und im Unterricht einsetzt (Thelen, 2020). Dabei wurden Audio- und Videoaufzeichnung von jeweils einer Zweier-Gruppe Schüler*innen erstellt. Die Aufgabenbearbeitung auf den iPads wurde zusätzlich durch eine Bildschirmaufzeichnung festgehalten, um diese als Bild-im-Bild in den angefertigten Videovignetten einzublenden (Abb. 1).

Auf diese Weise wurden vier Videovignetten erstellt (Vignetten 1-3 aus Thelen, 2020) und in der Online-Lehrveranstaltung im SoSe 2020 zusammen mit Begleitmaterial (Transkript, Arbeitsergebnisse der Schüler*innen) sowie der von den Schüler*innen bearbeiteten Lernumgebung eingesetzt. Die Videovignetten sollen die Heterogenität der Aufgabenbearbeitung und die Notwendigkeit der Adaption der Unterrichtsmaterialien zeigen.

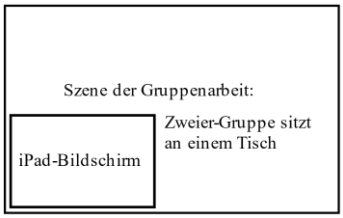


Abb. 1: Schematische Darstellung des Bild-in-Bild-Modus der Videovignetten

Forschungsdesign

Die erste Durchführung umfasste drei Termine innerhalb der Master-Lehrveranstaltung „Fachwissenschaftliche und fachdidaktische Vertiefung", welche Lehramtsstudierende i. d. R. parallel zu oder nach dem verpflichtenden Seminar „Unterrichtsmethoden und Medien für die Digitalisierung im Chemieunterricht" (Zimmermann & Melle, 2020) belegen. Die in dem Seminar erworbenen Kenntnisse über den Einsatz digitaler Medien wurden bei der Überarbeitung der Unterrichtsmaterialien mit Blick auf die Heterogenität der Schüler*innen u. a. zur Differenzierung genutzt. Im Folgenden werden die Inhalte der drei Veranstaltungstermine und die Forschungsfragen vorgestellt.

Inhalte der Veranstaltungstermine

Am ersten Veranstaltungstermin wurden zunächst die Unterrichtsmaterialien vorgestellt und die darin behandelten Inhalte fachlich und fachdidaktisch vertieft. Anschließend wurde mit Hilfe der Videovignetten ein Perspektivwechsel vollzogen und der Fokus auf die Schüler*innen und deren Bearbeitung einer Aufgabe gelegt. Die Analyse der Videovignette 1 erfolgte in drei Phasen (vgl. Busse & Kaiser, 2015; Lüttgens, Nehring & Tiemann, 2016):

- Phase 1: „Erkenne und beschreibe", Benennen der Schwierigkeiten, die die Schüler*innen bei der Erstellung der beiden Kreisläufe haben.
- Phase 2: „Bewerte", Analysieren der Schwierigkeiten mit Bezug auf die Herkunft und den Verbleib des Kohlenstoffs in dem jeweiligen Kreislauf.
- Phase 3: „Generiere", Formulierung von Möglichkeiten, diesen Schwierigkeiten im Unterricht zu begegnen.

Abschließend wurden die Ergebnisse der Arbeitsphase gesammelt und diskutiert.

Am zweiten Veranstaltungstermin wurden parallel zu dem Verlauf des ersten die Videovignetten 2 bis 4 ebenfalls in den drei Phasen mit analogen Aufgabenstellungen analysiert und die Ergebnisse anschließend gesammelt und diskutiert.

Am dritten Veranstaltungstermin wurden die gesammelten Ergebnisse der Videovignetten 1 bis 4 nach den Schwierigkeiten der Schüler*innen sortiert und diesen Blöcken dann Gruppen von Studierenden zur Adaption der Unterrichtsmaterialien mit Hilfe digitaler Werkzeuge zugeordnet. Die Ergebnisse der Überarbeitung wurden ebenfalls vorgestellt und diskutiert.

Forschungsfragen

Im Rahmen dieses Projekts sollen die folgenden zentralen Forschungsfragen (F1 bis F4) beantwortet werden:

- Werden a) die drei Veranstaltungstermine, b) die Schwerpunktsetzung auf die Heterogenität der Schüler*innen, c) die Arbeit mit den Vignetten und d) die Überarbeitung der

Unterrichtsmaterialien mit Hilfe digitaler Werkzeuge von den Studierenden positiv eingeschätzt (F1)?
- Auf welche Aspekte fokussieren die Studierenden in ihren Diskussionen während der Arbeitsphasen (F2)?
- Gelingt es den Studierenden, die jeweiligen Fachinhalte zu analysieren, z. B. hinsichtlich a) erforderlicher Vorkenntnisse, b) vorhandener Barrieren, c) möglicher Fehlvorstellungen und d) verschiedener Anschauungsebenen (F3)?
- Wie bewerten die Studierenden die von ihnen gewonnenen Kompetenzen hinsichtlich der unter F3 genannten Felder (F4)?

Evaluation und Konsequenzen für das kommende Semester

Nach den drei Terminen wurden diese mit Hilfe eines dafür erstellten Online-Fragebogens evaluiert. Die Befragung der Studierenden ($N = 9$) erfolgte online mittels LimeSurvey und soll qualitative Hinweise für die Optimierung der Veranstaltungstermine liefern. Der Fragebogen umfasst geschlossene Antwortformate und offene Fragen zu den folgenden Aspekten: 1. Einschätzung der Studierenden bezüglich der drei Veranstaltungstermine und des Einsatzes der Videovignetten 2. Selbsteinschätzung der Studierenden bezüglich der erlangten Kompetenzen und 3. ein Gesamtfeedback.

Im Mittel haben die Studierenden a) die drei Veranstaltungstermine, b) die Schwerpunktsetzung auf die Heterogenität der Schüler*innen, c) die Arbeit mit den Vignetten und d) die Überarbeitung der Unterrichtsmaterialien mit Hilfe digitaler Werkzeuge überwiegend positiv eingeschätzt.

Die Auswertung des ergänzenden offenen Feedbacks zeigt: a) Die drei Veranstaltungstermine werden als gelungen, spannend und wertvoll bezeichnet. b) Die Schwerpunktsetzung auf die Heterogenität der Schüler*innen wird als hilfreich bezeichnet, da differenzierte Materialien erstellt wurden, jedoch wird vereinzelt ein stärkerer Fokus auf das Thema der Inklusion gefordert. c) Die Arbeit mit den Videovignetten wird teilweise als ‘wiederholungslastig’ beschrieben aufgrund wiederholt auftretender Schwierigkeiten der Schüler*innen; d) Die Adaption der Unterrichtsmaterialien mit Hilfe digitaler Werkzeuge wird ebenfalls als hilfreich bezeichnet. Gelerntes konnte angewendet, und neue Erfahrungen konnten gesammelt werden. Das Instrument der Videovignetten wurde überwiegend als wertvoll empfunden und als sinnvoll beschrieben. Die Analyse in den drei Phasen wurde größtenteils als hilfreich bezeichnet. Nach Beobachtungen der Lehrenden hat sich die Darstellung der Videovignetten im Bild-in-Bild-Modus als geeignet zur Verfolgung der Aufgabenbearbeitung herausgestellt.

Daraus resultiert für den kommenden Durchgang die folgende Überarbeitung der Veranstaltungstermine: Die Konzeption der Veranstaltung inkl. der Einbettung der Analyse von Videovignetten und die anschließende Adaption der Unterrichtsmaterialien mit Hilfe digitaler Werkzeuge soll auch zukünftig erhalten bleiben. Aufgrund der Rückmeldung der Studierenden wird Termin 2 die Analyse und Diskussion von nur zwei statt drei Videovignetten enthalten und zusätzlich ein stärkerer Bezug zum Thema heterogene Lerngruppen im Zuge der Inklusion hergestellt.

Förderhinweis

DoProfiL wird im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert.

Literatur

Beck, E., Baer, M., Guldimann, T., Bischoff, S., Brühwiler, C., Müller, P., Niedermann, R., Rogalla, M. & Vogt, F. (2008). Adaptive Lehrkompetenz. Analyse und Struktur, Veränderbarkeit und Wirkung handlungssteuernden Lehrerwissens (Pädagogische Psychologie und Entwicklungspsychologie, Bd. 63). Münster: Waxmann.

Bischoff, S., Brühwiler, C. & Baer, M. (2005). Videotest zur Erfassung adaptiver Lehrkompetenz. Beiträge zur Lehrerbildung, 23 (3), 382–397.

Busse, A., & Kaiser, G. (2015). Wissen und Fähigkeiten in Fachdidaktik und Pädagogik. Zur Natur der professionellen Kompetenz von Lehrkräften. Zeitschrift Für Pädagogik, 328-344(3).

Dannemann, S., Heeg, J. & Schanze, S. (2019). Fallbasierte Förderung der Diagnose- und Planungsfähigkeiten von Lehramtsstudierenden: Lernen mit Videovignetten in der Biologie- und Chemiedidaktik. In E. Christophel, M. Hemmer, F. Korneck, T. Leuders & P. Labudde (Hg.), Fachdidaktische Forschungen: Bd. 11. Fachdidaktische Forschung zur Lehrerbildung (1. Aufl.). Münster: Waxmann.

Hillmayr, D., Reinhold, F., Ziernwald, L., & Reiss, K. (2017). Digitale Medien im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht der Sekundarstufe. Einsatzmöglichkeiten, Umsetzung und Wirksamkeit. Münster: Waxmann.

Klieme, E., & Warwas, J. (2011). Konzepte der individuellen Förderung. Zeitschrift für Pädagogik, 57(6), 805-818.

Krammer, K. & Reusser, K. (2005). Unterrichtsvideos als Medium der Aus- und Weiterbildung von Lehrpersonen. Beiträge zur Lehrerbildung, 23(1), 35-50.

Lüttgens, U., Nehring, A. & Tiemann, R. (2016). Videovignetten als chemiespezifisches Instrument zur Lehrerbildung: Entwicklung und Einsatz in der ersten und zweiten Ausbildungsphase. In C. Maurer (Ed.), Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik. Tagungsband zur Jahrestagung der Gesellschaft der Didaktik der Chemie und Physik. Regensburg: Universität Regensburg, 548-550.

Rogalla, M., & Vogt, F. (2008). Förderung adaptiver Lehrkompetenz: eine Interventionsstudie. Unterrichtswissenschaft, 36(1), 17.

Thelen, F. (2020). Entwicklung von Unterrichtsvignetten für die Chemielehrerausbildung. Das Thema Stoffkreisläufe in der Sekundarstufe I. Unveröffentlichte Masterarbeit, Technische Universität Dortmund.

Wang, M. C. (1992). Adaptive education strategies: Building on diversity. Baltimore: Paul H. Brookes.

Wember, F. B. (2001). Adaptiver Unterricht. Sonderpädagogik, 31, 161-181.

Wember, F. B. & Melle, I. (2018). Adaptive Lernsituationen im inklusiven Unterricht: Planung und Analyse von Unterricht auf Basis des Universal Design for Learning. In S. Hußmann & B. Welzel (Hrsg.), Dortmunder Profil für inklusionsorientierte Lehrerinnen- und Lehrerbildung. Münster: Waxmann.

Wyss, C. (2014). Videobasiert Lehren an Pädagogischen Hochschulen. Zeitschrift für Hochschulentwicklung, 9(3), 32-40.

Zimmermann, F. & Melle, I. (2020). Digitale Werkzeuge für den Chemieunterricht – ein Hochschulseminar im Masterstudium. Digitale Basiskompetenzen – Orientierungshilfe und Praxisbeispiele für die universitäre Lehramtsbildung in den Naturwissenschaften. Hamburg: Joachim Herz Stiftung Verlag, 46-49.

Monika Holländer[1]
Insa Melle[1]

[1]Technische Universität Dortmund

Entwicklung eines digitalen Formats für ein chemiedidaktisches Seminar

Einleitung

Das Sommersemester 2020 musste wegen des Lockdowns infolge der Corona-Krise ausschließlich „auf Distanz“ stattfinden. Daher wurde das *Vorbereitungsseminar Chemie zum Praxissemester* in ein digitales Format überführt. Dabei sollte nicht nur die zum Präsenzseminar äquivalente Vermittlung der Inhalte gewährleistet werden, sondern sollten gleichzeitig digitale Lehr-Lern-Arrangements und betriebssystemunabhängige Tools vorgestellt, erprobt und reflektiert werden, um die angehenden Lehrkräfte auch für den Online-Unterricht in der anschließenden Praxisphase in den Schulen zu professionalisieren. Das Seminar fand in Online-Sitzungen zu den angegebenen Seminarzeiten statt und wurde analog zum Konzept der Präsenzveranstaltung durch instruktive Phasen sowie Erarbeitungsphasen in Partner- und Gruppenarbeit gemäß den Kriterien des Kooperativen Lernens gestaltet.

Seminarkonzept

Das *Vorbereitungsseminar Praxissemester* ist an der TU Dortmund in den Master-Lehramtsstudiengängen der Sekundarstufe 1 und 2 aller Schulformen Teil eines Theorie-Praxis-Moduls im Unterrichtsfach Chemie. Innerhalb dieses Moduls wird, wie in vielen Bundesländern innerhalb der Lehramtsausbildung inzwischen üblich (Ulrich & Gröschner, 2020, S. 3–5), ein längeres Praktikum, das Praxissemester, absolviert, das von Universitätsseite vorbereitet (Vorbereitungsseminar) und begleitet (Begleitseminar) wird. Ziel des Praxissemesters ist u. a., die Kompetenz der Studierenden zu erweitern, schulisches Lehren und Lernen zu planen, durchzuführen und zu reflektieren, aber auch Konzepte zur pädagogischen Diagnostik und individueller Förderung anzuwenden und zu reflektieren (LZV, 2016). Innerhalb dieser Aufgabenfelder bildet die zunehmende Heterogenität der Lerngruppen in allen Schulformen eine besondere Herausforderung (vgl. z. B. Pawlak & Groß, 2020). Im Wintersemester 2019/20 wurde daher in Anknüpfung an das Konzept von Schlüter & Melle (2018) ein neues Vorbereitungsseminar entwickelt und durchgeführt, das die Planung und Durchführung von Chemieunterricht in (maximal) heterogenen Lerngruppen unter Einbindung des *Universal Design for Learning* (UDL; CAST, 2018; Krause & Kuhl, 2018; Meyer et al., 2014) fokussiert sowie die Analyse von Lerngruppen detailliert in den Blick nimmt.
Die einzelnen Sitzungen des Seminars folgen Lernschleifen aus Vermittlung, Anwendung und Reflexion (Kolb & Kolb, 2005). In den Anwendungs- und Reflexionsphasen wird besonderer Wert auf die gemeinsamen Arbeitsphasen entsprechend der Prinzipien des Kooperativen Lernens gelegt (Brüning & Saum, 2009). Die erfolgreiche Teilnahme umfasste die im Team unter Berücksichtigung der Seminarinhalte erstellte Unterrichtsplanung, die Erprobung dieser geplanten Unterrichtsstunden in Rollenspielen, die Teilnahme an den von Kommiliton*innen erteilten Unterrichtsstunden in der vorgegebenen Rolle einer Inklusionsschüler*in (Schüler*innenrollen) und die Reflexion der Unterrichtsstunden sowohl aus Perspektive der Schüler*innen als auch aus der der Lehrkraft. Um nicht nur Wissen zu vermitteln, sondern auch Selbsterfahrung und daraus resultierend Handlungskompetenz zu ermöglichen, wurden verschiedene Methoden und Werkzeuge im Seminar ausprobiert und kritisch reflektiert. So

konnten deren praktische Schwierigkeiten aufgedeckt, ihre schulpraktische Relevanz diskutiert und somit eine tiefere Auseinandersetzung mit den Inhalten angebahnt werden.

Entwicklung des digitalen Seminarkonzepts

Eine besondere Herausforderung bestand darin, die interaktiven Seminarelemente in geeignete Formate zu überführen. Alle Seminarsitzungen wurden als regelmäßige Videokonferenzen mit Zoom zu den regulären Seminarterminen durchgeführt. Für die Gruppenarbeitsphasen wurden Breakout Sessions genutzt. Die Lernplattform Moodle war bereits implementiert und bekannt, wurde im digitalen Format jedoch nicht nur zur Bereitstellung von Präsentationen, Videos, Links und Arbeitsmaterialien verwendet. Vielmehr wurden Tools zum Austausch der Studierenden untereinander, zur kollaborativen Erstellung von Wikis und zur gegenseitigen Beurteilung eingesetzt. Zusätzlich wurden in den Arbeitsphasen plattformunabhängige digitale Werkzeuge genutzt. Besonders hervorzuheben sind die erste Sitzung und die Anpassung der kollaborativ zu erbringenden Studienleistung. Die erste Sitzung diente sowohl im Präsenz- als auch im Online-Format neben dem Transparentmachen der kommenden Inhalte, Vorgaben und Anforderungen, dem gegenseitigen Kennenlernen. Während die Instruktionsphase mit Unterstützung einer PPT-Präsentation im digitalen Format einfach durch die Funktion *Bildschirm teilen* innerhalb der Videokonferenz und das Bereitstellen der Folien in Moodle adaptiert werden konnte, erforderte die Kennenlernphase größere Veränderungen. So wurde das Partnerinterview mit der Sitznachbar*in im Seminarraum und das anschließende gegenseitige Vorstellen im Plenum ersetzt durch Partner-Breakout Sessions, in denen auf einer gemeinsamen Padlet Pinwand wechselseitig Steckbriefe erstellt wurden. Anschließend erfolgte in der gemeinsamen Videokonferenz das gegenseitige Vorstellen. Um in der besonderen Situation ein weiteres Kennenlernen zu initiieren, wurden in einer zusätzlichen Breakout Session ohne Dozentin auf einer gemeinsam zu bearbeitenden Folie mit den Namen der Teilnehmer*innen Verbindungen gefunden wie beispielsweise „lesen gerne“, „Hobby Reiten“, „haben einen Hund“.

Tabelle 1: Exemplarische Umsetzung

Seminar-inhalt	Sachanalyse als Concept Map	U-Einstiege/ Methoden	Placemat/ Koop. Lernen	Experimentieren/ESE-Schülern*innen
Präsenzlehre				
Organisationsform	Schulterpartner*in und Plenum	„Milling around“	4er-Gruppen und Plenum	Plenum
Medien	Papier & Stift	Arbeitsblätter & Musik	Papiervorlage & Stifte	Tafel
Digitales Format				
Organisationsform	(2er-) Breakout Sessions	(2er-) Breakout Sessions	Zoom/Links in Moodle	Zoom/Links in Moodle
Medien	CmapTools	Wiki in Moodle	ONCOO Placemat	ONCOO Kartenabfrage

Auf die Interaktionsform des Rollenspiels wurde verzichtet und durch Peer-Feedback (Schneider & Preckel, 2017) mit Unterstützung des Moodle-Werkzeugs *Gegenseitige Beurteilung* ersetzt. Dabei skizzierten die Studierenden im Dreier- bzw. Viererteam eine materialbasierte Unterrichtsplanung. In der darauffolgenden Seminarsitzung wurde ebenfalls im Team ein Peer-Feedback entlang vorgegebener Kriterien erarbeitet und in Moodle hochgeladen. Die anschließende Überarbeitung der Unterrichtsplanung und die Vorbereitung der Präsentation fanden selbstorganisiert außerhalb der Sitzungen statt. Abschließend wurden die Unterrichtsplanungen im Seminar präsentiert und die Feedbackphase reflektiert. Tabelle 1 zeigt exemplarisch weitere Anpassungen des Präsenzseminars an das digitale Format.

Evaluation und Konsequenzen für das kommende Semester

Zur Evaluation des Seminars wurde nach der letzten Seminarsitzung ein von der Fakultät zu Beginn des digitalen Semesters erstellter Fragebogen eingesetzt. Die Befragung der Studierenden (N=7) erfolgte online mit LimeSurvey. Der Fragebogen umfasste drei zentrale Aspekte in sowohl geschlossenen Antwortformaten als auch offene Fragen zur Erläuterung der ausgewählten Antworten: 1. Beurteilung des digitalen Lehrangebots, 2. Lernmaterialien und Lernerfolg und 3. Gesamtbeurteilung und Feedback. Zur Auswertung der Befragung wurden die Daten so aufbereitet, dass für die geschlossenen Formate den Antwortoptionen absolute und prozentuale Angaben zugeordnet wurden. Die erläuternden Antworten wurden kategorisiert und analog ausgewertet. Im Folgenden werden die prozentualen bzw. absoluten Angaben in Klammern aufgeführt.

Die Studierenden waren immer (14%) oder meistens (86%) mit der technischen Umsetzung zufrieden. Die Möglichkeit, jederzeit Fragen zu stellen (4) und die Verwendung von Zoom für die Videokonferenzen (3) wurden positiv bewertet. Bezüglich des digitalen Veranstaltungsformats waren die Studierenden überwiegend sehr zufrieden (43%) oder zufrieden (43%). Hier wurden die gute Vorbereitung und der Einsatz digitaler Werkzeuge (2) und neuer digitaler Methoden (1) positiv hervorgehoben. Die Gruppenarbeit wurde im Vergleich zu Präsenzveranstaltungen als besser empfunden, da weniger Ablenkung möglich war (1). Allerdings wurde auch auf den höheren Zeitaufwand für Gruppenarbeiten, die insgesamt größere Anstrengung und das Fehlen der persönlichen Komponente im Online-Format hingewiesen.

Der Lernerfolg in der digitalen Veranstaltung im Vergleich zu einer Präsenzveranstaltung wurde unterschiedlich bewertet. 57 % fanden keinen Unterschied zwischen den Formaten, 29 % fanden den ihren Lernerfolg schlechter und 14 % besser. Bemerkt wurde, dass der Zeitaufwand für die Gruppenarbeiten höher und die digitale Veranstaltung anstrengender war. Positiv hervorgehoben wurde, dass das Material leichter und schneller verfügbar war, die Entfaltung im digitalen Format besser möglich war und digitale Werkzeuge ausprobiert werden konnten.

Für den kommenden Durchgang des Seminars resultieren aus der Evaluation einige Verbesserungen: Die Instruktionsphase soll teilweise in Form von besprochenen Präsentationen, die in Moodle gestreamt im Sinne des Flipped Classroom (McNally et al., 2017) werden, um eine Entlastung in den als anstrengend empfundenen Videokonferenzen bringen. In den Gruppenarbeitsphasen werden weniger verschiedene digitale Werkzeuge eingesetzt, um eine zeitliche Entlastung durch weniger Einarbeitungszeit zu schaffen. Um weitere Erkenntnisse zur digitalen Umsetzung des Seminars zu erhalten, soll ein verbesserter Fragebogen eingesetzt werden. Das überwiegend positive Feedback zum digitalen Format des *Vorbereitungsseminars zum Praxissemesters* zeigt aber bereits jetzt, dass auch ein Hochschulseminar mit hohem Anteil an interaktiven Arbeitsphasen digital umgesetzt werden kann.

Literaturverzeichnis

Brüning, L. & Saum, T. (2009). *Erfolgreich unterrichten durch Kooperatives Lernen* (5., überarb. Aufl.). Neue-Deutsche-Schule-Verl.-Ges

CAST. (2018). *Universal design for learning guidelines version 2.2: [graphic organizer]* [Wakefield, MA: Author.]. http://udlguidelines.cast.org/more/download

Kolb, A. Y. & Kolb, D. A. (2005). Learning Styles and Learning Spaces: Enhancing Experiential Learning in Higher Education. *Academy of Management Learning & Education*, *4*(2), 193–212

Krause, K. & Kuhl, J. (2018). Was ist guter inklusiver Fachunterricht? Qualitätsverständnis, Prinzipien und Rahmenkonzeption. In B. Roters (Ed.), *Beiträge zur Schulentwicklung. Inklusiver Englischunterricht: Impulse zur Unterrichtsentwicklung aus fachdidaktischer und sonderpädagogischer Perspektive.* Waxmann

McNally, B., Chipperfield, J., Dorsett, P., Del Fabbro, L., Frommolt, V., Goetz, S., Lewohl, J., Molineux, M., Pearson, A., Reddan, G., Roiko, A. & Rung, A. (2017). Flipped classroom experiences: student preferences and flip strategy in a higher education context. *Higher Education*, *73*(2), 281–298

Meyer, A., Rose, D. H. & Gordon, D. (2014). *Universal design for learning: Theory and practice*. CAST Professional Publishing

Pawlak, F. & Groß, K. (2020). The use of student experiments in inclusive chemistry classes – chemistry teachers' perspectives on chances and challenges. *CHEMKON.* Advance online publication

Schlüter, A.-K. & Melle, I. (2018). Professionalization of Future Chemistry Teachers for Teaching in Inclusive Classrooms. In *Finlayson, McLoughlin et al. (Eds.) 2019 – Electronic Proceedings of the ESERA* (Part 13 (co-ed. M. Evagorou & M. Michelini), S. 1709–1720)

Schneider, M. & Preckel, F. (2017). Variables associated with achievement in higher education: A systematic review of meta-analyses. *Psychological bulletin*, *143*(6), 565–600

Ulrich, I. & Gröschner, A. (2020). *Praxissemester im Lehramtsstudium in Deutschland: Wirkungen auf Studierende* (Bd. 9). Springer Fachmedien Wiesbaden

Mats Kieserling[1] [1]Technische Universität Dortmund
Insa Melle[1]

Digital vs. analog: Unterrichtsmaterialien zum Thema Stofftrennung

Motivation

Neben einer Fülle unterschiedlicher digitaler Werkzeuge finden heute insbesondere Tablets im Unterricht zunehmend Verwendung. In ihnen wird vor allem im Bereich der weiterführenden Schulen eine wertvolle Ergänzung hinsichtlich des Einsatzes digitaler Medien gesehen. Die enorme Vielfalt an für die Tablets zur Verfügung stehenden unterschiedlichen Anwendungen (Apps) machen sie zu universell einsetzbaren Lernbegleitern, welche durch ihre einfache und intuitive Bedienung insbesondere auch Kindern und Jugendlichen entgegenkommen (Bastian & Aufenanger, 2017). Darüber hinaus ermöglichen Tablets die Entwicklung und Gestaltung interaktiver Lernumgebungen, mittels welcher die Schüler*innen in ihrem eigenen Tempo (Huwer, Bock & Seibert, 2018; Reiners, 2017) und multimodal über unterschiedliche Sinneskanäle (Sieve & Schanze, 2015) lernen können. Damit haben Tablets auch ein großes Potenzial, Schüler*innen in zunehmend heterogenen bzw. inklusiven Lerngruppen individualisiert und möglichst umfassend zu fördern (Bosse, 2012; Meyer, Rose & Gordon, 2014; Pola & Haage, 2015). Hinsichtlich der Wirksamkeit digitaler Lernumgebungen erstens im Fachunterricht Chemie und zweitens im Kontext einer heterogenen Schülerschaft besteht jedoch aktuell noch Forschungsbedarf (Becker, Klein, Gößling & Kuhn, 2017).

Forschungsfragen

Im Rahmen des Projekts soll die Wirkung des Tableteinsatzes auf das *Fachwissen* (F1 und F2) der Lernenden, die *Attraktivität* (F3) der Materialien sowie die *Kognitive Belastung* (F4) bei der Arbeit mit den Materialien erhoben werden. Dazu wurden folgende Forschungsfragen formuliert:

- F1: Inwieweit wird durch die entwickelte Lernumgebung das Fachwissen durch digitale bzw. analoge Unterrichtsmaterialien gesteigert?
- F2: Ergeben sich in Bezug auf das Fachwissen Unterschiede durch digitale bzw. analoge Unterrichtsmaterialien zwischen Lernenden unterschiedlicher kognitiver Niveaus?
- F3: Wie schätzen Lernende die digitalen Unterrichtsmaterialien im Vergleich zu den analogen ein?
- F4: Welchen Einfluss haben die digitalen Unterrichtsmaterialien auf die kognitive Belastung der Lernenden im Vergleich zu den analogen Unterrichtsmaterialien?

Design und Testinstrumente

Zur Untersuchung der Forschungsfragen wurde eine digitale Lernumgebung für die Sekundarstufe I an Gesamtschulen zum Thema Stofftrennung entwickelt und evaluiert. Die Gestaltung der Unterrichtseinheit erfolgt unter Berücksichtigung des aus den USA stammenden Konzepts *Universal Design for Learning* (UDL, Center for Applied Special Technology, 2012), welches einen Ansatz für das gemeinsame Lernen von Schüler*innen mit und ohne Förderbedarf darstellt. Die Intervention zur Untersuchung der Lernumgebung erfolgt in Form eines Projekttages an den jeweiligen Schulen. Der geplante Unterricht lässt sich grundsätzlich in die drei Abschnitte Einstiegs-, Experimentier- sowie Theoriephase unterteilen: In der Einstiegsphase erfolgt eine motivierende Einführung in die Rahmengeschichte der Lernumgebung durch das Abspielen eines Videos im Plenum. In der anschließenden Experimentierphase führen alle Lernenden eigenständig Experimente zu

unterschiedlichen Trennverfahren durch. In der Theoriephase erfolgt die vertiefte theoretische Behandlung der zuvor durchgeführten Experimente. Für die Untersuchung erfolgt eine Parallelisierung der Lernenden einer Klasse auf Grundlage der Ergebnisse eines Pre-Tests hinsichtlich des Vorwissens sowie der kognitiven Fähigkeiten in zwei Gruppen. Diese unterscheiden sich dadurch, dass die eine Gruppe in der Experimentier- sowie Theoriephase mit einem interaktiven iBook (digital) und die andere Gruppe mit „klassischen" Arbeitsheften (analog) arbeitet. Damit wird ein Vergleich zwischen dem digitalen Lernen und dem Lernen mit analogen Unterrichtsmaterialien in unterschiedlichen Unterrichtsphasen realisiert.

Zur Evaluation werden unterschiedliche Ergebungsinstrumente genutzt: Eine Woche vor der Intervention werden im Zuge der Pre-Testung u. a. ein Fachwissenstest zur Erfassung des Vorwissens (Multiple-Choice-Test mit 24 Items, Cronbach's $\alpha = .795$) sowie ein kognitiver Fähigkeitstest eingesetzt (CFT 20-R von Weiß & Weiß, 2006). Innerhalb der Intervention wird nach den einzelnen Unterrichtsphasen ein Attraktivitätstest (Einschätzungsbogen mit 10 Items, 6-stufige Likert-Skala, Cronbach's $\alpha = .871$) genutzt, um zu ermitteln, inwiefern die Lernenden die jeweiligen Unterrichtsphasen als positiv empfunden haben, sowie ein Test zur Erfassung der *Kognitiven Belastung* (Einschätzungsbogen mit 10 Items, 6-stufige Likert-Skala, Cronbach's $\alpha = .834$) der Lernenden in den Arbeitsphasen. Darüber hinaus wird sowohl nach der Experimentierphase als auch nach der Theoriephase (also nach der gesamten Intervention), erneut der Fachwissenstest eingesetzt, um die Wirkungen der einzelnen Phasen auf den Lernzuwachs der Schüler*innen feststellen zu können. Neben genannten Tests werden außerdem die individuellen Handlungen der Schüler*innen mittels Bildschirm- und Videoaufnahmen erfasst (Kieserling & Melle, 2019).

Ausgewählte Ergebnisse

Die Hauptuntersuchung des Projekts fand von September 2019 bis Februar 2020 an vier Gesamtschulen mit insgesamt 10 Klassen ($N = 230$ Schüler*innen) statt. Im Folgenden sollen die Ergebnisse in Bezug auf das Fachwissen präsentiert werden.

Mit Blick auf Forschungsfrage F1 kann zunächst festgehalten werden, dass sich das Fachwissen der Lernenden der digitalen Gruppe sowie der analogen Gruppe durch die gesamte Lernumgebung signifikant gesteigert hat (digital: $n = 117$, $p < .001$, $\delta = 1.14$; analog: $n = 113$, $p < .001$, $\delta = .91$). Hinsichtlich des Zuwachses innerhalb der einzelnen Phasen ist ebenfalls zu beobachten, dass die Schüler*innen beider Gruppen sowohl durch die Experimentierphase (digital: $n = 117$, $p < .001$, $\varphi = .61$; analog: $n = 113$, $p < .001$, $\varphi = .61$) als auch durch die Theoriephase (digital: $n = 117$, $p < .001$, $\varphi = .53$; analog: $n = 113$, $p < .001$, $\varphi = .33$) signifikant dazugelernt haben. Zur Beantwortung der Forschungsfrage F2 wurden Gruppenvergleiche mithilfe der Berechnung von Residuen angestellt. Hier zeigten sich in Bezug auf die Gesamtstichprobe weder im Pre-Post-Vergleich ($n_{digital} = 117$, $n_{analog} = 113$, $p = .159$, $\delta = .19$) noch in den einzelnen Phasen ($n_{digital} = 117$, $n_{analog} = 113$; Experimentierphase: $p < .532$, $\varphi = .04$; Theoriephase: $p = .053$, $\delta = .26$) signifikante Unterschiede zwischen der digitalen und der analogen Gruppe (residuenbasiert). Für die Betrachtung der Lernenden unterschiedlicher kognitiver Niveaus wurde die Stichprobe auf Grundlage der Ergebnisse des kognitiven Fähigkeitstests durch die Berechnung von Perzentilen in Leistungsdrittel unterteilt. Die Ergebnisse sind in Abb. 1 dargestellt. Für die Lernenden des unteren kognitiven Leistungsdrittels zeigte sich, dass beide Gruppen in der Experimentierphase signifikant dazulernten (digital: $n = 39$, $p = .001$, $\delta = .52$; analog: $n = 37$, $p = .007$, $\delta = .57$). In der Theoriephase dagegen lernten lediglich die Schüler*innen der digitalen Gruppe signifikant dazu ($n = 39$, $p < .001$, $\delta = .74$), während die der analogen Gruppe stagnierten ($n = 37$, $p = .153$, $\delta = .24$). Damit ergab sich nach der Experimentierphase kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen ($n_{digital} = 39$, $n_{analog} = 37$,

p = .685, δ = .09, residuenbasiert), jedoch aber nach der Theoriephase ($n_{digital}$ = 39, n_{analog} = 37, p = .005, δ = .67, residuenbasiert). So scheinen die Lernenden des unteren Leistungsdrittels in der Theoriephase stark von den digitalen Lernmaterialien profitiert zu haben. Hinsichtlich des mittleren kognitiven Leistungsdrittels zeigte sich, dass nach der Experimentierphase ebenfalls für beide Gruppen ein signifikanter Fachwissenszuwachs verzeichnet werden konnte (digital: n = 41, p = .001, φ = .52; analog: n = 38, p = .001, φ = .52). Nach der Theoriephase lernte jedoch die digitale Gruppe (n = 41, p = .123, δ = .31) nicht signifikant, die analoge Gruppe (n = 38, p = .055, δ = .25) fast signifikant dazu. Im Gruppenvergleich waren keine Unterschiede zwischen den beiden Gruppen zu keinem Zeitpunkt festzustellen ($n_{digital}$ = 41, n_{analog} = 38; Experimentierphase: p = .537, δ = .14; Theoriephase: p = .898, δ = .03, residuenbasiert). Die abschließende Betrachtung des oberen kognitiven Leistungsdrittels zeigte, dass hier die Lernenden beider Gruppen in der Experimentierphase (digital: n = 37, p < .001, δ = 1.04; analog: n = 38, p < .001, φ = .84) sowie in der Theoriephase (digital: n = 37, p < .001, φ = .60; analog: n = 38, p = .009, δ = .35) signifikant dazu gelernt haben. Signifikante Unterschiede waren zwischen der digitalen und der analogen Gruppe hier nicht zu finden ($n_{digital}$ = 37, n_{analog} = 38; Experimentierphase: p = .820, φ = .03; Theoriephase: p = .340, δ = .22, residienbasiert).

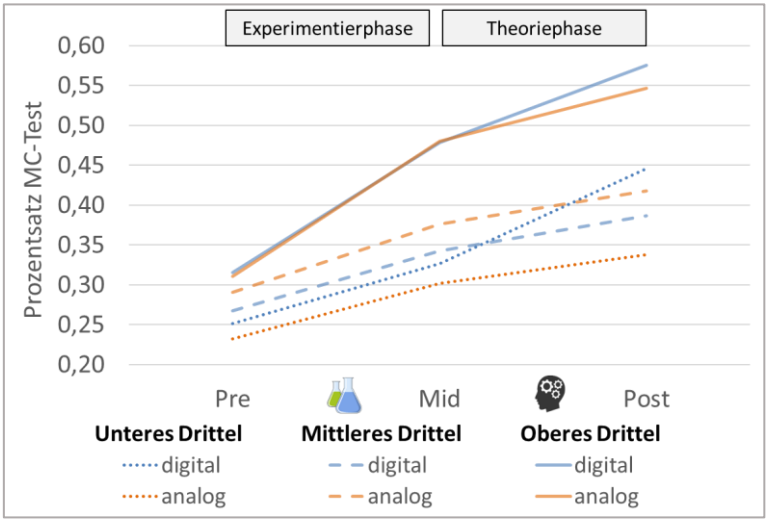


Abb. 1: Fachwissenstestergebnisse der kognitiven Leistungsdrittel.

Fazit und Ausblick

Aus der Untersuchung kann hinsichtlich der Wirkung der Lernumgebung auf das Fachwissen der Schüler*innen abschließend resümiert werden, dass der Einsatz digitaler Medien im Vergleich zu Arbeitsheften in dem gewählten Untersuchungssetting insgesamt zunächst einmal keine negativen Effekte auf das Lernen hatte. Dies kann mit Blick auf die zunehmende Digitalisierung der deutschen Schulen erste Ängste hinsichtlich der Abnahme von Unterrichtsqualität mindern. Die Betrachtung der dargestellten Subgruppen hat darüber hinaus gezeigt, dass die digitalen Lernmaterialien sogar einen positiven Einfluss auf den Lernzuwachs der kognitiv schwächeren Schüler*innen hatten. Nun gilt es weiter zu ermitteln, welche Faktoren für diesen positiven Effekt verantwortlich sind. Dazu erfolgt aktuell die Analyse der Bildschirm- sowie Videoaufnahmen, durch welche insbesondere der Umgang der Lernenden aus den unterschiedlichen Leistungsdritteln mit den verschiedenen Lernformaten (digital/analog) näher untersucht werden soll.

Literatur

Bastian, J. & Aufenanger, S. (2017). Einführung: Tableteinsatz in Schule und Unterricht - wo stehen wir? In J. Bastian & S. Aufenanger (Eds.), Tablets in Schule und Unterricht. Forschungsmethoden und -perspektiven zum Einsatz digitaler Medien. Wiesbaden: Springer VS, 1-11

Becker, S., Klein, P., Gößling, A. & Kuhn, J. (2017). Technologie-unterstütztes Lernen im Physikunterricht mittels mobiler Videoanalyse. In J. Meßinger-Koppelt, S. Schanze & J. Groß (Eds.), Lernprozesse mit digitalen Werkzeugen unterstützen. Perspektiven aus der Didaktik naturwissenschaftlicher Fächer. Hamburg: Joachim-Herz-Stiftung

Bosse, I. (2012). Medienbildung im Zeitalter der Inklusion. Düsseldorf: Landesanstalt für Medien Nordrhein-Westfalen

CAST (2012). Universal Design for Learning Guidelines version 2.0. Wakefield, MA: Author. Online verfügbar unter: http://www.udlcenter.org/aboutudl/udlguidelines/downloads (25.09.2018)

Huwer, J., Bock, A., & Seibert, J. (2018). The School Book 4.0: The Multitouch Learning Book as a Learning Companion. American Journal of Educational Research, 6 (6), 763–772

Kieserling, M., & Melle, I. (2019). An experimental digital learning environment with universal accessibility. Chemistry Teacher International, 1–9

Meyer, A., Rose, D.H. & Gordon, D. (2014). Universal Design for learning: Theory and practice. Wakefield MA: CAST.

Pola, A. & Haage, A. (2015). Ohne Medien keine Inklusion – Aktive Medienarbeit schafft soziales Miteinander. In: Praxis Fördern: Zeitschrift für individuelle Förderung und Inklusion, 2, 4-6

Reiners, C. (2017). Chemie vermitteln - Fachdidaktische Grundlagen und Implikation. Berlin: Springer

Sieve, B. & Schanze, S. (2015). Lernen im digital organisierten Chemieraum. Naturwissenschaften im Unterricht. Chemie, 26 (145), 2-7

Weiß, R. H., & Weiß, B. (2006). CFT 20-R mit WS/ZF-R: Grundintelligenztest Skala 2-Revision (CFT 20-R) mit Wortschatztest und Zahlenfolgentest-Revision (WS/ZF-R). Göttingen: Hogrefe

Johanna H. Ratzek[1]
Dietmar Höttecke[1]

[1]Universität Hamburg

Reflexion von Bewertungsprozessen
Ergebnisse einer Vorstudie

Der Mensch bewertet individuelle und gesellschaftliche Probleme mit naturwissenschaftlich-technischem Bezug nicht ausschließlich auf der Basis rationalen Abwägens. Deswegen greift das bloße Erlernen rationaler Entscheidungsstrategien zur Förderung von Bewertungskompetenz zu kurz (Höttecke, 2017). (Vor-)Meinungen des*der Bewertenden und weitere Merkmale eines Entscheidungsproblems beeinflussen den Prozess im Sinne intuitiv-heuristischer Urteilsbildung (Sadler, 2004; Fang, Hsu & Lin, 2019; Sander & Höttecke, 2018). Reflexion kann als Mittel gesehen werden, sich das eigene Bewerten bewusst zu machen, es kritisch zu betrachten und daraus für das Bewerten und Entscheiden in zukünftigen vergleichbaren Situationen zu lernen (Dittmer, Gebhard, Höttecke & Menthe, 2016).
Wir untersuchen im Rahmen einer Interventionsstudie, inwiefern die *Perspektive eines Entscheidungsproblems* und *Reflexion* als Methode zum Bewusstmachen eigener Entscheidungen das Reflektieren von Bewertungsprozessen als Facette von Bewertungskompetenz beeinflusst.

Der Interventionsunterricht

Der Unterricht umfasst zwei Doppelstunden, in denen sich die teilnehmenden Klassen thematisch mit der elektromagnetischen Strahlung von Mobilfunksendeanlagen und Handys befassen. In den teilnehmenden Klassen wird das Thema aus der *Perspektive eines Entscheidungsproblems* als „Wir-Problem“ kontextualisiert. Wir-Probleme – in unserer Diktion – zeichnen sich dadurch aus, dass sie im Gegensatz zu Ich-Problemen (ein Individuum betreffend) in Gruppen (eine Schulklasse, ein Dorf, eine Gesellschaft) sozial ausgehandelt und entschieden werden und die primären Folgen der Entscheidung in erster Linie nicht die Entscheidenden selbst, sondern auch oder sogar ausschließlich andere treffen. Das Wir-Problem in dieser Studie betrifft die Beurteilung einer gesetzlichen Neuregelung der Abstände zwischen Mobilfunksendeanlagen und Wohnhäusern. Das Wir-Problem, welches den Kontext der zwei Doppelstunden bildet, wird den Schüler*innen in Form eines Comics präsentiert, in dem verschiedene Expert*innen und Interessenvertreter*innen sich bezüglich der möglichen Neuregelung äußern.
In der ersten Doppelstunde erarbeiten sich alle Schüler*innen Bewertungsstrukturwissen bezüglich verschiedener Entscheidungsstrategien. Auf diese Weise lernen die Schüler*innen Grundbegriffe der Entscheidungstheorie kennen und erwerben das Vokabular, um über ihre Entscheidungsprozesse sprechen zu können. In der zweiten Doppelstunde behandelt nur die Interventionsgruppe die Methode der Reflexion und bespricht Merkmale sowie den möglichen Ablauf einer Reflexion eigener Entscheidungsprozesse. Die Kontrollgruppe erarbeitet stattdessen, unterstützt durch Experimente, Fachwissen zur elektromagnetischen Strahlung von Handys und zu den Feldern um Mobilfunksendeanlagen.
Zu Beginn des Unterrichts bilden sich die Schüler*innen beider Gruppen ein erstes Urteil zum Problem und verschriftlichen dieses. Zum Ende des Unterrichts urteilen die Schüler*innen ein zweites Mal, beziehen dabei ihr erstes Urteil in die Auseinandersetzung mit ein und

reflektieren es mündlich mit einem oder mehreren Partner*innen. Der Vergleich der beiden Urteile stellt unsere zentrale Datenbasis dar.
Wir untersuchen, ob und inwiefern sich die Schüler*innen der Interventionsgruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe inhaltlich und konzeptuell mit ihrer Entscheidung auseinandersetzen (F1) und welche Reflexionsebenen von den Schüler*innen im Gruppenvergleich in ihren Urteilen erreicht werden (F2). In Tabelle 1 ist die Anzahl der zur Auswertung erhobenen Urteile aufgeführt:

	Anzahl der erhobenen 1. Urteile (schriftlich)	**Anzahl der aufgenommenen 2. Urteile (mündlich)**
Interventionsgruppe	15	7 (2er-Gruppen)
Kontrollgruppe	23	7 (2er- bis 4er-Gruppen)

Methodisches Vorgehen
Die Auswertung der Schülerurteile erfolgt mittels inhaltlich strukturierender qualitativer Inhaltsanalyse (Mayring, 2015; Schreier, 2014) auf den Achsen *Inhaltsbereich* ($\kappa = .94$) und *Reflexionsebene* ($\kappa = .88$), wobei für 20% des Materials eine Doppelkodierung durch zwei unabhängige Kodierer*innen erfolgte.
Die Ebene *Inhaltsbereich* besteht aus den drei deduktiven, konzeptuellen Kategorien *Optionen*, *Strategien* und *Attribute*. Bezüglich *Optionen* und *Strategien* wird in induktiv gebildeten Subkategorien dahingehend unterschieden, ob die Verwendung und Berücksichtigung der jeweils angeführten Optionen bzw. Strategien durch die Schüler*innen begründet wird oder nicht.
Es werden fünf Reflexionsebenen kategorial voneinander unterschieden. Die Operationalisierung von Reflexion, die den deduktiven Kategorien zugrunde liegt, wurde anderenorts beschrieben (Ratzek, Schlei & Höttecke, 2020) und baut vor allem auf dem Modell von Nowak, Kempin, Kulgemeyer & Borowski (2019) auf. Die unterste Ebene bildet die *Beschreibung* des eigenen Entscheidungsprozesses, gefolgt von einer *Bewertung*. Die dritte Ebene wird kodiert, wenn die Schüler*innen eine *Alternative* zu ihrem ursprünglichen Vorgehen nennen. Dem folgt der *Vergleich des beschriebenen und des alternativen Vorgehens* und zuletzt das Ziehen von *Konsequenzen* aus der Reflexion.

Ergebnisse
In beiden Gruppen hat der Anteil derjenigen Schüler*innen bzw. Gruppen, die sich zu Strategien ihres Entscheidens äußern, zum zweiten Urteil zugenommen (Abb. 1).

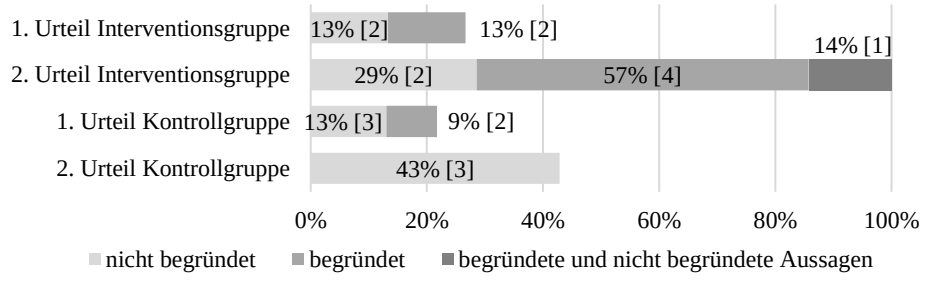


*Abb. 1: Prozentuale Anteile der Urteile, in denen sich die Schüler*innen zu Strategien beim Entscheiden äußern. In eckigen Klammern die absoluten Zahlen.*

Insbesondere in der Interventionsgruppe sprechen die Schüler*innen in ihrem zweiten Urteil über strategische Aspekte ihres Entscheidens und der größte Anteil von ihnen begründet die eigenen Ausführungen zusätzlich. Auch in der Kontrollgruppe nimmt zwar der prozentuale Anteil der Gruppen, die strategische Aspekte ansprechen, zum zweiten Urteil zu, jedoch wird keine dieser Äußerungen zusätzlich begründet.

In beiden Gruppen zeigt sich zum zweiten Urteil eine Zunahme der reflexiven Äußerungen auf der höchsten Ebene *Konsequenzen* (Abb. 2). Bei der Interventionsgruppe, bei der die Reflexionsebenen Bestandteil des Unterrichts in der zweiten Doppelstunde waren, zeigt sich zudem eine Zunahme der Reflexion auf allen Ebenen.

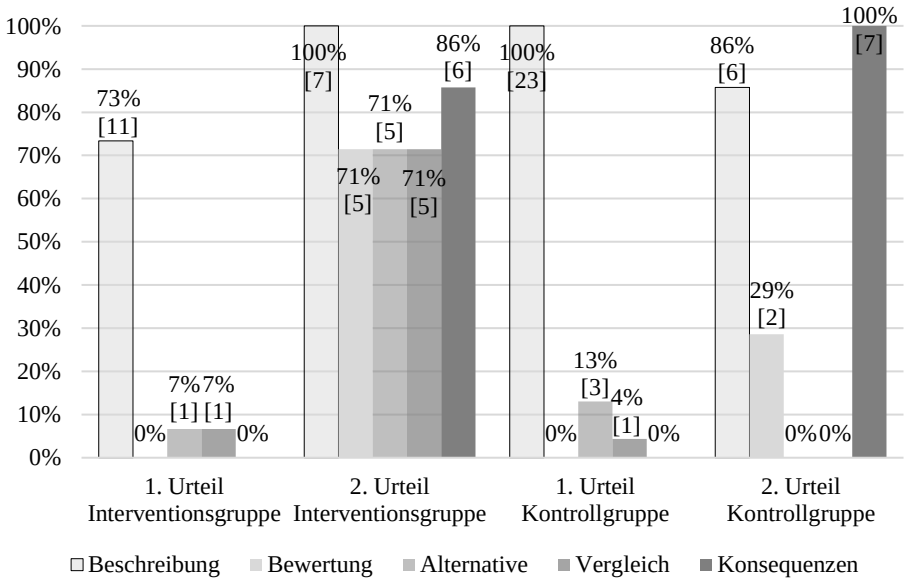


Abb. 2: Prozentuale Anteile der Urteile, in denen sich Äußerungen auf der jeweiligen Reflexionsebene zeigten. In eckigen Klammern die absoluten Zahlen.

Resümee

Die deskriptive Betrachtung der Daten dieser Vorstudie deutet darauf hin, dass sich ein unmittelbarer Effekt im Hinblick auf das umfassende Reflektieren eigener Entscheidungsprozesse durch eine Integration der Methode der Reflexion zeigt. Darüber hinaus ist die Zunahme strategischer Äußerungen insbesondere bei der Interventionsgruppe ein Indikator dafür, dass die Erarbeitung des Entscheidungsstrategiewissens nach dem Unterricht zur Anwendung kommt. Dies kann ein Hinweis darauf sein, dass das explizite Erlernen von Reflexion eine strategische Auseinandersetzung mit dem eigenen Entscheiden begünstigt.

Literatur

Dittmer, A., Gebhard, U., Höttecke, D. & Menthe, J. (2016). Ethisches Bewerten im naturwissenschaftlichen Unterricht: Theoretische Bezugspunkte für Forschung und Lehre. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 22 (1), 97-108

Fang, S., Hsu, Y. & Lin, S. (2019). Conceptualizing Socioscientific Decision Making from a Review of Research in Science Education. International Journal of Science and Mathematics Education, 17, 427-448

Höttecke, D. (2017). Die politische Dimension der Naturwissenschaft im Unterricht. Bewerten, Urteilen und Entscheiden. In U. Gebhard, D. Höttecke & M. Rehm (Hg.), Pädagogik der Naturwissenschaften. Berlin: Springer, 65-84

Mayring, P. (2015). Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken. Weinheim Basel: Beltz

Nowak, A., Kempin, M., Kulgemeyer, C. & Borowski, A. (2019). Reflexion von Physikunterricht. In C. Maurer (Hg.) Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe. GDCP, Jahrestagung in Kiel 2018, 838-841

Ratzek, J., Schlei, S. & Höttecke, D. (2020). Förderung von Bewertungskompetenz durch Reflexion. In S. Habig (Hg.), Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft für morgen, GDCP, Jahrestagung in Wien 2019, 495-498

Sadler, T. (2004). Informal Reasoning Regarding Socioscientific Issues: A Critical Review of Research. Journal of Research in Science Teaching, 41, 513-536

Sander, H., Höttecke, D. (2018). Orientierungen von Jugendlichen beim Urteilen und Entscheiden in Kontexten nachhaltiger Entwicklung. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 24 (1), 83-98

Schreier, M. (2014). Varianten qualitativer Inhaltsanalyse: Ein Wegweiser im Dickicht der Begrifflichkeiten. Forum Qualitative Sozialforschung, 15, 1 (18)

Melanie Herzig[1]
Stefan Habel[1]
Martin Lang[2]
Alexandra Dorschu[1]

[1]Hochschule Ruhr West
[2]Universität Duisburg-Essen

Projektbasiertes Lernen zur Motivation von Erstsemesterstudierenden

Motivation

Insbesondere in den Ingenieurwissenschaften wurden in den letzten Jahren in Deutschland hohe Abbruchquoten verzeichnet (Heublein, 2014). Für die deutsche Absolventenkohorte von 2012 lag die Abbruchquote in den Ingenieurwissenschaften an Fachhochschulen bei 31 % und damit deutlich über dem Gesamtdurchschnitt von 23 % (Heublein, 2014). Gemäß Heublein et al. (2017) zeigt die Abbruchquote bei den Studierenden der Ingenieurwissenschaften in den Folgejahren sogar einen weiteren Anstieg. Der Studienabbruch kann hier als ein Prozess verstanden werden, der durch unterschiedliche interne und externe Faktoren und Bedingungen angetrieben wird.

Einer der Hauptgründe für den Studienabbruch ist ein Mangel an Studienmotivation. Die Studierenden identifizieren sich nicht mehr ausreichend mit dem gewählten Fach oder den Berufsaussichten. (Heublein, 2014)

Für Studierende der Ingenieurwissenschaften an deutschen Fachhochschulen spielt in 64 % der Fälle die fehlende Studienmotivation eine signifikante Rolle im Abbruchprozess. Insbesondere tritt der Studienabbruch aufgrund mangelnder Studienmotivation als einer der frühesten auf, da 53 % der Ingenieurstudierenden, die die fehlende Studienmotivation als Hauptgrund für ihren Studienabbruch angaben, ihr Studium bereits in den ersten beiden Semestern beenden. (Heublein et al., 2017)

Eine Methode, die nachweislich positive Auswirkungen auf die Motivation der Studierenden für ihr Studium hat, ist das projektbasierte Lernen (Kolmos & de Graaff, 2014). Dies basiert auf authentischen Problemen, unterstützt durch eine Leitfrage (Thomas, 2000), die die Studierenden in realistische und kontextbezogene Problemlöseumgebungen versetzen sollen (Blumenfeld et al., 1991). Die Studierenden können darüber hinaus weitestgehend autonom arbeiten (Thomas, 2000), was ihnen Raum für die Entwicklung eigener Ansätze und Entscheidungen gibt (Blumenfeld et al., 1991). Des Weiteren steigert das Lösen authentischer Probleme ihr Interesse am Thema (Blumenfeld et al., 1991). Projektbasiertes Lernen verbindet ebenso Fachdisziplinen untereinander und ermöglicht so einen breiteren Blick auf das Studiengebiet (Blumenfeld et al., 1991).

Ziel der Studie und Forschungsfragen

Ein Ansatz zur Senkung der Abbruchquoten in den Ingenieurwissenschaften kann daher darin bestehen, die Studienmotivation der Studierenden so früh wie möglich zu erhöhen. In dieser Studie soll untersucht werden, wie sich projektbasierte Aufgaben auf die Studienmotivation und die Identifikation der Studierenden mit dem Fach in Energiestudiengängen an einer deutschen Fachhochschule im ersten Semester sowie in Folgesemestern auswirken.

Methode und Design

Um die Studienmotivation der Studierenden zu fördern, wird ein neues, projektbasiertes Motivationsmodulkonzept für ein bestehendes Erstsemestermodul entwickelt. Dieses besteht aus zwei Bausteinen, einer Vorlesung mit integrierter Übung und einem projektbasierten Workshop (Abb. 1). Jede Komponente verfolgt unterschiedliche Ziele. Die Vorlesung dient als Einstieg in das Fachgebiet und gibt einen allgemeinen Überblick über Zusammenhänge in Bezug auf historische Entwicklungen sowie aktuelle und zukünftige Herausforderungen im Fach. Dies vermittelt insbesondere die Relevanz des Themas und schafft eine fachliche Orientierung im Studiengang. Im Workshop untersuchen die Studierenden technisch-wissenschaftliche Zusammenhänge, eng verknüpft mit den Forschungsbereichen und Institutionen des Fachbereichs, was zu einer frühen Förderung der akademischen Integration führen soll. Neben fachlichen Kompetenzen werden ebenso überfachliche Kompetenzen gefördert. Das Zusammenwirken beider Modulkomponenten fördert schließlich die beiden Hauptziele des Modulkonzepts, die Erhöhung der Studienmotivation der Studierenden sowie ihre Identifikation mit dem Fach und der Hochschule.

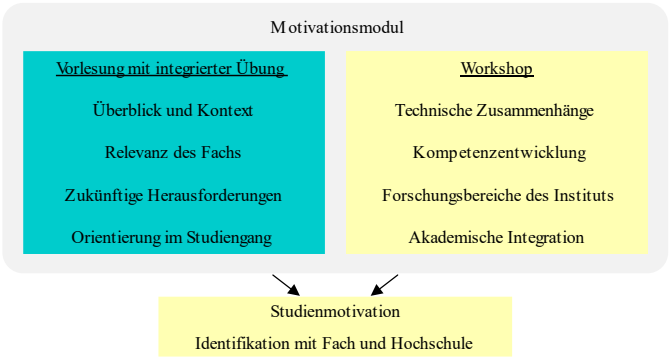


Abb. 1 Aufbau des Erstsemestermodulkonzepts und Ziele der Modulbausteine

Das projektbasierte Lernen ist als unabhängige Variable in den Workshop integriert, dessen Auswirkungen in einem Prä-Post-Design untersucht werden (Abb. 2). Die abhängigen Variablen werden mithilfe von Fragebögen erfasst. Bei einem Follow-up am Ende des zweiten Semesters wird die mittelfristige Entwicklung der Effekte gemessen.

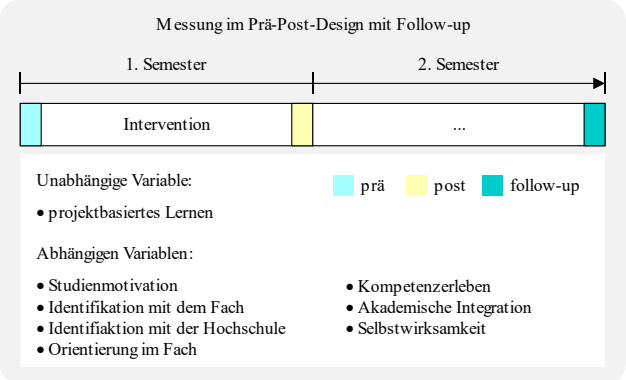


Abb. 2 Definition der Messzeitpunkte und Variablen

Für die Intervention wird ein experimentelles Kontrollgruppendesign gewählt (Abb. 3). Alle Studierenden nehmen an der Vorlesung mit integrierter Übung teil. Im Workshop untersuchen sowohl die Experimentalgruppe, als auch die Kontrollgruppe Konzepte moderner und nachhaltiger Energiesysteme. Beide Gruppen beschäftigen sich in der gleichen Zeit mit den gleichen Themen, um gleich gut auf die Klausur am Ende des Semesters vorbereitet zu sein.

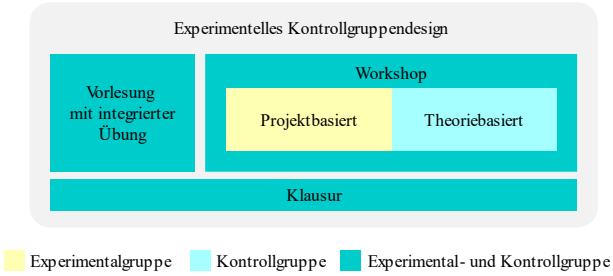


Abb. 3 Darstellung des Studiendesigns

Der Unterschied besteht darin, dass die Experimentalgruppe vorwiegend praktisch mit projektbasierten Aufgaben arbeitet und während des gesamten Semesters von einer Leitfrage begleitet wird, die die zu bearbeitenden Themen mit einer authentischen Problemstellung verknüpft. Dabei entwickeln die Studierenden ein Konzept für die Integration nachhaltiger Energiesysteme in ein zu sanierendes Wohngebäude (Abb. 4). Die Teilnehmenden der Kontrollgruppe arbeiten eher theoretisch, indem sie überwiegend Literatur über Energiesysteme nutzen, jedoch ohne das verbindende Element der Leitfrage und andere typische Elemente des projektbasierten Lernens (s. Abb. 4).

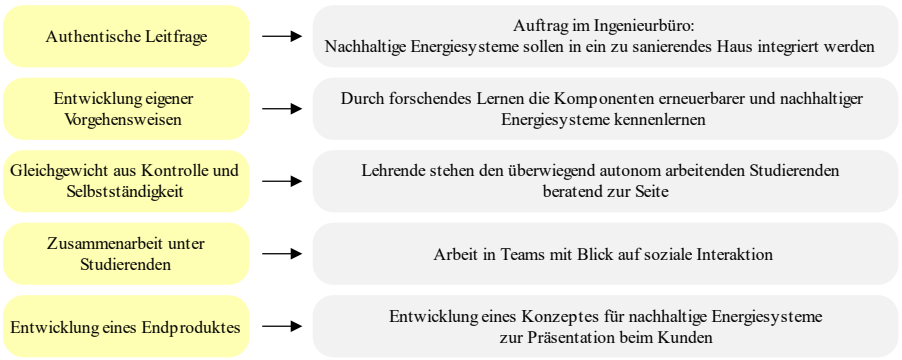


Abb. 4 Umsetzung typischer Elemente des projektbasierten Lernens im Workshop der Experimentalgruppe

Ausblick

Aufgrund begrenzter Möglichkeiten zur Präsenzlehre im Wintersemester 20/21 durch die Coronapandemie wird die geplante Pilotstudie auf das Wintersemester 21/22 verschoben. In der Pilotstudie werden die neu entwickelten Workshopmaterialien für Experimental- und Kontrollgruppe sowie die Testinstrumente evaluiert.

Literatur

Blumenfeld, P. C., Soloway, E., Marx, R. W., Krajcik, J. S., Guzdial, M. & Palincsar, A. (1991). Motivating Project-Based Learning: Sustaining the Doing, Supporting the Learning. Educational Psychologist, 26 (3&4), 369-398

Heublein, U. (2014). Student Drop-out from German Higher Education Institutions. European Journal of Education, 49(4), 497-513

Heublein, U., Ebert, J., Hutzsch, C., Isleib, S., König, R., Richter, J. & Woisch, A. (2017). Zwischen Studienerwartungen und Studienmöglichkeiten, Ursachen des Studienabbruchs, beruflicher Verbleib der Studienabbrecherinnen und Studienabbrecher und Entwicklung der Studienabbruchquote an deutschen Hochschulen. Forum Hochschule, (1/2017), 17-51. Deutsches Zentrum für Hochschul- und Wissenschaftsforschung GmbH, Hannover

Kolmos, A. & de Graaff, E. (2014). Problem-Based and Project-Based Learning in Engineering Education: Merging Models. In A. Johri & B. M. Olds (Eds.), Cambridge Handbook of Engineering Education Research. Cambridge University Press, 141-161

Thomas, J. W. (2000). A review of research on project-based learning. The Autodesk Foundation

Sarah Hundertmark[1] [1]Leibniz Universität Hannover

Productive Failure beim Chemielernen. Eine Studie zum Einfluss von Problemlösen vor der Instruktion auf die Entwicklung des Konzeptverständnisses.

Theoretischer Hintergrund

Ein Ziel naturwissenschaftlicher Bildung ist es, Schüler*innen beim Aufbau wissenschaftlich anerkannter Konzepte zu unterstützen. Seit Jahrzehnten wird in der Literatur beschrieben, dass Schüler*innen Vorstellungen mit in den Unterricht bringen, die z.B. im Kontext alltäglicher Erfahrungen und Beobachtungen entstanden sind und die Prozesse zum Aufbau fachwissenschaftlich anerkannter Konzepte maßgeblich mit beeinflussen (z.B. Duit et al. 2013). Es besteht weitestgehend Konsens, dass existierende Vorstellungen im Prozess der Entwicklung wissenschaftlich anerkannter Konzepte explizit berücksichtigt werden müssen (z.B. Marohn, 2008; Treagust, Duit, & Nieswandt, 2000; Taber, 2019; Niebert & Gropengießer, 2015). Lernen in den naturwissenschaftlichen Fächern wird somit verstanden als die Weiterentwicklung vorunterrichtlicher Vorstellungen in Richtung wissenschaftlich anerkannter Vorstellungen (z.B. Dannemann, 2015).

In traditionellen Lernansätzen wird insbesondere beim Erstzugang zu einem neuen Inhalt das konzeptuelle Wissen meist direkt instruktional (DI) vermittelt. Im Anschluss an eine Instruktion wird das erworbene Konzeptwissen dann z.B. durch vertiefende Problemlöseaufgaben gefestigt (z.B. Kirschner, Sweller, & Clark, 2006). Damit folgt klassischer Unterricht oft der Logik ***I**nstruction-prior-to-**P**roblem-**S**olving* (**I-PS**, siehe Abb. 1).

Unter dem Begriff *Productive Failure* erhalten derzeit Ansätze international Aufmerksamkeit, in denen die Logik klassischer Lern-Ansätze umgedreht wird und eine Problemlöse-Aufgabe *vor* eine Instruktion geschaltet wird (**P**roblem-**S**olving-prior-to-**I**nstruction: **PS-I;** z.B. Kapur & Bielaczyc, 2012; Loibl & Rummel, 2017). Zentral ist hierbei, dass Schüler*innen mit einer Problemlöse-Situation konfrontiert werden, für deren Lösung sie zunächst noch keine tragfähigen fachwissenschaftlichen Konzepte besitzen. Darüber hinaus werden sie zunächst im Ungewissen über die korrekten Lösungsansätze gelassen. In dessen Folge erleben sie eine Unsicherheit, die als *Scheitern* (Failure) bezeichnet wird. In diversen Studien aus dem Bereich Lernen mathematischer Konzepte wurde bereits empirisch gezeigt, dass sich PS-I positiver auf die Entwicklung des Konzeptverständnisses auswirkt im Vergleich zu traditionelle I-PS Ansätzen (z.B. Loibl & Leuders, 2018; Loibl & Rummel, 2014. Kapur, 2014). Aus diesem Grund wird das potenzielle Scheitern als *produktiv* (Productive Failure) bezeichnet.

Studie zum vorinstruktionalen Problemlösen im Chemieanfangsunterricht

In einer Studie wird der PS-I-Ansatz für das Lernen im Fach Chemie adaptiert und untersucht, ob der Effekt des vorinstruktionalen Problemlösens replizierbar ist. In der Untersuchung wird das Verbrennungskonzept thematisiert.

Forschungsfrage

Die Forschungsfrage lautet: Inwieweit zeigen die Schüler*innen in der PS-I-Gruppe einen höheren Zuwachs ihres konzeptionellen Verständnisses als Schüler*innen in der I-PS-Vergleichsgruppe?

Methode und Design

An der Studie nahmen N = 49 Schüler*innen aus zwei 7. Klassen eines niedersächsischen Gymnasiums teil. Beide Klassen wurden von derselben Fachlehrkraft unterrichten. Die Zuordnung der Klassen zu den Vergleichsgruppen (PS-I und I-PS) erfolgte per Zufall.
Die Studie folgt dem quasi-experimentellen Design einer Interventionsstudie (siehe Abb. 1). Die Experimentalgruppe PS-I erhielt dabei die Problemlöse-Aufgabe (PS) vor der Instruktion. Die Experimentalgruppe I-PS erhielt zunächst die Instruktion und löste dann dieselbe Problemlöseaufgabe. Um die Wirksamkeit zu beurteilen wurde das Konzeptverständnis per Vor- und Nachtest (jeweils ca. 25Min.) erhoben. Die gesamte Intervention umfasste in beiden Vergleichsgruppen zwei Doppelstunden (siehe Abb. 1).

Instrumente:

Als Instrument zur Messung des Konzeptverständnisses wurde der TEVko (**T**est zur **E**rfassung des **V**erbrennungs**ko**nzepts) eingesetzt. Der Test wurde im Rahmen eines DFG-Projektes (SCHA 1025/4-1) theoriebasiert entwickelt und validiert.
In der PS-Situation wurde eine Aufgabe nach der Peer-Interaction-Methode (Heeg, et al., 2020) eingesetzt. Die Bearbeitung des Problems erforderte eine Kombination aus individueller und kollaborativer Auseinandersetzung mit den eigenen Vorstellungen zur Erklärung des Phänomens beim Boyle-Versuch (Johannsmeyer et al., 2013).

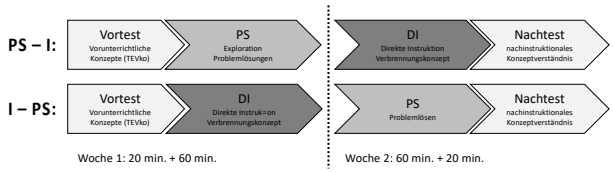


Abb. 1: Design der Studie.

Auswertung:

Zur Beantwortung der Forschungsfrage wurden die Daten mittels SPSS zunächst deskriptiv analysiert. Zur Bestimmung der unterschiedlichen Entwicklungen von Vor- zu Nachtest wurde eine Mittelwertvergleich über einen *t*-Test für unabhängige Stichproben gerechnet.

Ergebnisse

Es liegen insgesamt N = 47 (PS-I: n=23; I-PS: n=24) vollständige Datensätze von Schüler*innen vor, die sowohl im Vor- und Nachtest teilgenommen haben.
Im Vortest zeigen sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Vergleichsgruppen (p=.282, t(47)= 1.09). Somit kann von vergleichbaren Ausgangsvoraussetzung beider Gruppen ausgegangen werden. Im Posttest weist die PS-I-Gruppe im Vergleich zur I-PS-Gruppe jedoch ein signifikant höheres Nachtestergebnis auf (p= < .01, t(46)= 2.78, siehe Abb. 2). Betrachtet man den Lernzuwachs in beiden Vergleichsgruppen (PS-I: M = 3,7, SD = 5,42; I-PS: M = 0.29, SD = 5.57), ausgedrückt als Differenz zwischen den Mittelwerten im

Vor- und Nachtest, so lässt sich bei der PS-I-Gruppe ein signifikant höherer Zuwachs in den Mittelwerten messen als bei der I-PS-Gruppe (p= < .05, t(45)= 2.12, siehe Abb. 3). Dieser Effekt weist eine mittlere Stärke auf (d = 0.5 bzw. r = 0.3).

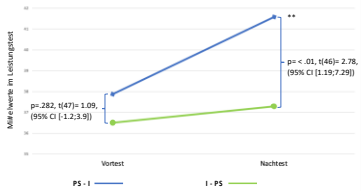


Abb. 2: Mittelwertvergleich zum Zeitpunkt des Vor- und Nachtests zwischen beiden Gruppen.

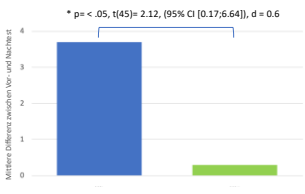


Abb. 3: Vergleich der mittleren Differenz aus Vor- und Nachtestergebnis beider Gruppen.

Diskussion und Ausblick

In dieser Studie wurde der Einfluss des vorinstruktionalen Problemlösens auf die Entwicklung des Konzeptverständnisses untersucht. Der positive Effekt wurde in diversen Studien für das Lernen mathematischer Konzepte bestätigt (z.B. Kapur & Bielaczycz, 2012; Loibl & Leuders, 2018) und in dieser Studie für das Lernen chemiescher Konzepte repliziert. Der positive Effekt durch das vorinstruktionale *Scheitern* wird darauf zurückgeführt, dass die Schülerinnen zunächst ihr eigenes Vorwissen aktivieren und ausdifferenzieren. Basierend auf ihrer Unsicherheit und den Erfahrungen beim *Scheitern* können sie während der sich anschließenden Instruktion kritische Merkmale des Konzepts und eigene Wissenslücken leichter erkennen als bei einer direkten Instruktion (z.B. Kapur & Bielaczyc, 2012; Loibl & Leuders, 2019). Das Anbieten des fachwissenschaftlichen Konzepts (nachinstruktional) hilft den Schüler*innen zur richtigen Zeit im Lernprozess das notwendige (und ihnen fehlende) Konzeptwissen mit dem eigenen Vorwissen zu verknüpfen und eventuelle Wissenslücken zu schließen.

Hierbei kommt es nicht darauf an, dass die Lernenden vorinstruktional qualitativ wertvolle (oder kanonische) Lösungen generieren. Kapur & Bielaczyc (2012) beschreiben in ihrer Studie, dass die meisten Schüler*innen der PS-I-Gruppen zwar viele verschiedenartige Lösungen entwickelten, die jedoch - mit Ausnahme weniger - alle fachwissenschaftlich nicht angemessen waren. Somit scheint vor allem der Prozess der Auseinandersetzung hier den Ausschlag zu geben.

Ein erster qualitativer Einblick in die Daten der vorliegenden Studie bestätigt diese Ergebnisse: Keine der Lösungen der PS-I-Gruppen scheint nah an der kanonischen Lösung zu sein, während die Gruppen der I-PS-Gruppen Lösungen generierten, in denen die instruktional vermittelten Konzepte angemessen angewendet wurden.

Als eine Konsequenz aus der Studie ergibt sich die Frage, ob der Effekt in Bezug auf den Transfer des erlangten Konzeptwissens auf andere Aufgaben, Kontexte oder Teilkonzepte messbar ist. Hierzu liegt bereits ein Datensatz aus einer zweiten Studie vor, der derzeit ausgewertet wird. Offen ist auch noch die Frage, welche Merkmale eine gute Problemlöseaufgabe aus dem Bereich Chemie aufweisen muss, um eine gute Aufgabe für ein *Productive Failure* Setting zu sein.

Das Projekt ist Teil eines DFG-geförderten Netzwerks (LO 2196/2-1). Hier werden diese und weitere aktuelle Fragen des PS-I-Diskurs aufgegriffen.

Referenzen

Dannemann, S. (2015). Schülervorstellungen zur visuellen Wahrnehmung - Entwicklung und Evaluation eines Diagnoseinstruments. Didaktisches Zentrum der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg.

Duit, R., Treagust, D. F., & Widodo, A. (2013). Teaching science for conceptual change. In Vosniadou S. (ed.), *Educational Psychology Handbook. International Handbook of Research on Conceptual Change*, Hoboken: Taylor & Francis, Ltd, 2nd ed., pp. 487–503.

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. Chem. Educ. Res. Pract., 2020,21, 765-788.

Johannsmeyer, F., Schneider, J., & Oetken, M. (2003). Schülervorstellungen zum Boyle-Versuch, CHEMKON, 10, 73–74.

Kapur, M., & Bielaczyc, K. (2012). Designing for productive failure. The Journal of the Learning Sciences, 21(1), 45-83.

Kapur, M. (2014). Productive failure in learning math. Cognitive Science, 38(5), 1008-1022.

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*, 75-86.

Loibl, K. & Leuders, T. (2019). How to make failure productive: Fostering learning from errors through elaboration prompts. Learning and Instruction, 62, 1-10

Loibl, K., & Leuders, T. (2018). Errors During Exploration and Consolidation—The Effectiveness of Productive Failure as Sequentially Guided Discovery Learning. Journal für Mathematik-Didaktik 39 (1), 69-96, 2018.

Loibl, K., & Rummel, N. (2017). Knowing what you don't know makes failure productive. Learning and Instruction, 34, 75-85

Loibl, K., Roll, I. & Rummel, N. (2017). Towards a theory of when and how problem solving followed by instruction supports learning. Educational Psychology Review, 29(4), 693-715.

Marohn, A, (2008). "Choice2learn" - eine Konzeption zur Exploration und Veränderung von Lernervorstellungen im naturwissenschaftlichen Unterricht. ZfDN, 14, 2008

Niebert, K. & Gropengiesser, H. (2015) Understanding Starts in the Mesocosm: Conceptual metaphor as a framework for external representations in science teaching, International Journal of Science Education, 37, 903-933

Treagust, D. F., Duit, R., & Nieswandt, M. (2000), Sources of students' difficulties in learning chemistry, Educación Química, 11, 228–235.

Taber, K. S. (2019). Alternative Conceptions and the Learning of Chemistry. Israel J. Chem., 59, 450–469.

Stefan Müller[1]
Christiane S. Reiners[1]
Laurence Schmitz[1]

[1]Universität zu Köln

e-lement: e-learning entwickeln mitsamt Evaluation durch neue Technik

Einleitung

Das neu konzipierte und vom Fonds der Chemischen Industrie (FCI) unterstützte Lehrprojekt „e-lement“ ist Teil des Master-Studiengangs der Chemielehrer*innenbildung an der Universität zu Köln. Die Abkürzung "e-lement" steht dabei für "e-Learning entwickeln mitsamt Evaluation durch neue Techniken". Im Rahmen des Moduls erstellen die Studierenden digitale Lernumgebungen zu ausgewählten Themen des Chemieunterrichts und evaluieren diese anschließend wissenschaftlich mithilfe von Methoden der empirischen Sozialforschung. Ziel ist es, dass die Studierenden ihr Fachwissen über ausgewählte schulrelevante Themen vertiefen, didaktisch reflektieren und durch den Einsatz neuer Techniken in digitale Lernumgebungen umsetzen. Diese werden in außerschulischen Labortagen implementiert. Im Folgenden wird zunächst ein Überblick über die einzelnen Bestandteile des Moduls gegeben. Anschließend werden die eingesetzten Methoden zur Datenerhebung und Datenauswertung sowie erste Ergebnisse des Projekts vorgestellt.

Das Projekt „e-lement“

Durch das digitale Lehren und Lernen ergeben sich neben vielen Chancen auch eine Reihe von Herausforderungen, sowohl für den Chemieunterricht als auch für das Lehramtsstudium. Dementsprechend wurde der von Lee Shulmann (1986) beschriebene Ordnungsrahmen des Pedagogical Content Knowledge (PCK) zu TPACK (Technological Pedagogical Content Knowledge) erweitert, um auch das Wissen von Lehrenden über den Umgang mit Technologien zur Verbesserung von Lernumgebungen miteinzubeziehen (Koehler & Mishra, 2005). Allerdings fühlen sich Lehrkräfte mit neuen Technologien oftmals allein gelassen und wissen nicht, wie sie diese in den Unterricht integrieren können (Koehler & Mishra, 2005). Um diesen Herausforderungen zu begegnen, wurde das Projekt „e-lement“ entwickelt (Reiners, Schmitz, & Müller, 2020). Es beruht auf der allgemeinen Idee, dass sich Lernende (in diesem Fall Lehramtsstudierende) deutlich motivierter neues Wissen aneignen, wenn sie sich der zukünftigen Relevanz dieses Wissens für ihre spätere Tätigkeit bewusst sind. Darüber hinaus wird im Sinne der Kompetenzorientierung im Rahmen des Moduls auf eine Kombination von Wissen und Anwendung Wert gelegt, einer zentralen Herausforderung der Bildung seit PISA (Reiners, 2017).

Das Modul, das Lehramtsstudierende des Faches Chemie in ihrem letzten Mastersemester belegen können, ist dreigeteilt (siehe Abb. 1): Es besteht aus einem Seminar, einer Übung und einem Praktikum und soll die Studierenden auf die Durchführung eigener Forschungsprojekte vorbereiten, zum Beispiel einer Masterarbeit in der Chemiedidaktik.

Im Seminar werden ausgewählte Themen, die während des Studiums bereits im Rahmen fachwissenschaftlicher Veranstaltungen vermittelt worden sind, aufgegriffen und als exemplarische Inhalte für den Chemieunterricht reflektiert. Diese Reflexion beinhaltet die Analyse der Inhalte, ihrer curricularen Relevanz, die Diskussion von Schülervorstellungen, die Gestaltung möglicher Lernkontexte sowie die Entwicklung geeigneter Experimente zur Vermittlung.



Abb.: 1: Aufbau des Moduls „e-lement“.

Aufbauend auf dem Seminar und als Ergebnis der Inhaltsreflexion entwickeln die Lehramtsstudierenden in der Übung digitale Lernumgebungen zur Vermittlung der entsprechenden Inhalte (Clark & Mayer, 2016). Hierzu nutzen sie beispielweise das Programm PowerPoint. Auch die digitalen Inhalte ihrer Lernumgebungen, wie Videos, Audioaufzeichnungen oder Animationen werden von den Studierenden selbst erstellt. Zur Unterstützung erhalten sie eine Einführung über grundlegende Möglichkeiten zum Einsatz von e-Learning-Einheiten im Unterricht, wie Blended Learning (Keengwe, 2019), Flipped Classroom (Bergman & Sams, 2014) sowie Game-based Learning (Van Eck, 2006) und reflektieren deren Vor- und Nachteile. Im Anschluss an die Entwicklung wird den Studierenden die Möglichkeit geboten, die entworfenen Lernwelten authentisch, d.h. mit Schüler*innen in außerschulischen Labortagen, zu testen.

Um die Ergebnisse dieser Tests zu beurteilen, entwickeln die Lehramtsstudierenden während des Praktikums selbstständig Forschungsfragen, sammeln mithilfe digitaler Hilfsmittel (z.B. Videoaufzeichnungen durch Tablets) Daten und analysieren diese qualitativ mit Methoden der empirischen Sozialforschung. Die außerschulischen Labortage erfüllen somit mehrere Funktionen: Für die Schülerinnen und Schüler sowie die betreuende Lehrperson stellen sie innovative Lern- bzw. Lehrmöglichkeiten dar, während sie den Lehramtsstudierenden authentische Lehrerfahrung und eine Plattform zur Anwendung ihres Wissens bieten. Darüber hinaus ermöglichen die kompetenzorientierten Labortage den Studierenden, erste Erfahrungen in der Forschung zu sammeln und unterstützen die zukünftigen Lehrerinnen und Lehrer dabei, sich eine Meinung über den Einsatz neuer Technologien zu bilden.

Hauptziel von Übung und Praktikum ist es dementsprechend, die Studierenden von reinen Konsumenten neuer Technologien zu aktiven Gestaltern digitaler Werkzeuge für den eigenen Chemieunterricht zu machen. Um herauszufinden, ob diese Transformation erfolgreich war, wurde das Modul mithilfe von Fragebögen evaluiert, welche die Lehramtsstudierenden nach dem Modul ausfüllten. Die Fragebögen enthalten sowohl offene Fragen (Denzin & Lincoln, 2011), welche die Erfahrungen der Studierenden im Allgemeinen adressieren (zum Beispiel: "Was nehmen Sie aus dem Modul mit?“ und "Was hätten Sie sich noch gewünscht?"), als auch geschlossen Fragen, um die Bewertung einzelner digitaler Werkzeuge und Lernwelten zu erfassen.

Erste Ergebnisse

Die Antworten von insgesamt 21 Teilnehmerinnen bzw. Teilnehmern des Moduls auf die offenen Fragen wurden mit Hilfe der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2015) analysiert. Die induktiv gebildeten Kategorien deuten darauf hin, dass viele Lehramtsstudierende nach Abschluss des Moduls PowerPoint für ein nützliches Werkzeug zur Erstellung digitaler Lernwelten halten (12 Nennungen; Vgl. Banerji, 2017). Auf die Frage, was er aus dem Modul mitgenommen hat, antwortet ein Teilnehmer zum Beispiel: "Einbindung digitaler Lernumgebungen, Lernen der Programmierung mit einem ‚Alltagsprogramm‘ ".

Darüber hinaus sind einige Teilnehmerinnen und Teilnehmer (7 Nennungen) der Meinung, dass die Nutzung des Programms ein probates Mittel zur Gestaltung von Chemieunterricht darstellt. Dies wird durch die folgende Aussage einer Lehramtsstudentin unterstrichen, die im Anschluss an die Teilnahme an "e-lement" selbständig eine digitale Unterrichtseinheit entwickelt und in ihrem eigenen Chemieunterricht eingesetzt hat: "Ich habe gelernt, wie man die Animationsfunktion von PowerPoint für die Schule nutzen kann und sogar schon selbst eine kleine Einheit zu induzierten Dipolen erstellt und sie im Unterricht genutzt.“

Die Lehramtsstudierenden sind sich allerdings auch bewusst, dass die Entwicklung einer solchen digitalen Lerneinheit sehr zeitaufwendig ist (11 Nennungen).

Bei den geschlossenen Fragen geben 11 von 19 Studierenden an, dass sie die im Rahmen des Moduls entwickelte Lernumgebung in ihrem eigenen Chemieunterricht nutzen wollen, während sechs weitere Studierende noch unentschlossen sind. Zudem sehen sich 14 Studierende nun prinzipiell in der Lage, selbst digitale Lernumgebungen für ihren eigenen Unterricht zu entwickeln (vier noch unentschlossen), wovon sieben Studierende planen, dies in ihrem zukünftigen Unterricht auch tatsächlich umzusetzen (sechs noch unentschlossen).

Ausblick

Die ersten Ergebnisse der Evaluation deuten darauf hin, dass die Studierenden nach der Teilnahme am Modul "e-lement" in der Lage sind, digitale Lernumgebungen für den Chemieunterricht zu entwickeln und unter didaktischen Fragestellungen zu evaluieren. Insbesondere PowerPoint scheint dabei für sie ein nützliches Werkzeug zu sein. Dies kann als ein erster Schritt angesehen werden, um zukünftige Lehrkräfte auf ihrem Weg von bloßen Konsumenten digitaler Technologien zu aktiven Gestaltern zu unterstützen.

Obwohl sich auch zeigt, dass viele Teilnehmerinnen und Teilnehmer die Entwicklung digitaler Lerneinheiten als zeitaufwendig einschätzen, scheint das Potenzial des Moduls, nämlich Lehrende in der Lage zu versetzen, selbstständig digitale Lernumgebungen zu entwickeln, in Zeiten von "home schooling" und „distance learning“ eine große Chance zu bieten und noch einmal an Bedeutung zu gewinnen.

Literatur

Banerji, A. (2017). Teaching Chemistry 2.0 – Creating Digital Learning Environments with Powerpoint and Prezi. In O. E. Finlayson, E. McLoughlin, S. Erduran & P. Childs (Hrsg.), Electronic Proceedings of the ESERA 2017 Conference. Research, Practice and Collaboration in Science Education, Part 4/4 (co-ed. K. Juuti & E. A. Kyza), (S. 630–636). Dublin, Ireland: Dublin City University.

Bergmann, J. & Sams, A. (2014). Flipping for mastery. Educational Leadership, 71(4), 24–29.

Clark, R. C., & Mayer, R. E. (2016). E-learning and the science of instruction: Proven guidelines for consumers and designers of multimedia learning (4. Aufl.). Hoboken, NJ: Wiley.

Denzin, N. K., & Lincoln, Y. S. (Hrsg.). (2011). The Sage handbook of qualitative research (4. Aufl.). Thousand Oaks: Sage.

Keengwe, J. (Ed.). (2019). Handbook of research on blended learning pedagogies and professional development in higher education. Hershey, PA: IGI Global.

Koehler, M. J., & Mishra, P. (2005). What happens when teachers design educational technology? The development of technological pedagogical content knowledge. Journal of Educational Computing Research, 32(2), 131–152.

Mayring, P. (2015). Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken (12. überarb. Aufl.). Weinheim, Basel: Beltz.

Reiners, Ch. S (2017). Chemie vermitteln: Fachdidaktische Grundlagen und Implikationen. Berlin: Springer Spektrum.

Reiners, Ch. S., Schmitz, L. & Mueller, S. (2020). Developing and Assessing E-Learning Settings by Digital Technologies. In M. Ludwig, S. Jablonski, A. Caldeira & A. Moura (Hrsg.), Research on Outdoor STEM Education in the digital Age. Proceedings of the ROSETA Online Conference in June 2020 (S. 213-216). Münster: WTM.

Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. Educational researcher, 15(2), 4-14.

Van Eck, R. (2006). Digital game-based learning: It's not just the digital natives who are restless. EDUCAUSE review, 41(2), 16.

Jan-Martin Österlein[1]
Miriam Morek[1]
Mathias Ropohl[1]
Sebastian Habig[2]

[1] Universität Duisburg-Essen
[2]Universität Paderborn

Untersuchung der Wirksamkeit von Schreibfördermaßnahmen im Chemieunterricht

Einleitung

Sowohl nationales als auch internationales Bildungsmonitoring zeigen einen Zusammenhang zwischen der zuhause gesprochenen Sprache und dem Kompetenzerwerb der Schülerinnen und Schüler im naturwissenschaftlichen Unterricht (Pöhlmann et al., 2013; Rauch et al., 2016). Schülerinnen und Schüler, die zuhause nicht Deutsch sprechen, erreichen im Vergleich signifikant geringere Kompetenzniveaus. Dieses Problem wird durch eine zunehmende sprachliche Heterogenität im Zuge eines steigenden Anteils von Schülerinnen und Schülern mit Migrationshintergrund verschärft. Im naturwissenschaftlichen Unterricht werden die Lernenden mit fachspezifischen sprachlichen Anforderungen konfrontiert. Das Schreiben von Versuchsprotokollen ist eine häufige Standardsituation, welche für die Lernenden eine besondere Herausforderung darstellt (Becker-Mrotzek & Böttcher, 2006). Bisher gibt es für die Sekundarstufe I jedoch im Allgemeinen nur wenig empirisch gesicherte Befunde zur Wirksamkeit von Schreibfördermaßnahmen, vor allem mit Blick auf die individuellen Voraussetzungen der Lernenden (Schneider et al., 2012).

Theoretischer Hintergrund

Sprache ist aus mehreren Gründen für fachliches Lernen relevant. Postman und Weingartner (1971) kommen zu dem Schluss, dass Wissen im Wesentlichen durch Sprache verkörpert wird und ein Verständnis der Sprache somit unabdinglich für das Verständnis des Gegenstandes ist. Vor allem im Kontext chemischer Fachsprache, die sich verschiedener sprachgebundener Repräsentationsformen bedient (Texte, Symbole, Diagramme), wird dieser Zusammenhang deutlich. Die Wichtigkeit von Sprache äußert sich weiterhin in ihrer Rolle als zentrales Werkzeug für Denkprozesse und den Aufbau von fachlichen Wissensstrukturen und naturwissenschaftlichem Verständnis (Osborne, 2002; Yore et al., 2004).
Nicht zuletzt ist Sprache für fachliche Kommunikation essenziell. Im naturwissenschaftlichen Unterricht leistet sie einen maßgeblichen Beitrag zum Aufbau von Verständnis und Wissensstrukturen und steht damit in einem engen Bezug zur allgemeinen Rolle von Sprache (Ruiz-Primo et al., 2004). Im Zuge des Erkenntnisgewinnungsprozesses im naturwissenschaftlichen Unterricht erfolgt Kommunikation oft schriftlich, häufig in Form von Versuchsprotokollen. Wellington und Osborne (2001) argumentieren, dass Schreiben keine Nebensächlichkeit, sondern einen fundamentalen Baustein für das Lernen im naturwissenschaftlichen Unterricht und die Entwicklung einer *scientific literacy* darstellt. Befunde von Rivard und Straw (2000) weisen darauf hin, dass Schreiben den Lernenden dabei hilft, anfängliche Ideen in gefestigte naturwissenschaftliche Konzepte zu überführen. Das Schreiben eines Versuchsprotokolls stellt für Lernende insofern eine Herausforderung dar, als dass die Abschnitte unterschiedliche sprachliche und kognitive Anforderungen stellen (z.B. Beese & Roll, 2015). Hinsichtlich der naturwissenschaftlichen Fachsprache können in Versuchsprotokollen grundlegend drei sprachliche Ebenen unterschieden werden: Das

bekannteste Charakteristikum von Fachsprache ist die Vielzahl an Fachbegriffen (Wortebene). Neben fachspezifischen Bezeichnungen für Geräte und Chemikalien ist auch die Verwendung fachsprachlicher Verben zur präzisen Beschreibung von Vorgängen gefordert. Auf der Satzebene werden die Lernenden mit unterschiedlichen syntaktischen Herausforderungen, wie z.B. Passivkonstruktionen und Nominalphrasen, konfrontiert. Auf der Textebene schließlich lassen sich unterschiedliche Textgenres identifizieren. Während die Durchführung und die Beobachtung deskriptiv formuliert werden, erfordert die Auswertung einen erklärenden bzw. argumentativen Schreibstil.

Zielsetzung und Forschungsfragen

Das Ziel dieses Promotionsprojektes ist die empirische Untersuchung der Wirksamkeit von Fördermaßnahmen, welche die Lernenden beim Schreiben von Versuchsprotokollen im Chemieunterricht unter Berücksichtigung ihrer individuellen sprachlichen Voraussetzungen unterstützen. Daraus resultieren folgende Forschungsfragen:

1. Inwiefern wirken Schreibfördermaßnahmen auf der Wort-, Satz- und Textebene auf die fachliche und fachsprachliche Qualität von Versuchsprotokollen im Chemieunterricht?
2. Inwiefern können unterschiedliche Effekte der Maßnahmen hinsichtlich der sprachlichen Voraussetzungen der Lernenden festgestellt werden?

Methode und Studiendesign

Die Entwicklung adäquater Fördermaßnahmen für das Schreiben eines Versuchsprotokolls setzt eine vorangehende Analyse der sprachlichen Charakteristika voraus. Zur Erstellung eines Kodiermanuals für die fachlichen und fachsprachlichen Anforderungen an das Versuchsprotokoll sind aus der Literatur entsprechende Kategorien abgeleitet worden. In einem nächsten Schritt wird das Kodiermanual an realen Versuchsprotokollen von Lernenden der 9. bzw. 10. Klasse an Gesamtschulen in Nordrhein-Westfalen ($N \approx 100\text{-}150$) erprobt und induktiv erweitert. Das Kodiermanual bildet die inhaltliche Grundlage für die anschließende Entwicklung der Schreibfördermaßnahmen. Die entwickelten Schreibfördermaßnahmen werden im Rahmen einer experimentellen Interventionsstudie im Prä-Post-Design evaluiert. Dabei bildet die fachliche und fachsprachliche Qualität der Versuchsprotokolle die abhängige Variable. Die Struktur der Fördermaßnahmen basiert auf Maßnahmen, die von Leisen (2010) vorgeschlagen werden und sich an den drei zuvor erwähnten sprachlichen Ebenen (Wort-, Satz- und Textebene) orientieren:

I. Schreiben mithilfe einer Wortliste (Wortebene)
II. Schreiben mithilfe von Satzbausteinen (Satzebene)
III. Schreiben mithilfe eines Beispieltextes (Textebene)

Als Kontrollvariablen werden zum Prä-Messzeitpunkt kognitive Fähigkeiten (non-verbale Skala nach Heller und Perleth, 2000), allgemeine sprachliche Fähigkeiten (C-Test) und das Fachwissen getestet. Außerdem wird ein protokollbezogener Test zu naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen (P-NAW-Test) eingesetzt. Die abhängige Variable wird in Form einer videogebundenen Schreibaufgabe realisiert, wobei die Lernenden auf Basis von zwei Videos eines Experimentes ein Versuchsprotokoll anfertigen. Nach dem Prä-Test erfolgt eine Instruktion über die Zielsetzungen und generellen Anforderungen an Versuchsprotokolle. Für die Intervention werden die Lernenden randomisiert in drei Interventionsgruppen entsprechend der Fördermaßnahmen und eine Kontrollgruppe eingeteilt ($n \approx 150$). Im Post-Test werden nochmals das Fachwissen und das NAW-Wissen erhoben, außerdem fertigen die

Lernenden ein weiteres Protokoll an. Das Studiendesign ist in Abbildung 1 zusammenfassend dargestellt:

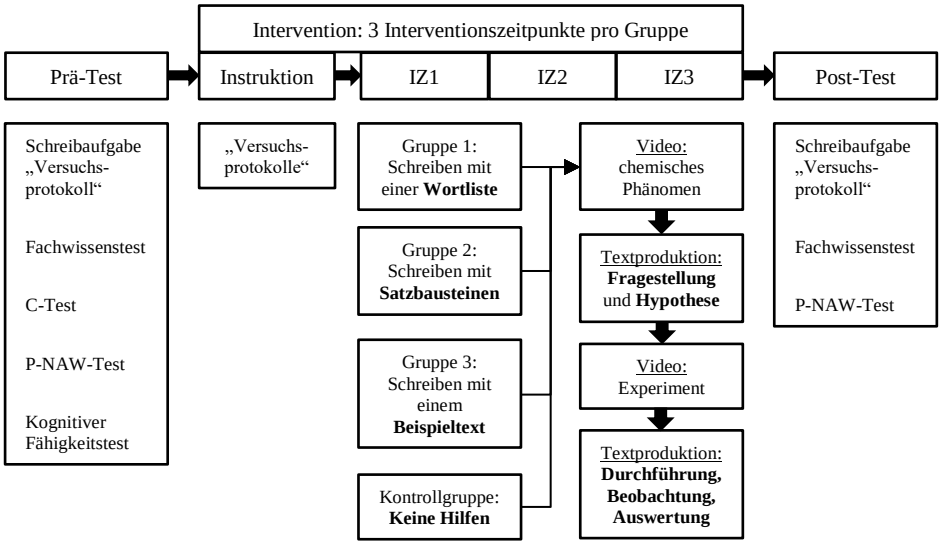


Abb. 1: Studiendesign der Hauptstudie

Beschreibung des Kodiermanuals

Das Kodiermanual ist aus der Literatur abgeleitet worden. Es umfasst die Hauptkategorien (1) Fragestellung, (2) Hypothese, (3) Durchführung, (4) Beobachtung sowie (5) Auswertung und ist in zwei Teile gegliedert. Im ersten Teil werden allgemeine, nicht sprachgebundene Aspekte wie Vollständigkeit und Passung der Fragestellung zum Experiment berücksichtigt. Der zweite Abschnitt fokussiert auf die (fach-)sprachlichen Anforderungen. Ein wichtiges Kriterium für die Formulierung einer Fragestellung ist die Art der Frage (z.B. kausal), was die Verwendung entsprechender Fragewörter voraussetzt. Bei der Hypothese ist daran anknüpfend wichtig, dass ein Bezug zu der Fragestellung hergestellt wird. Sowohl Fragestellung als auch Hypothese adressieren abstrakte chemische Konzepte, sodass die Verwendung von chemischen Fachbegriffen notwendig ist. Beim Protokollieren einer Durchführung ist die Nachvollziehbarkeit und präzise Beschreibung des experimentellen Ablaufs das Hauptkriterium. Dies wird in der Regel durch temporale Adverbien und Adverbialphrasen, aber auch durch den Einsatz passender fachlicher Verben und Bezeichnungen für Geräte erreicht. Beim Formulieren der Beobachtung werden konditionale oder temporale Phrasen verwendet, um Zusammenhänge zwischen experimentellen Handlungen und den daraus resultierenden Vorgängen abzubilden. Im Bereich der Auswertung werden unterschiedliche Teilaspekte unterschieden. Zum einen müssen die Beobachtungen erklärt und interpretiert werden. Dazu ist die Verwendung von logischen Konnektoren nötig. Auch die Passung zur Fragestellung ist ein wichtiges Kriterium, was sprachlich durch Verallgemeinerungen wie z.B. konditionale Zusammenhänge erreicht werden kann. Weiterhin zeichnet sich die Auswertung durch eine hohe Informationsdichte und ökonomische Sprachnutzung aus. Charakteristisch ist die Verwendung von Nominalisierungen, Partizipialkonstruktionen und einer Vielzahl von Fachbegriffen.

Literaturverzeichnis

Becker-Mrotzek, M. & Böttcher, I. (2006). *Schreibkompetenz entwickeln und beurteilen*. Cornelsen.

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 (Hg.), *Sprachbildung in allen Fächern: Konzepte für Lehrerbildung und Unterricht* (S. 51–72). Fillibach bei Klett.

Heller, K. A. & Perleth, C. (2000). *Kognitiver Fähigkeitstest für 4.-12. Klassen: Revision (KFT 4-12 + R)*. Hogrefe.

Krajcik, J. S. & Sutherland, L. M. (2010). Supporting students in developing literacy in science. *Science (New York, N.Y.)*, *328*(5977), 456–459.

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-Verl.

Osborne, J. (2002). Science Without Literacy: A ship without a sail? *Cambridge Journal of Education*, *32*(2), 203–218.

Pöhlmann, C., Haag, N. & Stanat, P. (2013). Zuwanderungsbezogene Disparitäten. In H. A. Pant (Hg.), *IQB-Ländervergleich 2012: Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen am Ende der Sekundarstufe I* (S. 297–330). Waxmann.

Postman, N. & Weingartner, C. (1971). *Teaching as a subversive activity*. Delta.

Rauch, D., Mang, J., Härtig, H. & Haag, N. (2016). Naturwissenschaftliche Kompetenz von Schülerinnen und Schülern mit Zuwanderungshintergrund. In K. Reiss, C. Sälzer, A. Schiepe-Tiska, E. Klieme & O. Köller (Hg.), *PISA 2015: Eine Studie zwischen Kontinuität und Innovation* (1. Aufl.). Waxmann.

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.

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.

Schneider, W., Baumert, J., Becker-Mrotzek, M., Hasselhorn, M., Kammermeyer, G., Rauschenbach, T., Roßbach, H.-G., Roth, H.-J., Rothweiler, M. & Stanat, P. (2012). *Expertise "Bildung durch Sprache und Schrift (BISS)": (Bund-Länder-Initiative zur Sprachförderung, Sprachdiagnostik und Leseförderung)*.

Wellington, J. & Osborne, J. (2001). *Language and literacy in science education* (Repr). Open Univ. Press.

Yore, L., Hand, B., Goldman, S., Hildebrand, G. M., Osborne, J., Treagust, D. & Wallace, C. S. (2004). New directions in language and science education research. *Reading Research Quarterly*, *39*, 347–352.

Marco Reith[1]
Andreas Nehring[1]

[1]Leibniz Universität Hannover

Experimentieren in der „Kompetenztrias“ aus Disposition, Prozess und Produkt erfassen, modellieren und fördern

Der Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung hat sich in den letzten Jahren zu einem besonderen Fokus naturwissenschaftsdidaktischer Forschung entwickelt. Kompetenzen in diesem Bereich befähigen zum Durchführen naturwissenschaftlicher Untersuchungen, deren Ziel es ist, neue Erkenntnisse zu generieren. Die experimentelle Kompetenz als spezifische Kompetenz innerhalb dieses Kompetenzbereichs bezieht sich auf die Erkenntnisgewinnung durch Experimentieren, bei der unter Anwendung der Variablenkontrollstrategie kausale Zusammenhänge zwischen zwei Variablen untersucht werden. Dazu werden Fragestellungen und Hypothesen formuliert, Experimente geplant, durchgeführt und ausgewertet und die Ergebnisse interpretiert (siehe z. B. Emden & Sumfleth, 2016). Im vorliegenden Beitrag wird das Modell der Kompetenztrias vorgestellt, mit dem eine neue, differenziertere Betrachtung experimenteller Kompetenz einhergeht.

Konzeptualisierung experimenteller Kompetenz

Wird die Konzeptualisierung experimenteller Kompetenz betrachtet, zeigt sich, dass sich bei der Klärung des Kompetenzbegriffs in der Regel auf gängige Kompetenzdefinitionen berufen wird. Hier ist vor allem die Definition von Weinert (2001) zu nennen, nach der Kompetenzen spezifische Problemlösefähigkeiten sowie günstige motivationale, volitionale und soziale Voraussetzungen umfassen. Auch die Expertise von Klieme und Leutner (2006) wird häufig herangezogen, in der Kompetenzen als „kognitive Leistungsdispositionen“ definiert werden (Klieme und Leutner, 2006, S. 879). In Anlehnung an diese Definitionen wird experimentelle Kompetenz als dispositionales Konstrukt konzeptualisiert, das verschiedene Wissens-, Fähigkeits- und Bereitschaftskomponenten umfasst (Vorholzer, Hägele & von Aufschnaiter, 2020), die bei Individuen zunächst latent vorliegen und als Voraussetzung zur Erkenntnisgewinnung durch Experimentieren eingestuft werden. Aus der Perspektive der Konzeptualisierung experimenteller Kompetenz wird also als kompetent erachtet, wer über die erforderlichen Dispositionen verfügt.

Messung experimenteller Kompetenz

Die Messung experimenteller Kompetenz hat zum Ziel, Aussagen über die bei Individuen vorliegenden Kompetenzausprägungen zu ermöglichen. Um diese Perspektive auf experimentelle Kompetenz in den Blick zu nehmen, wurde ein systematisches Review durchgeführt. In Anlehnung an das PRISMA-Statement (Liberati et al., 2009) wurden relevante Publikationen aus deutschsprachigen Zeitschriften mit Peer-Review identifiziert und im Hinblick auf die empirischen Zugänge zur experimentellen Kompetenz analysiert. Als Fazit lässt sich festhalten, dass sich die Messung experimenteller Kompetenz auf das direkt beobachtbare Problemlöseverhalten (Performanz) bzw. die am Ende des Problemlöse-prozesses stehenden (Teil-)Problemlösungen, z. B. eine Hypothese in einem Protokoll oder die Lösung einer Aufgabe in einem Kompetenztest (Produkte der Performanz), stützt. Nach diesen Ansätzen wird als kompetent erachtet, wer erfolgreich Probleme löst.

Das Modell der Kompetenztrias

Aus der Gegenüberstellung der Konzeptualisierung und der Messung experimenteller Kompetenz geht hervor, dass einerseits experimentelle Kompetenz als dispositionales Konstrukt verstanden wird, das verschiedene latent vorliegende Wissens-, Fähigkeits- und Bereitschaftskomponenten umfasst, andererseits aber auch anerkannt wird, dass die Qualität der entwickelten Problemlösungen relevant für die Kompetenzausprägung ist. Wie die latent vorliegenden Dispositionskomponenten in die Produkte überführt werden, ist bisher kaum untersucht. Es ist davon auszugehen, dass starke Zusammenhänge zwischen diesen beiden Facetten experimenteller Kompetenz herrschen. Allerdings lassen sich Hinweise darauf finden, dass diese Zusammenhänge keineswegs deterministisch sind, d. h. günstige Dispositionsausprägungen gehen nicht zwangsläufig mit hochwertigen Produkten einher. Ein Beispiel hierfür liefert die Dissertation von Thillmann (2007). Hier wurde ein Produktionsdefizit für das Strategiewissen nachgewiesen: Es wurde gezeigt, dass bei Proband*innen mit hohem Strategiewissen dieses Strategiewissen nicht immer in die Problemlösung einfließt, sodass trotz günstiger Dispositionsausprägungen Produkte mit eher geringer Qualität entwickelt wurden. Zum erfolgreichen Problemlösen in Experimentiersituationen reicht es folglich nicht aus, dass günstige Dispositionsausprägungen vorliegen, sondern die Dispositionen müssen in der spezifischen Situation auch zielführend genutzt werden, um zu hochwertigen Problemlösungen zu gelangen. Dementsprechend erscheint es plausibel, eine dritte, zwischen Dispositionen und Produkten vermittelnde Facette einzuführen. Diese Facette besteht in der zielführenden Aktivierung und Verknüpfung der Dispositionskomponenten und wird im Folgenden als Prozessfacette bezeichnet. Hierbei ist zu betonen, dass die Prozesse in diesem Zusammenhang nicht mit dem Erkenntnisgewinnungsprozess als Ganzes gleichzusetzen sind. Vielmehr beschreiben die Prozesse, inwiefern latent vorliegende Dispositionskomponenten genutzt werden, um (Teil-)Probleme beim Experimentieren zu lösen.

Für die Erkenntnisgewinnung durch Experimentieren sind nach diesem Ansatz sowohl die Dispositions- als auch die Prozess- sowie die Produktfacette relevant und sollten auch als Teil experimenteller Kompetenz verstanden werden. Das von uns vorgeschlagene Modell der Kompetenztrias bildet experimentelle Kompetenz auf diesen Facetten ab:



Abb. 1: Modell der Kompetenztrias experimenteller Kompetenz

Im durchgeführten Review hat sich gezeigt, dass ein Ansatz, der explizit darauf ausgerichtet ist, die Ausprägung der latent vorliegenden Dispositionskomponenten, deren Nutzung in der spezifischen Problemsituation sowie die Qualität der Problemlösungen systematisch zusammenzuführen, im Forschungsfeld bisher nicht zu finden ist. Das Modell der Kompetenztrias könnte dazu beitragen, die skizzierte Kluft zwischen dispositionalen

Anteilen experimenteller Kompetenz auf der einen und performatorischen Anteilen auf der anderen Seite zu überwinden. Diese komplexe, differenzierte Betrachtungsweise experimenteller Kompetenz führt – sollte das Modell einer empirischen Überprüfung standhalten – zu einem Informationsgewinn bezüglich des Zustandekommens von Problemlösungen in Experimentiersituationen. Darüber hinaus ließen sich Defizite noch genauer lokalisieren und daran anknüpfend spezifische Interventionen entwickeln, um diese Defizite zu beheben.

Ziel und Fragestellung

Das vorgestellte Modell der Kompetenztrias ist zunächst ein hypothetisches Modell, dessen empirische Überprüfung noch aussteht. Dementsprechend gehen wir im vorliegenden Projekt folgender Forschungsfrage nach:

FF1: Inwiefern lassen sich derartig differenzielle Befunde auf den Facetten der Dispositionen, Prozesse und Produkte finden, die es notwendig machen, experimentelle Kompetenz darin abzubilden?

Differenzielle Befunde hinsichtlich der Kompetenzausprägung auf den verschiedenen Facetten können als Anhaltspunkt dafür gedeutet werden, dass bei einer Reduktion experimenteller Kompetenz auf dispositionale oder performatorische Anteile Informationen verloren gehen, sodass eine differenzierte Betrachtungsweise der Facetten der Dispositionen, Prozesse und Produkte als gewinnbringend einzuschätzen ist.

Geplante Methoden und Ausblick

Zur empirischen Überprüfung des Modells der Kompetenztrias werden Querschnittsdaten auf den Facetten der Dispositionen, Prozesse und Produkte erhoben. Dazu ist ein Setting mit Erstsemesterstudierenden der Chemie und verwandter Studiengänge geplant. Die Erhebung der Dispositionsausprägungen erfolgt mittels Paper-and-Pencil-Tests. Dabei werden das Fachwissen, das fachmethodische Wissen, das Wissen über naturwissenschaftliche Arbeitstechniken, das Selbstkonzept, die Selbstwirksamkeitserwartung sowie das Fach- und Sachinteresse als Dispositionskomponenten getrennt erhoben. Unmittelbar nach den Paper-and-Pencil-Tests führen die Studierenden eine naturwissenschaftliche Untersuchung inkl. eines Hands-On-Experiments durch. Die Fragestellung der naturwissenschaftlichen Untersuchung wird vorgegeben und der Erkenntnisgewinnungsprozess durch ein vorstrukturiertes Protokoll unterstützt (guided inquiry nach Bell, Smetana & Binns (2005)). Die Erfassung der Prozessfacette erfolgt über die Audiographie des lauten Denkens, zu dem die Studierenden während der naturwissenschaftlichen Untersuchung aufgefordert werden. Durch manualbasierte Kodierung der Audioaufnahmen sollen Rückschlüsse darauf gezogen werden, auf welche Dispositionskomponenten die Studierenden bei der Problemlösung zurückgreifen. Darüber hinaus sollen die Studierenden Protokolle zur naturwissenschaftlichen Untersuchung erstellen, die ebenfalls manualbasiert ausgewertet werden, um Aussagen über die Qualität der Produkte abzuleiten.

Perspektivisch soll auch die Entwicklung experimenteller Kompetenz in den Blick genommen werden. Dazu ließe sich das geplante Setting zu einer experimentellen Studie mit Prä-Post-Messung erweitern. Am Prä- und Post-Zeitpunkt würden Daten auf den Facetten der Dispositionen, Prozesse und Produkte erhoben werden, um die Wirkung einer dazwischenliegenden Intervention zu untersuchen.

Literatur

Bell, R. L., Smetana, L. & Binns, I. (2005). Simplifying Inquiry Instruction. The Science Teacher, 72(7), 30–33

Emden, M. & Sumfleth, E. (2016). Assessing Students' Experimentation Processes in Guided Inquiry. International Journal of Science and Mathematics Education, 29–54

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 (6), 876–903

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. PLoS medicine, 6(7), e1000100. https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000100

Thillmann, H. (2007). Selbstreguliertes Lernen durch Experimentieren: Von der Erfassung zur Förderung. Universität Duisburg-Essen, Essen

Vorholzer, A., Hägele, J. J. & Aufschnaiter, C. von (2020). Instruktionen kohärent anlegen und Kompetenzaufbau untersuchen: Zugänge und Herausforderungen am Beispiel experimentbezogener Kompetenz. Unterrichtswissenschaft, 103(1), 1. https://doi.org/10.1007/s42010-019-00064-5

Weinert, F. E. (2001). Vergleichende Leistungsmessung in Schulen: Eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In F. E. Weinert (Hg.), Leistungsmessungen in Schulen. Weinheim: Beltz, 17-32

Thomas Weatherby[1]
Thomas Wilhelm[1]
Jan-Philipp Burde[2]
Fabian Beil[3]
Sebastian Kapp[3]
Jochen Kuhn[3]
Michael Thees[3]

[1]Goethe-Universität Frankfurt am Main
[2]Eberhard Karls Universität Tübingen
[3]TU Kaiserslautern

Repräsentationsbasierte Simulation zu einfachen Gleichstromkreisen

Einleitung

Eine Schwierigkeit beim Lernen von „einfachen Stromkreisen“ ist der Umstand, dass zentrale physikalische Größen – in diesem Fall Stromstärke und Spannung (bzw. Potential) - nicht sichtbar sind. Durch eine Visualisierung von zusätzlichen Informationen, entweder auf Basis von Messergebnissen oder simulierten Daten, können diese Größen veranschaulicht werden. Solche Visualisierungen ermöglichen die Veranschaulichung von Daten auf einen Blick, ohne dass hierfür eine Mathematisierung erforderlich wäre. iVoltage – Investigation of Visualisation with Multimedia Learning Technologies for Augmenting Electrical Experiments – hat als Ziel, die kognitive Belastung und Lernförderlichkeit von verschiedenen Messmethoden und Darstellungen im Praktikum zu erfassen (Kapp et al., 2020). In diesem Beitrag werden Details zu einer online verfügbaren Simulation diskutiert, die u.a. in diesem Projekt eingesetzt wird (verfügbar unter https://thomas-weatherby.com/simulation.html). Die Simulation eignet sich sowohl für den Einsatz in universitären Praktika als auch im Schulunterricht.

Darstellung des Potenzials durch Farbe

Bei der Farbdarstellung wird das elektrische Potenzial im jeweiligen Leiterabschnitt farblich gekennzeichnet (siehe Abb. 1). Neben der klassischen Farbkodierung (Pluspol = rot; Minuspol = blau) steht auch eine invertierte Farbkodierung zur Verfügung (Pluspol = blau; Minuspol = rot) (Herrmann & Schmälzle, 1984). Nicht angeschlossene Leiterabschnitte werden orange gefärbt. Die Spannung wird wahlweise entweder von 0 V bis U_0 oder von -0,5 U_0 bis 0,5 U_0 angegeben. Weitere Informationen zur Simulation finden sich in Weatherby et al. (2019).

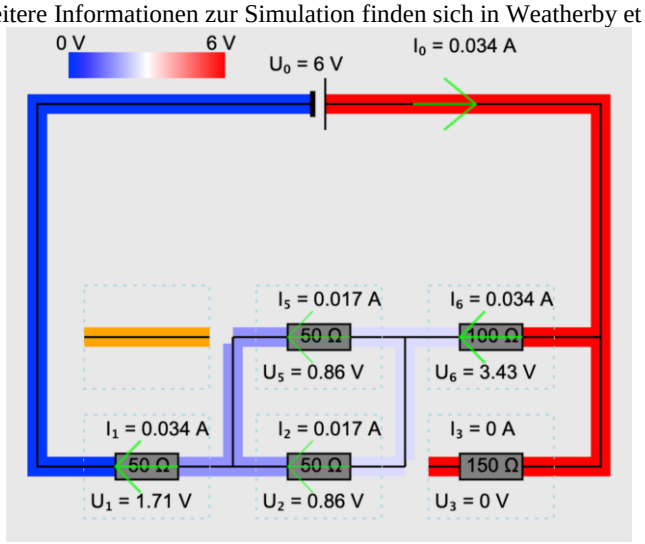


Abb. 1: Screenshot der Simulation mit Farbdarstellung

Darstellung des Potenzials als Höhe

Neben der Farbdarstellung kann das elektrische Potenzial in der Simulation auch mit Hilfe der Höhendarstellung visualisiert werden (siehe Abb. 2) (J. Burde & Wilhelm, 2017). Die Eingabe erfolgt unverändert, aber in diesem Fall wird eine räumliche Transformation benötigt, um die Richtung senkrecht zur Ebene darzustellen. Die Transformation läuft mit einer fließenden Bewegung ab, um eine unnötige kognitive Belastung durch mentale Rotation zu vermeiden (Shepard & Metzler, 1971). Die Höhe wird nochmal verdeutlicht, indem sie aus der Ebene des Stromkreises „herauswächst", da ein sich bewegendes Objekt die Aufmerksamkeit auf sich lenkt (Mack, 2003). Analog zur Farbdarstellung kann auch die Stromrichtung geändert werden.

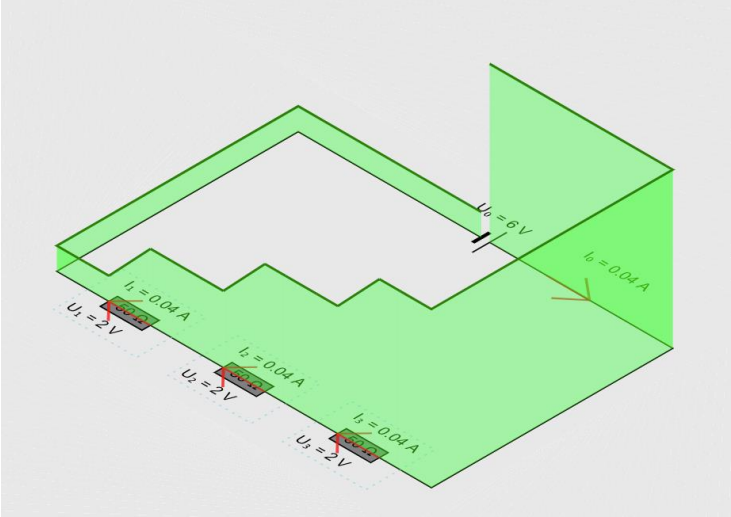


Abb. 2: Screenshot der Simulation mit Höhendarstellung

Darstellung der Stromstärke durch Pfeile

Die Stromstärke durch jedes Bauteil wird über die Dicke des jeweiligen Pfeils dargestellt (siehe Abb. 2). Die Richtung des Pfeils ist in der Simulation umstellbar, je nachdem ob die Lehrkraft die technische oder die physikalische Stromrichtung im Unterricht bevorzugt (oder momentan behandelt). Dies erfolgt unabhängig von der Farbskala, um einen möglichst flexiblen Einsatz zu ermöglichen. Außerdem wurde eine Darstellung ohne sich bewegende „Elektronen" oder Ladungspakete gewählt, um nicht von der der Spannungs- bzw. Potentialdarstellung abzulenken sowie dem sequenziellen Denken vorzubeugen, wonach Lernende einem Ladungspaket mit den Augen folgen und in der Folge nicht erkennen, dass der Stromkreis ein zusammenhängendes System darstellt.

Bedienung

Die Bedienungselemente sind möglichst einfach gehalten. Durch Klicken auf gestrichelt dargestellte Kästchen können verschiedene Bauteile unkompliziert hinzugefügt werden. Die Anzahl an parallelen Drähten und die Spannung der Spannungsquelle können über Schieberegler eingestellt werden (siehe Abb. 3). Alle anderen Bedienungselemente werden durch Klicken bedient.

Nach Erstellen der Schaltung mittels Anklickens kann auf Knopfdruck das Potenzial in einer Farbdarstellung oder mit einer Höhendarstellung visualisiert werden. Die Schaltfläche „Zeitskala ändern" simuliert den Stromkreis mit sehr hoher Kapazität und fungiert als Zugang zu dem Konzept von „Übergangszuständen", die eine dynamische Beschreibung von Stromkreisen ermöglichen. (J.-P. Burde & Wilhelm, 2020)

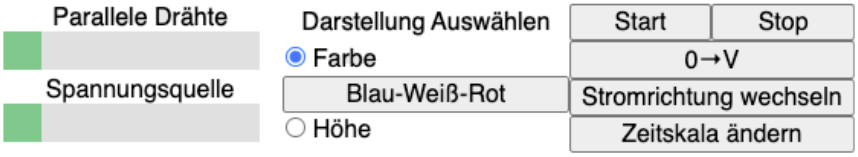


Abb. 3: Screenshot der Bedienungsfelder der Simulation

Ausblick

Die Simulation wird im Rahmen eines Praktikums für Lehramtsstudierende eingesetzt, in welchem die Studierenden in Zweiergruppen Aufgaben zu einfachen Stromkreisen erhalten. Die Studierenden müssen verschiedene Reihen- und Parallelschaltungen bauen und die Stromstärken und Spannungen aus der Simulation erfassen. Die Studierenden fangen mit Parallelschaltungen an; hier sind die Potentialunterschiede am einfachsten. Durch das Ohm'sche Gesetz wird die Stromstärke durch jedes Bauteil berechnet und durch das 1. Kirchhoff'sches Gesetz wird die Stromstärke durch die Spannungsquelle berechnet. Danach bauen die Studierenden Reihenschaltungen und müssen Potenzialabfälle über mehrere Widerstände anhand des 2. Kirchhoff'schen Gesetzes erklären. Am Ende werden „gemischte Schaltungen" gebaut und mit der Anwendung von beiden Kirchhoff'schen Gesetzen erklärt. Diese Aufgaben werden in zwei Treatmentgruppen entweder mit der Simulation im Farb- oder im Höhendarstellungsmodus gelöst. Zur Überprüfung der Effektivität der Materialien wird ein Prä-Post-Design verfolgt (siehe Abb. 4), in dem der Lernzuwachs durch das Praktikum erhoben wird. Damit ist ein Vergleich des Konzeptwissens der beiden Gruppen möglich. Während die Studierenden die Aufgaben lösen, wird eine Bildschirm- und Audioaufnahme erstellt. Mittels qualitativer Inhaltsanalyse wird analysiert, …

- ob die Studierenden die Bedeutung der Farb- oder Höhenkodierung wahrnehmen. Ist die Wahrnehmung auf ein Modell bezogen? Ist das Modell physikalisch richtig?
- wie sich Studierenden auf die Darstellungen beziehen.
- wie und unter welchen Bedingungen die Interaktion innerhalb einer Zweiergruppe zu einem Lernzuwachs führt.
- ob die Simulation typischen Schülervorstellungen entgegenwirken kann und, falls ja, auf welche Weise.
- ob die Simulation zur Aufklärung von Schülervorstellungen durch den Versuchspartner hilfreich ist und, falls ja, auf welche Weise.

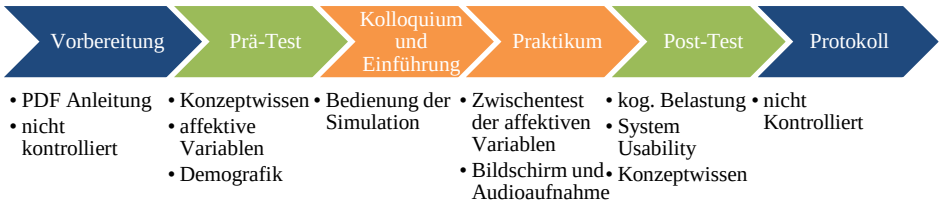


Abb. 4: Ablauf der Studie im Praktikum für Lehramtsstudierende

Literatur

Burde, J.-P., & Wilhelm, T. (2020). Results of a Design-Based-Research Study to Improve Students' Understanding of Simple Electric Circuits. In J. Guisasola & K. Zuza (Eds.), *Research and Innovation in Physics Education: Two Sides of the Same Coin* (pp. 119–133). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-51182-1_10

Burde, J., & Wilhelm, T. (2017). Modelle in der Elektrizitätslehre. Ein didaktischer Vergleich verbreiteter Stromkreismodelle. *Unterricht Physik*.

Herrmann, F., & Schmälzle, P. (1984). Das elektrische Potential im Unterricht der Sekundarstufe I. *Der Mathematische Und Naturwissenschaftliche Unterricht*, *37*(8), 476–482.

Kapp, S., Thees, M., Beil, F., Weatherby, T., Burde, J.-P., Wilhelm, T., & Kuhn, J. (2020). The Effects of Augmented Reality : A Comparative Study in an Undergraduate Physics Laboratory Course. In *Proceedings of the 12th International Conference on Computer Supported Education - Volume 2: CSEDU* (pp. 197–206). https://doi.org/10.5220/0009793001970206

Mack, A. (2003). Inattentional Blindness. *Current Directions in Psychological Science*, *12*(5), 180–184. https://doi.org/10.1111/1467-8721.01256

Shepard, R. N., & Metzler, J. (1971). Mental rotation of three-dimensional objects. *Science*, *171*(3972), 701–703. https://doi.org/10.1126/science.171.3972.701

Weatherby, T., Wilhelm, T., Burde, J., Beil, F., Kapp, S., & Kuhn, J. (2019). Visualisierungen bei Simulationen von einfachen Stromkreisen. In *Gesellschaft für die Didaktik der Chemie und Physik (Proceedings of the Yearly Meeting 2019; Volume 40)* (pp. 1007–1010). Vienna.

Tilmann John[1] [1]PSE Stuttgart Ludwigsburg
Erich Starauschek[1]

Beeinflusst professionsorientiertes kumulatives Physiklernen im Studium das Handeln von Studierenden im Schulpraxissemester?

Kurzfassung
Schulbezogenes physikalisches Fachwissen gilt als zentraler Baustein der Physiklehrerkompetenz und als eine Voraussetzung für Lehrerhandeln im Physikunterricht. Allerdings wird schulbezogenes physikalisches Fachwissen häufig erst im Referendariat erworben (Merzyn, 2004, Borowski, 2011). An der PH Ludwigsburg wurde deshalb eine kumulative Lehre für das Lehramtsstudium Physik für die Sekundarstufe I mit dem Ziel entwickelt, exemplarisch ein tragfähiges, schulbezogenes physikalisches Fachwissen zur Mechanik anhand wichtiger mechanischer Grundkonzepte vor dem Referendariat aufzubauen (John & Starauschek 2018, Rubitzko et al. 2018). Eine Folgestudie soll untersuchen, ob sich eine Wirksamkeit der Intervention dieses kumulativen Physiklernens im Integrierten Semesterpraktikum und später im Referendariat zeigen wird. Es könnten sich z. B. Entlastungseffekte folgender Art einstellen: Durch den gezielten Aufbau von schulbezogenem Fachwissen im Fachstudium könnten die Studierenden und Referendare etwa von vorne herein flexibler mit fachlichen Problemen der Schulphysik umgehen und damit zeitliche Ressourcen für die Entwicklung unterrichtlicher Lehrerkompetenzen zur Verfügung stehen.

Erste Projektphase: Kumulatives Lehren und Lernen im Grundstudium Physik
An der PH Ludwigsburg wurde im Grundstudium Physik das Modell *kumulatives Lehren und Lernen im Lehramtsstudium* in den Lehrveranstaltungen Mechanik (Vorlesung), Schulorientiertes Experimentieren (physikalisches Praktikum) und Elektrodynamik (Vorlesung) umgesetzt. Es enthält folgende Aspekte (vgl. auch John & Starauschek, i. D.):

Wiederholtes Aufgreifen	Bei der Erarbeitung neuer Inhalte werden die relevanten physikalischen Grundkonzepte explizit wiederholt.
Alltagsvorstellungen	Typische Alltagsvorstellungen der Studierenden zur Mechanik werden in der Vorlesung diagnostiziert und diskutiert.
Üben	Übungsphasen in der Vorlesung ermöglichen ein kontinuierliches Anwenden der mechanischen Grundkonzepte in variablen Kontexten. Der Fokus liegt auf qualitativen Aufgaben.
Schulbezug	Explizite Bezüge zur Schulphysik ermöglichen eine Vernetzung von universitärem Wissen und (vertieftem) Schulwissen. Zudem kann damit die Relevanz einer Fachvorlesung für das Lehramt erfahrbar gemacht werden.

Erste Evaluationsergebnisse deuten darauf hin, dass die kumulative Lehre den Fachwissenserwerb im Bereich des physikalischen Schulwissens und vertieften Schulwissens effizient unterstützt (John, i.V.). Der Fachwissenserwerb erfolgt damit professionsorientierter als in der gegenwärtigen traditionellen Physik-Lehramtsausbildung. Zudem nahmen die Studierenden die Fachveranstaltungen auch als relevant für ihre Lehrerprofessionalisierung

wahr. In einem zweiten Schritt kann und soll untersucht werden, ob das professionsbezogene Fachwissen die frühen Praxisphasen der Lehramtsausbildung beeinflusst.

Zweite Projektphase: Beeinflusst professionsorientiertes kumulatives Physiklernen im Studium das Handeln von Studierenden im Schulpraxissemester?
Für den Erwerb eines professionsbezogenen physikalischen Fachwissens sind die Fachvorlesungen des Grundstudiums der geeignete Lernort. Der Erwerb anderer Kompetenzen, z. B. fachdidaktischer und pädagogischer Kompetenzen, erfordert dagegen die Praxis. Das tatsächliche Lehrerhandeln kann dann mit Hilfe des fachdidaktischen und pädagogischen Wissens aus dem Grundstudium reflektiert werden. Nach dem Forschungsstand (s. o.) benötigen angehende Lehrkräfte, die kein ausgeprägtes professionsbezogenes Fachwissen haben, während der Praxisphase zeitliche Ressourcen, um ihr universitäres Wissen mit der Schulphysik zu verbinden. Diese Ressourcen fehlen dann bei der praktischen Unterrichtsvorbereitung. Über diese Zeitressourcen sollten Studierende, die die professionsbezogene kumulative fachliche Lehre durchlaufen haben, verfügen und ggf. anders nutzen können. Daher könnte sich eine Wirkung der kumulativen Lehre in der Unterrichtsperformanz während der Praxisphase des Integrierten Semesterpraktikums (ISP) zeigen. Das führt zu einem entsprechenden Feld an Forschungsfragen: *Zeigen sich Einflüsse der kumulativen Lehre in der Performanz in der Schulpraxisphase (Integriertes Semesterpraktikum); und später auch im Referendariat?*

Überlegungen zum Design: Das Feld der Forschungsfragen soll mehrperspektivisch mit qualitativen Fallstudien vergleichend untersucht werden. Für das explorative Forschungsvorhaben stellen Interviewstudien eine geeignete Methode dar, weil damit die studentische Perspektive offen erfragt werden kann (Hopf, 2013). Die Interviews werden inhaltsanalytisch ausgewertet (Mayring, 2010). Die studentische Wahrnehmungsperspektive wird mit einer Außenperspektive (Beobachtung von Unterricht und Fachwissenstests) ergänzt. Beide Perspektiven ermöglichen im Sinne eines Mixed-Methods Ansatzes (Schreier & Odağ, 2020) eine umfassende Gesamtinterpretation der Fälle. Die Stichprobe der PH Ludwigsburg, deren Studierende kumulativ im Grundstudium gelernt haben, beträgt voraussichtlich *N=12*. Die Vergleichsgruppen bilden Lehramtsstudierende einer Universität (Sekundarstufe I und II) und einer anderen Pädagogischen Hochschule (Sekundarstufe I) (insgesamt voraussichtlich *N=10*). Deren Grundstudium in Mechanik war nicht nach den oben beschriebenen kumulativen Prinzipien gestaltet.

Überlegungen zum zeitlichen Verlauf und Erhebungsplan: Nach der kumulativen Lehre im Grundstudium, beginnen die Studierenden mit dem ISP (Abbildung 1). Nach einer gewissen Zeit führen die Studierenden in diesem ISP eigenständig Unterricht durch. Dieser Unterricht wird kriteriengeleitet und offen beobachtet (Erhebungszeitpunkt 1 in Abb. 1). Im Anschluss daran finden mit den Studierenden retrospektive Interviews zu ihrem eigenständigen Unterricht statt; dabei wird auch deren Sicht auf ihr Studium erfragt. Die Studierenden schließen das ISP ab. Nach dem ISP soll ein zweites Interview mit den Studierenden durchgeführt werden. Mit diesem zweiten Interview kann das ISP als Ganzes reflektiert werden; dabei können mögliche neue Aspekte einfließen, die beim ersten Interview noch nicht geäußert wurden. Außerdem kann im zweiten Interview das Studium mit etwas zeitlichem Abstand zum ISP unter folgender expliziter Leitfrage reflektiert werden: Bewerten die Studierenden ihr Studium als hilfreiche fachliche Vorbereitung auf das ISP? Die kumulative

Lehre sollte den professionsrelevanten physikalischen Fachwissenserwerb unterstützen. Deshalb wird anschließend der Diagnostiktest zum physikalischen Fachwissen aus Projektphase 1 mit den Studierenden durchgeführt (Vogelsang et al., 2019).

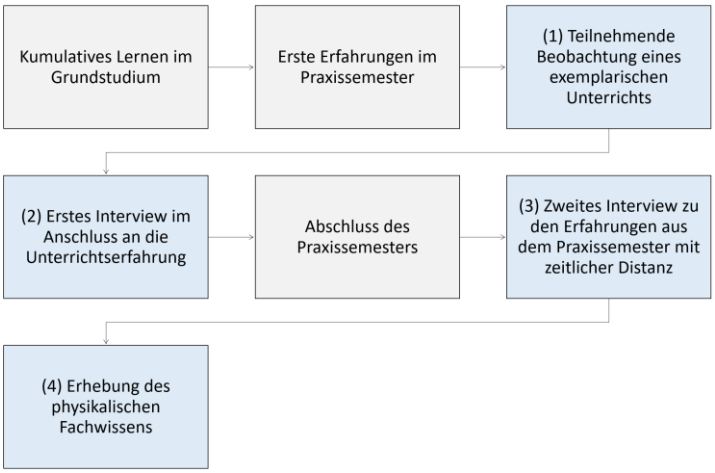


Abbildung 1: Geplanter Ablauf der Studie mit Erhebungszeitpunkten (blau)

Ausblick: Wir nehmen mit dem Modell des kumulativen Lehrens und Lernens an, dass mit dem Abschluss des Studiums der Erwerb des physikalischen Wissens nicht abgeschlossen ist. Kumulatives Lernen wird als dynamischer Prozess verstanden, der sich auch nach dem Studium fortsetzt. Eine *professionsorientierte* kumulative Lehre sollte nach dem Stand der Forschung (s. o.) eine bessere Basis für diesen Prozess bieten als ein Fachstudium, das am Berufsbild Physikerin und Physiker ausgerichtet ist. Eine professionsorientierte kumulative Lehre könnte sich bereits in den Praxisphasen zeigen. Beispielsweise könnte ein universitäres Fachwissen ohne Schulbezug zu einer unangemessenen Stoffauswahl oder einem vorschnellen Übergang zu physikalischen Konzepten im Unterricht der Schule führen; nicht aber nach einer kumulativen Lehre.

Tiefes Fachwissen gilt als eine Voraussetzung für ein breites und schülerangemessenes Repertoire an verschiedenen physikalischen Erklärungsmöglichkeiten (z. B. Hashweh, 1987, Kulgemeyer & Riese, 2018). In der geplanten Studie könnte sich zeigen, ob dieses *tiefe* Fachwissen, das kumulativ erworben wurde, unter unterrichtsrelevanten Aspekten angewandt und reflektiert werden kann. Auch Überschneidungen mit fachdidaktischen Aspekten sind möglich.

Vielleicht können die Studierenden der PH Ludwigsburg fachdidaktische Überlegungen zu ihrem Unterricht ‚professioneller' reflektieren oder Schülervorstellungen im Unterricht erkennen und nach dem physikdidaktischen *state of the art* (z. B. nach einer Explikation der Vorstellungen anknüpfen oder konfrontieren) aufgreifen, da sie ihre eigenen Vorstellungen im kumulativen Studium erkannt haben (Stichwort „pädagogischer Doppeldecker", vgl. Geissler, 1985).

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

Borowski, A., Kirschner, S., Liedtke, S., & Fischer, H. E. (2011). Vergleich des Fachwissens von Studierenden, Referendaren und Lehrenden in der Physik. PhyDid A - Physik und Didaktik in Schule und Hochschule, 1(10), 1–9.

Geissler, K.A. (1985). Lernen in Seminargruppen. Studienbrief 3 des Fernstudiums Erziehungswissenschaft Pädagogisch-psychologische Grundlagen für das Lernen in Gruppen. Tübingen: DIFF

Hashweh, M. Z. (1987). Effects of subject-matter knowledge in the teaching of biology and physics. Teaching and Teacher Education, 3(2), 109–120.

Hopf, C. (2013). Qualitative Interviews - ein Überblick. In U. Flick, E. von Kardoff & I. Steinke (Hg.), Qualitative Forschung: Ein Handbuch (10. Aufl., S. 349–359). Rowohlt Taschenbuch Verlag GmbH.

John, T., & Starauschek, E. (2018). Kumulatives Physiklehren und -lernen im Lehramtsstudium - Evaluation eines Lehrkonzepts. In C. Maurer (Hrsg.), Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht - normative und empirische Dimensionen: Jahrestagung der GDCP in Regensburg 2017. Regensburg: Universität Regensburg, 150–153.

John, T. (i.V.). Kumulatives Lehren und Lernen im Lehramtsstudium Physik – Theorie und Evaluation eines Lehrkonzepts. Dissertation: PH Ludwigsburg.

John, T. & Starauschek, E. (i.D.). Ein Modell für Kumulatives Lehren im Lehramtsstudium Physik. PhyDid A - Physik und Didaktik in Schule und Hochschule.

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.

Mayring, P. (2010). Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken (11. Aufl.). Beltz.

Merzyn, G. (2004). Lehrerausbildung–Bilanz und Reformbedarf (2. Auflage). Baltmannsweiler: Schneider-Verlag Hohengehren.

Rubitzko, T., Laukenmann, M., & Starauschek, E. (2018). Kumulatives Lehren der Mechanik in der Lehramtsausbildung. In V. Nordmeier & H. Grötzebauch (Hrsg.), Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung Würzburg 2018. Berlin: PhyDid B.

Schreier, M., & Odağ (2020). Mixed Methods. In G. Mey & K. Mruck (Hrsg.), Handbuch Qualitative Forschung in der Psychologie (S. 263–277). Wiesbaden: Springer.

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. Zeitschrift für Pädagogik (4), 473–491.

Sven Holschemacher[1]
Claus Bolte[1]

[1]Freie Universität Berlin

Subjektive Theorien zum Protokollieren im Chemieunterricht der Sek. I

Forschungsrahmen

Wesentliches Kennzeichen naturwissenschaftlicher Forschung und Ausgangspunkt für die Gewinnung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse ist das genaue Beobachten und Bewerten sowie das Durchführen reproduzierbarer Experimente (Popper, 1935, S. 16ff.). Die Reproduzierbarkeit der durch Experimentieren gewonnenen wissenschaftlichen Erkenntnisse wird in der Regel durch die wissenschaftlich akkurate Dokumentation der Arbeitsschritte im Verlauf der Forschungsprozesse - zumeist in Form schriftlich formulierter Protokolle - sichergestellt (Bohnsack, 1999, S. 16ff.).

Im Chemieunterricht soll das Protokollieren seitens der Schüler*innen vorwiegend genutzt werden, um die Kompetenzbereiche Erkenntnisgewinnung und Kommunikation zu fördern (KMK, 2005, S. 12-13). Der Prozess des Protokollierens selbst wie auch die essentiellen Aspekte und Gliederungspunkte, die ein gelungenes Protokoll beinhalten sollte, werden in den nationalen Bildungsstandards jedoch nicht konkretisiert. Auch die vielfältigen und durchaus unterschiedlichen Empfehlungen aus der fachdidaktischen Literatur (vgl. z.B. Brüning, 1990; Kraus & Stehlik, 2008; Witteck et al., 2012) helfen nicht wirklich weiter, wenn es darum geht, einen grundsätzlichen Konsens darüber aufzuzeigen, was ein gutes, aussagesagekräftiges Protokoll als Textsorte auszeichnet (Krabbe, 2015, S. 157). Diese Meinungsvielfalt scheint auch unter den Lehrer*innen mit naturwissenschaftlichen Unterrichtsfach weit verbreitet.

Angesichts dessen stellt sich zunächst die Frage: *Welche subjektiven Theorien zum Protokollieren im Chemieunterricht der Sekundarstufe I äußern Lehrer*innen?* Wir vermuten, dass Lehrer*innen ihre je eigenen Vorstellungen und Präferenzen zum Aufbau und Inhalt von Protokollen im Unterricht an ihre Schüler*innen weitergeben. Die durchaus divergierenden subjektiven Theorien von Lehrer*innen, die auf diese Weise an ihre Schüler*innen weitergeben werden, und die die Schüler*innen dann nutzen, um eigene Protokolle zu erarbeiten, könnten erklären, warum die Qualität der von Schüler*innen verfassten Protokolle in zurückliegenden Untersuchungen oft als mangelhaft bewertet wurde (vgl. Haagen-Schützenhöfer & Hopf, 2010; Range, 2016).

Der Blick in die naturwissenschaftsdidaktische Literatur macht deutlich, dass auch dort recht unterschiedliche Vorstellungen zur Rolle und Funktion des Erarbeitens von Versuchsprotokollen durch Schüler*innen vorherrschen (vgl. Kraus & Stehlik, 2008; Witteck et al., 2012; Emden & Sumfleth, 2012, S. 71) und dass viele Schüler*innen offensichtlich Schwierigkeiten haben, den geforderten Ansprüchen gerecht zu werden. Aus diesen Gründen gehen wir folgenden, weiterführenden Forschungsfragen nach:

Forschungsfragen

1. Inwiefern werden die in der Fachliteratur genannten Aspekte eines gelungenen Versuchsprotokolls von Chemielehrer*innen als wichtig erachtet?
2. Inwieweit werden die in der Fachliteratur genannten Aspekte eines gelungenen Versuchsprotokolls im Chemieunterricht behandelt und geübt?
3. Wie schätzen Chemielehrer*innen die Kompetenzen ihrer Schüler*innen, einen Versuch angemessen zu protokollieren, ein?
4. Welche Faktoren werden von den befragten Chemielehrer*innen als besonders hinderlich erachtet, wenn es darum geht, Schüler*innen zu unterstützen, Versuchsprotokolle eigenständig erarbeiten zu können?

Methoden

Um die Forschungsfragen zu beantworten, haben wir einen Onlinefragebogen konzipiert und pilotiert, mit dessen Hilfe Chemielehrer*innen bezüglich ihrer subjektiven Theorien zum Thema Protokollieren von Versuchen im Chemieunterricht der Sek. I befragt werden können. Die mit einer 6-stufigen Ratingskala versehenen Items des Fragebogens fokussieren auf ausgewählte Merkmale, die ein Versuchsprotokoll aufweisen sollte. Die Merkmale sind von den beteiligten Lehrer*innen aus vier Perspektiven bewertend einzuschätzen und geben auf diese Weise Auskunft über die jeweils subjektiven Theorien der Befragten; einzuschätzen sind:

- die Wichtigkeit von bestimmten Gliederungsaspekten (*Priorität*) (Skalierung: 1 = sehr unwichtig; 6 = sehr wichtig),
- der Umfang an Aufmerksamkeit und Übung, der diesen Aspekten im Chemieunterricht zugeschrieben wird (*Praxis*) (Skalierung: 1 = sehr selten; 6 = sehr häufig),
- die von den Lehrer*innen antizipierten Schwierigkeiten und Kompetenzen der Schüler*innen, wenn sie die jeweiligen Aspekte beim Protokollieren zu berücksichtigen haben (*antizipierte Kompetenzen*) (Skalierung: 1 = fast alle; 2 = mehr als zwei Drittel; 3 = mehr als die Hälfte; 4 = weniger als die Hälfte; 5 = weniger als ein Drittel; 6 = die Wenigsten),
- potenzielle Hindernisse und Herausforderungen, denen sich die Lehrer*innen ausgesetzt fühlen, wenn sie Schüler*innen unterrichten, Versuchsprotokolle im Chemieunterricht selbstständig zu verfassen (*Herausforderungen*).

Außerdem sieht der Fragebogen die Möglichkeit vor, dass die Teilnehmer*innen durch eigens formulierte Äußerungen ihre persönlichen Einschätzungen inhaltlich ergänzen.

Datenerhebung und Stichprobe

Die Onlinebefragung wurde zum Anfang des Schuljahres 2019/2020 durchgeführt. 31 Lehrer*innen von Berliner Sekundarschulen und Gymnasien haben teilgenommen.

Ergebnisse

Die eigens konzipierten Skalen des Befragungsinstruments zeigen gute bis sehr gute Reliabilitätskennwerte (Cronbachs α = .79 bis Cronbachs α = .93).

In Abbildung 1 sind die Ergebnisse zur Einschätzung der Prioritäten zusammengestellt.

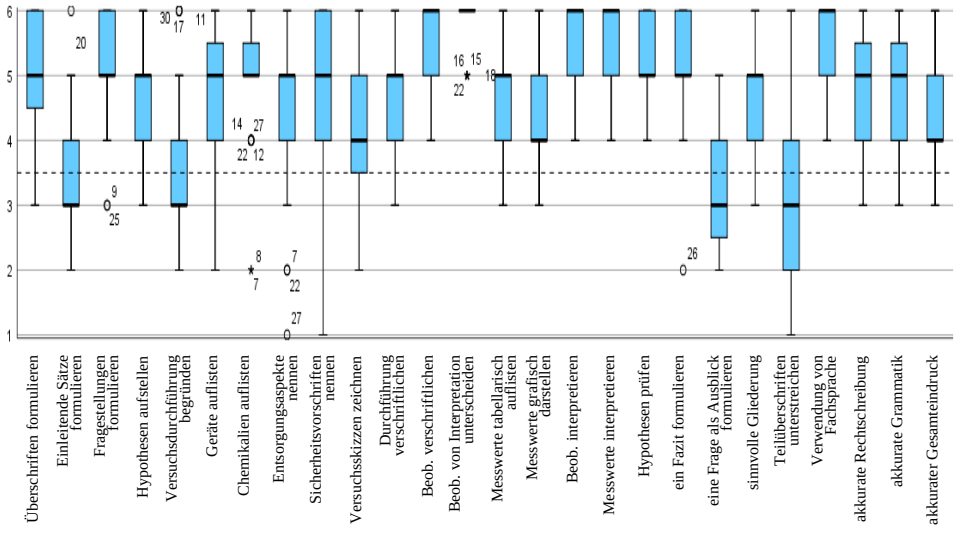


Abb. 1: Subjektive Einschätzungen bzgl. der Wichtigkeit von Aspekten, die beim Erarbeiten von Versuchsprotokollen eine Rolle spielen (Boxplots – Skalierung s.o.)

Die Analyse der Daten verdeutlicht, dass der überwiegende Teil der verschiedenen in der Fachliteratur geforderten Aspekte auch von den Lehrer*innen als wichtig erachtet werden (Median > 3.5). Als „sehr wichtig“ (Median = 6) werden die folgenden Aspekte eingeschätzt: Verschriftlichung der Beobachtungen, Unterscheidung von Beobachtung und Interpretation, Interpretation der Beobachtungen, die Interpretation der Messwerte sowie die korrekte Verwendung der Fachsprache (Abb. 1).

Bzgl. der Rückmeldungen, welche Rolle die genannten Aspekte in der *Praxis* spielen und wie die Lehrer*innen die Kompetenzen ihrer Schüler*innen einschätzen, fallen die Median-Werte zumeist kleiner als die zur Prioritätseinschätzung aus (ohne Abb.).

Abbildung 2 zeigt beispielhaft die Boxplots der drei Items „Fragestellung formulieren“, „Hypothesen aufstellen“ und „Hypothesen prüfen“ differenziert nach den drei in den Blick genommenen Beurteilungsperspektiven (Skalierung s.o.).

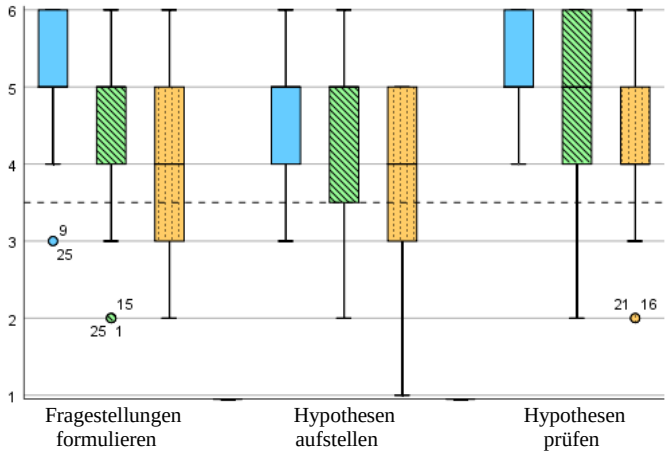


*Abb. 2: Einschätzungen der Lehrer*innen hinsichtlich drei beispielhaft ausgewählter Aspekte von Versuchsprotokollen, die aus drei unterschiedlichen Perspektiven beurteilt wurden; nämlich nach: Priorität (blau), Praxis (grün-gestreift) und antizipierte Kompetenzen der Schüler*innen (orange-gepunktet) – Boxplots*

Außerdem schätzt das Gros der Teilnehmer*innen die zeitlichen Vorgaben des Unterrichtsalltags wie auch die Größe der Lerngruppen als besonders große *Herausforderungen* ein, wenn es darum geht, Schüler*innen in ihren Kompetenzen, ein angemessenes Versuchsprotokoll verfassen zu können, zu fördern (ohne Abb.).

Diskussion und Ausblick

Wir erachten die Entwicklung und Pilotierung des Fragebogens in erster Näherung als gelungen. Mit Hilfe der Items ist es möglich, subjektive Theorien von Chemielehrer*innen zum Thema Protokollieren im Chemieunterricht zu ermitteln. Die entwickelten Skalen sind reliabel und die Analysen der Rückmeldungen bringen ein facettenreiches Meinungsbild zum Vorschein. Die Analysen zeigen u.a., welche Gliederungsaspekte von den Lehrer*innen als besonders wichtig erachtet werden (*Priorität*), welche Lernschwierigkeiten die Teilnehmer*innen auf Seiten ihrer Schüler*innen antizipieren (*antizipierte Kompetenzen*) und welche Schwerpunktsetzungen ihrer Meinung nach im Unterricht vorgenommen werden (*Praxis*). Uns ist bewusst, dass die Stichprobe unserer Pilotierung als nicht repräsentativ zu bezeichnen ist; weiterführende Untersuchungen sind daher unumgänglich.

Literatur

Bohnsack, R. (1999). *Rekonstruktive Sozialforschung. Einführung in qualitative Methoden* (3. Aufl.). Opladen: Leske + Budrich.

Brüning, H.-G. (1990). Das Versuchsprotokoll. *Physica didactica, 17*(3-4), 101–109.

Emden, M., & Sumfleth, E. (2012). Prozessorientierte Leistungsbewertung des experimentellen Arbeitens – Zur Eignung einer Protokollmethode zur Bewertung von Experimentierprozessen. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht: MNU, 65*(2), 68-75.

Haagen-Schützenhöfer, C., & Hopf, M. (2010). Replikation als Unterrichtsmethode. *PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung.* Verfügbar unter http://www.phydid.de/index.php/phydid-b/article/view/152/249

Krabbe, H. (2015). Das Versuchsprotokoll als fachtypische Textsorte im Physikunterricht. In S. Schmölzer-Eibinger, & E. Thürmann (Hrsg.), *Schreiben als Medium des Lernens. Kompetenzentwicklung durch Schreiben* (S. 157-173). Münster: Waxmann.

Kraus, M. E., & Stehlik, S. (2008). Protokolle schreiben: Anregungen zur Auseinandersetzung mit einer problematischen Textsorte. *Naturwissenschaften im Unterricht – Physik in der Schule, 104*, 17-23.

Popper, K. R. (1935). *Logik der Forschung. Zur Erkenntnistheorie der modernen Naturwissenschaft.* (Band 9). Wien: Springer. [elektronische Version]. doi: 10.1007/978-3-7091-4177-9

Range, J. (2016). *Analyse von Schüler-Versuchsprotokollen beim eigenständigen Experimentieren am Beispiel des Hook'schen Gesetzes* (Wissenschaftliche Hausarbeit). Universität Kassel. Verfügbar unter https://kobra.uni-kassel.de/handle/123456789/2016080950628

Kultusministerkonferenz (KMK) (2005). *Bildungsstandards im Fach Chemie für den mittleren Schulabschluss*. Luchterhand: München.

Witteck, T., Most, B., Di Fuccia, D., & Eilks, I. (2012). Mit unvollständigen Versuchsprotokollen lernen. *Naturwissenschaften im Unterricht. Chemie, 23*(130/131), 54–59.

Martin Steinbach[1]
Carolin Eitemüller[1]
Maik Walpuski[1]

[1]Universität Duisburg-Essen

Untersuchung der Schwierigkeit von organisch-chemischen Aufgaben

Theoretischer Hintergrund:

Angestoßen durch den Bologna-Prozess des Jahres 1999 rückt der Kompetenzbegriff zunehmend in den Fokus der universitären Lehre (Teichler, 2003). Mit Hilfe von Kompetenzformulierungen lassen sich learning-outcomes beschreiben, welche den Weg fort von einer input-orientierten Lehre hin zu einer output-orientierten Lehre ebnen. Der Kompetenzbegriff ist seither fest im durch die KMK formulierten Qualifikationsrahmen für deutsche Hochschulabschlüsse verankert. Der Modellierung und Messung von Kompetenzen fallen somit, bezogen auf die Qualitätssicherung und Optimierung von Bildungsprozessen, auch im Hochschulsektor eine zentrale Rolle zu (Klieme & Leutner, 2006).
Unter Kompetenzen werden kontextspezifische kognitive Leistungsdispositionen verstanden, die sich funktional auf Situationen und Anforderungen in bestimmten Domänen beziehen (Klieme & Leutner, 2006). Aufgrund der Kontextgebundenheit von Kompetenzen lassen sich diese nur durch speziell angepasste Kompetenzmodelle beschreiben. Für das Studienfach der Chemie und im Besonderen für den Teilbereich der organischen Chemie liegen derzeit noch keine solche Kompetenzmodelle vor. Durch diese Lücke sind unter anderem keine Informationen darüber bekannt, welche für die organische Chemie spezifischen Aufgabenmerkmale die Schwierigkeit von Leistungstestaufgaben beeinflussen. Das Wissen über die Schwierigkeit einer Testaufgabe und mögliche Einflussfaktoren steht jedoch im Mittelpunkt der Kompetenztestentwicklung und -auswertung (Walpuski & Ropohl, 2014). Für die Entwicklung valider und reliabler Instrumente zur Kompetenzmessung stellt das Wissen über spezifische Schwierigkeitsmerkmale der organischen Chemie und deren Einfluss auf die Aufgabenschwierigkeit ein entscheidendes Bindeglied dar.

Ziele und Forschungsfragen:

Im Zuge der Forschung sollen zunächst für die organische Chemie spezifische schwierigkeitserzeugende Aufgabenmerkmale identifiziert werden. Diese spezifischen Aufgabenmerkmale werden als Teildimensionen der zu messenden Kompetenz verstanden und eingesetzt, um ein theoretisches Kompetenzstrukturmodell zu entwickeln. Auf Basis des theoretischen Kompetenzstrukturmodells wird anschließend ein Testinstrument entwickelt, mit welchem sich die fachliche Kompetenz von Studierenden in einem einführenden Modul der organischen Chemie messen lässt. Dabei sollen folgende Forschungsfragen beantwortet werden:

FF 1a: Welche schwierigkeitserzeugenden Merkmale lassen sich für den Teilbereich der organischen Chemie identifizieren?
FF 1b: Lassen sich diese schwierigkeitserzeugenden Merkmale in einem Kompetenzstrukturmodell valide und reliabel abbilden?
FF 2: Welchen Einfluss haben die spezifischen Aufgabenmerkmale auf die Schwierigkeit von Leistungstestaufgaben in der organischen Chemie?

Studiendesign und -methode:

Zur Identifizierung möglicher schwierigkeitserzeugender Merkmale für Aufgaben in der organischen Chemie findet zunächst eine Aufgabenanalyse sowie die Sichtung einschlägiger Literatur statt. Für die Aufgabenanalyse werden neben einem Pool von Testaufgaben auch bewertete Klausuraufgaben betrachtet, die auf Basis einer geeigneten Taxonomie, z. B. der nach Anderson und Krathwohl (2002), einer bestimmten Schwierigkeit zugeordnet werden. Aufgaben, die nach der gewählten Taxonomie eigentlich leicht zu lösen sein sollten, mit denen die Studierenden beim Bearbeiten jedoch Probleme hatten, werden dabei besonders auf versteckte Schwierigkeitsmerkmale hin untersucht.
Die identifizierten Merkmale werden anschließend in ein dreidimensionales Kompetenzstrukturmodell überführt, da sich diese Struktur für die Modellierung naturwissenschaftlicher Kompetenzen als besonders fruchtbar erwiesen hat (Mayer & Wellnitz, 2014). Dazu wird das bereits im Zuge des IQB-Ländervergleichs eingesetzte und erprobte ESNaS (Evaluation der Standards in den Naturwissenschaften für die Sekundarstufe I) Modell als Vorlage genutzt und erweitert (Walpuski et al., 2012).

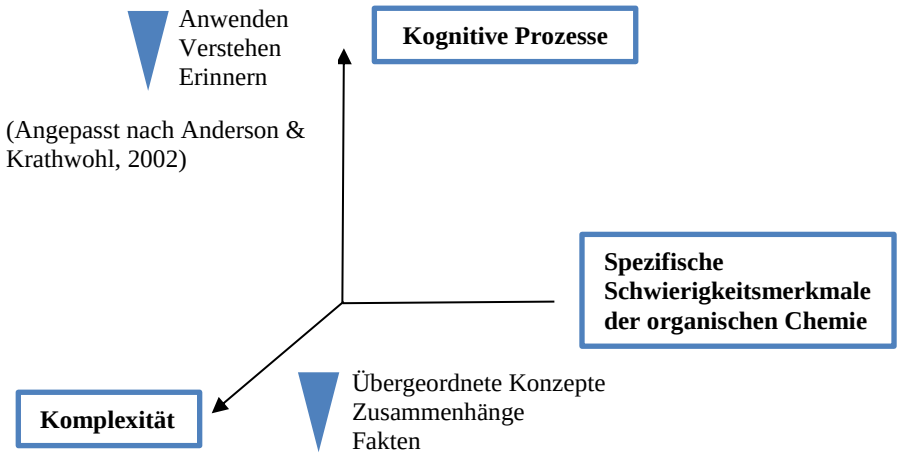


Abb.1: *Angepasstes Kompetenzstrukturmodell für die organische Chemie*

Das Kompetenzstrukturmodell wird anschließend mit Hilfe von Testitems operationalisiert. Hierzu werden für jede Zelle der sich aus dem Modell ergebenden dreidimensionalen Matrix eine hinreichend große Anzahl an Testitems konstruiert (n>10). Aus Gründen der Testökonomie kann nicht das gesamte Modell überprüft werden, sodass nicht relevante Achsen des Modells konstant gehalten werden. Um die Passung zwischen den Items und dem Kompetenzstrukturmodell zu überprüfen, werden diese einem Expertenrating unterzogen. Der entwickelte Kompetenztest wird anschließend im Zuge einer Pilotstudie eingesetzt. Da nicht Jede/r Studierende aufgrund der Menge der entwickelten Items alle Aufgaben beantworten kann, wird zur Datenerhebung auf ein Multi-Matrix-Design mit Ankeritems zurückgegriffen. Die Auswertung der Daten erfolgt auf der Basis des Rasch-Modells. Um mit dem Rasch-Modell arbeiten zu können, müssen die Daten aus der Pilotierungsstudie zunächst auf ihre Rasch-Homogenität hin überprüft werden. Zu diesem Zweck wird der wMNSQ-Wert betrachtet (Bond & Fox, 2007). Im Zuge einer Distraktoren-Analyse werden Items mit schlechten OPCs (Option Propability Curves) überarbeitet oder aus dem Test entfernt. Um die

zweite Forschungsfrage beantworten zu können, kommt das überarbeitete Testinstrument während der Hauptstudie erneut zum Einsatz. Über eine Rangkorrelation nach Spearman soll der Zusammenhang zwischen der Komplexität, den spezifischen Aufgabenmerkmalen und den Item-Parametern geklärt werden. Zur Bestimmung der Varianz, welche sich durch alle Schwierigkeitsmerkmale aufklären lässt, wird eine Regressionsanalyse durchgeführt (Moosbrugger, 2002). Hier soll besonders die spezifische Varianzaufklärung der einzelnen Schwierigkeitsmerkmale mithilfe des Regressionskoeffizienten (β-Wert) bestimmt werden (Hartig, 2007).

Ertrag:

Die Kompetenzmodellierung bietet ein großes Potential, welches sich auch im tertiären Bildungsbereich nutzen lässt. Das Forschungsprojekt soll einen Beitrag dazu leisten dieses Potential für das Studienfach der Chemie und im Besonderen der organischen Chemie zu nutzen. Im Verlauf des Projekts entsteht so ein Testinstrument, mit dem sich die fachliche Kompetenz von Studierenden der organischen Chemie valide und reliabel messen lässt. Das Wissen über den Einfluss spezifischer Schwierigkeitsmerkmale und das entwickelte Testinstrument können dazu genutzt werden, um Lehrveranstaltungen zu evaluieren und zu optimieren. Des Weiteren kann das gewonnene Wissen dazu genutzt werden, in Zukunft angemessene Leistungstestaufgaben zu entwickeln.

Literatur:

Anderson L., & Krathwohl D., (2001). A taxonomy for learning, teaching and assessing: A revision of Bloom´s taxonomy of educational objectives

Bond, T. G., & Fox, C. M. (2007). Applying the Rasch model: Fundamental measurement in the human sciences (2nd ed.). London: Lawrence Erlbaum

Hartig, J. (2008). Skalierung und Definition von Kompetenzniveaus. In B. Beck & E. Klieme (Hrsg.), Sprachliche Kompetenz. Konzept und Messung – DESI-Studie (S. 72-82) Weinheim: Beltz

Klieme, E. & Leutner D. (2006) Kompetenzmodelle zur Erfassung individueller Lernergebnisse und zur Bilanzierung von Bildungsprozessen. Zeitschrift für Pädagogik 52(6):876–902

Mayers, J. & Wellnitz N. (2014) Die Entwicklung von Kompetenzstrukturmodellen. In D. Krüger, I. Parchman & H. Schecker (Hrsg.) Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung. (S. 19-31)

Moosbrugge, H. (2002). Lineare Modelle. Regressions- und Varianzanalysen. In Methoden der Psychologie Band 14

Teichler, U. (2003). Europäisierung, Internationalisierung, Globalisierung – quo vadis, Hochschule? In Journal für Wissenschaft und Bildung 12 (2003) S. 19-30

Walpuski, M. Kauertz, A. Sumfleth, E. Fischer, Mayer J. & Wellnitz N., (2010). Evaluation der Standards in den Naturwissenschaften in der Sekundarstufe 1. In A. Gehrmann, U. Hericks & M. Lüders Bildungsstandards und Kompetenzmodelle. Beiträge zu einer aktuellen Diskussion über Schule, Lehrerbildung und Unterricht. Klinkhardt Verlag. Bad Heilbrunn 2010

Walpuski, M. & Ropohl, M. (2014). Statistische Verfahren für die Analyse des Einflusses von Aufgabenmerkmalen auf die Schwierigkeit. In D. Krüger, I. Parchman & H. Schecker (Hrsg.) Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung. (S. 385-398)

Johann Seibert[1]
Vanessa Lang[1]
Luisa Lauer[1]
Annika Eichinger[1]
Sarah Bach[1]
Mareike Kelkel [1]
Franziska Perels[1]
Markus Peschel[1]
Johannes Huwer[2]
Christopher W.M. Kay[1]

[1]Universität des Saarlandes
[2]Universität Konstanz

Augmented Reality als digitales Lernwerkzeug zur Visualisierung nicht-beobachtbarer Prozesse

Überlegungen zum Einsatz von Augmented Reality im chemischen Kontext

Augmented Reality (AR) kann das (audio-)visuelle Lernen als didaktisches Medium im Chemieunterricht (Seibert et al., 2020a) innovieren, indem in Lehr-Lernsituationen fachliche, fach- und mediendidaktische sowie pädagogische Aspekte in Bezug auf die mediale Vermittlung von Inhalten berücksichtigt werden. Besonders für die Modellbildung bei Schüler*innen scheint AR einen wichtigen Beitrag leisten zu können, da hierdurch nicht-beobachtbare Prozesse "sichtbar" und damit modellierbar(er) gemacht werden können (Seibert et al., 2020b). Die Visualisierung von z.B. Teilchen auf makroskopischer, (sub)mikroskopischer und symbolischer Ebene stellt zumeist eine grundlegende Problematik für Schüler*innen (aber auch für Student*innen) dar. Durch Visualisierung von Modellen sowie durch wiederholbare Ebenenwechsel (makroskopische, submikroskopische und symbolische Ebene) können Vorstellungen und Modellwechsel eigenaktiv, bewusst und mehrfach vollzogen sowie reflektiert werden. AR stellt in der Form ein neues, nützliches Werkzeug zur Bewältigung der kognitiven Hürde der Modellvorstellungen und -wechsel im naturwissenschaftlichen Unterricht dar.
In diesem Beitrag wird die Entwicklung der didaktischen Einbettung von AR an entwickelten Lehr-Lern-Szenarien anhand der o.g. Aspekte erläutert. In einem weiteren Schritt werden die Vorteile von AR zur Förderung der Modellbildung von Schüler*innen beispielhaft dargestellt.

Bei der Konzeption von AR-Lehr-Lern-Szenarien sollte - so die bisherige Analyse - ein multiperspektivistischer Aushandlungsprozess auf fachlicher, medialer, spezifischer AR und pädagogischer Ebene erfolgen. In Anlehnung an das von Seibert et al. (2020a) entwickelte deAR-Modell wurden Lehr-Lern-Szenarien entwickelt und entlang des o.g. multiperspektivistischen Aushandlungsprozesses konzipiert. Ausgangspunkt hierbei sind fachliche Aspekte der Chemie, bei denen zunächst die Frage beantwortet werden muss, inwiefern, AR-Anwendungen entsprechende chemische Fachinhalte überhaupt anreichern können, um aus fachdidaktischer Sicht einen Mehrwert für den Chemieunterricht generieren zu können. So können AR-Lehr-Lernszenarien dazu eingesetzt werden, um das Forschende Lernen nach Neber und Anton (2008) anzureichern. Hierbei sollen AR-Elemente diese fach-medien-didaktischen Aspekte unterstützen und Realitäten durch visuelle Einblendungen mittels AR virtuell anreichern. Im Sinne der Individualisierung wurden aus fachdidaktischer

Sicht differenzierende Maßnahmen innerhalb der (digitalen) Augmentationen implementiert. Des Weiteren wurden (fach-)mediendidaktische Aspekte berücksichtigt, die den Einsatz (digitaler) Medien aus der Sicht „vom Medium zur Realisierung von digitalen Lehr-Lernsituationen" definieren (Bach, 2018). Dazu zählt u.a. die Kategorisierung digitaler Medien im Chemieunterricht anhand ihrer didaktischen Funktion (Huwer & Seibert, 2017; Seibert, Huwer & Kay, 2019) oder die veränderte Aufgabenkultur, die digitale Medien mit sich bringen nach dem SAMR Modell (Puentedura, 2006). Außerdem wird lernpsychologischen/bildungswissenschaftlichen Aspekten, die das Lernen mit (digitalen) Medien beeinflussen können besondere Aufmerksamkeit geschenkt. Hierbei sollten einerseits entsprechend der Fachsituation beispielsweise Aspekte der Cognitive Load Theory of Multimedia Learning (Sweller, 2007) und andererseits Aspekte des Selbstregulierten Lernens mit digitalen Medien (Perels & Dörrenbächer, 2018) besondere Aufmerksamkeit geschenkt bekommen.

Ausgewählte Augmented Reality Lehr-Lern-Szenarien für den Chemieunterricht

Augmented Reality zur Anreicherung von Experimentieranleitungen

Besonders beim Forschenden Experimentieren wurden mehrere Differenzierungsgrade der Nutzung der Versuchsanleitung für ein Experiment realisiert. Dabei kommt es darauf an, die Informationsvielfalt in den Aufgaben zu differenzieren und minimierte Angebote samt Zusatzangeboten zu generieren, um entsprechende Differenzierungsmöglichkeiten für Schüler*innen beim Experimentieren zu ermöglichen. Die Schüler*innen können mit diesen differenzierten (konsekutiven) Angeboten ein eigenes Lerntempo und einen eigenen Lösungsweg beschreiten sowie weitere Forschungsfragen entwickeln. Augmented Reality hilft dabei, Flexibilisierungsgrade innerhalb der Anleitung zu generieren. Durch die individuelle und variable Nutzung passender Informationen zu einem auszuführenden Teil-Experiment kann auch auf die Bedürfnisse verschiedener Lerntypen eingegangen werden. Schüler*innen, die wenig Hilfe und Übung bei der Bearbeitung benötigen, erhalten entsprechende Hilfestellungen und Übungen nicht, was aus lernpsychologischer Sicht Vorteile bringt (Sweller, 2007). Schüler*innen, die jeweiligen Hilfen in Form von Prompts benötigen, können Unterstützung mittels Augmented Reality auf dem analogen Arbeitsblatt abrufen (Seibert et al., 2019; Seibert et al., 2020c).

Augmented Reality Laborführerschein

Besonders im Anfangsunterricht muss mit den Schüler*innen thematisiert werden, was den Chemiesaal bzw. das Labor von anderen Unterrichtsräumen unterscheidet. Daher sollten der Raum und seine besondere Einrichtung zum Unterrichtsgegenstand gemacht werden, was in Form eines AR-Labor-Führerscheins umgesetzt wurde (Huwer & Seibert, 2018). Augmented Reality dient in diesem Fall als digitales Werkzeug (Huwer & Seibert, 2017), um eine immersive Raum-Verortung mit Verschränkung von Inhalten realer und virtuell-semantischer Ebene zu erreichen, und damit kognitive Prozesse zu fördern. Die Schüler*innen können sich mittels digitaler Endgeräte im Raum informieren und zusätzliche Informationen z.B. zu den Warn- und Sicherheitssymbolen erhalten. Die AR visualisiert dabei semantische, nicht-sichtbare Informationen und macht sie virtuell sichtbar.

Augmented Reality zur Anreicherung von Laborgeräten

Das Daniell-Element zählt im Themenbereich Redoxchemie zu einem der Standardexperimente und erfordert einen großen Differenzierungsgrad auf makroskopischer und submikroskopischer Ebene (Seibert et al., 2020d). Beim Arbeiten mit komplexen Versuchsaufbauten ist es außerdem hilfreich, den Schüler*innen Zusatzinformationen bereitzustellen. Diese Hilfen können über augmentierte Arbeitsblätter realisiert werden oder durch eine Echtzeit-Augmentation am Realobjekt selbst. Als Beispiel wurde eine Lernsequenz von drei Unterrichtsstunden entwickelt, bei der der reale Versuchsaufbau des Daniell-Elemtents mit virtuellen Informationen angereicht wird. Die Schüler*innen können mit Hilfe der AR den realen Versuchsaufbau „scannen" und erhalten auf makroskopischer Sicht virtuelle Hilfen oder Informationen zu den Labormaterialien. Andererseits können mittels Echtzeit-Animation Prozesse an den Elektroden auf Teilchenebene von den Schüler*innen aktiv abgerufen werden. Dies soll den Lernenden dabei helfen, eine Ebenenverknüpfung (real und virtuell) zu erfahren und somit dynamische Vorgänge auf submikroskopischer Ebene beobachten und beschreiben zu können. Einen Teilaspekt stellt dabei die Visualisierung von Teilchenprozessen (s.u.) dar.

Augmented Reality zur Visualisierung von Teilchenprozessen

Wie bereits im vorherigen Abschnitt beschrieben, kann Augmented Reality dazu eingesetzt werden, um dynamische Prozesse in Echtzeit mit einem Realobjekt zu verknüpfen. In einem weiteren AR-Lehr-Lern-Szenario sollen die Schüler*innen anhand eines Lithium-Ionen-Akkus Darstellungsebenen (makroskopische, submikroskopische und symbolische Ebene) voneinander trennen (Johnstone, 1999), um die Modellbildung in allen drei Ebenen gleichermaßen zu fördern und dadurch bewusst voneinander zu unterscheiden. Dazu wurde ein herkömmlicher Lithium-Ionen-Akku gewählt, da der Akku an sich eine typische „Black-Box" für Schüler*innen darstellt und zudem aus Sicherheitsgründen nicht real geöffnet werden darf (Seibert et al., 2020b). Ziel dieser AR-Lehr-Lerneinheit ist es, den Aufbau des Akkus auf makroskopischer Sicht und die Funktionsweise auf symbolischer sowie submikroskopischer Sicht zu visualisieren.

Augmented Reality zur Visualisierung von Teilchenmodellen

Das Kugelwolkenmodell ist ein Atommodell, das neben dem Orbitalmodell dreidimensionale Modellvorstellungen von Verbindungen vermitteln soll. Insbesondere die dreidimensionale Darstellung kann Schüler*innen vor Probleme stellen, da ein zweidimensionales (Tafel-)Abbild eine grundlegende Voraussetzung zu einem erweiterten 3D-Modellim Verständnisprozess darstellt. Augmented Reality unterstützt dabei den Prozess der Modellbildung und des Modellwechsel von 2D zu 3D, indem es durch die Augmentation eines dreidimensionalen Modells in die Realität verschiedene Blickwinkel ermöglicht (Lindgen & Moshell, 2011; Ibánez & Delgado-Kloos, 2018). Durch die Verknüpfung zwischen verschiedenen ausgewählten Elementen aus dem Periodensystem der Elemente mit einem AR-abgebildeten, „virtuellen" Kugelwolkenmodell können die Schüler*innen ihre Modellvorstellung schärfen bzw. den Modellwechsel beschreiten.

Förderhinweis

Die in diesem Beitrag beschriebene Forschung wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen des Projekte SaLUt II (Förderkennzeichen: 01JA1906A) finanziert.

Literatur

Bach, S. (2018). Subjektiver Kompetenzerwerb von Schülerinnen und Schülern beim unterrichtlichen Einsatz von kidi-Maps Eine Studie zum Einsatz digitaler Karten am Beispiel von kidi-Maps im Vergleich zu analogen Karten bei Schülerinnen und Schülern einer vierten Jahrgangsstufe im geographisch-orientierten Sachunterricht [Monographie]. Universität des Saarlandes.

Huwer, J. & Seibert, J. (2017). EXPlainistry – Dokumentation, Erklärung und Visualisierung chemischer Experimente mithilfe digitaler Medien in Schüerlabor und Schule. Naturwissenschaften im Unterricht Chemie, 160, 42-46.

Ibánez, M.B. & Delgado-Kloos, C. (2018). Augmented Reality for STEM learning: A systematic review. In: *Computer and Education, 123* (2018). S. 109-123.

Johnstone, A. (1999). Macro- and Micro-Chemistry. School Science Review, 64, 377–379.

Lindgren, R. & Moshell, J.M. (2011). Supporting children´s learning with body-based methaphors in a mixed reality environment. In: *Proceedings of the 10th int. Conference on Interaction Design and Children*. ACM-Press 2011.

Neber, H. & Anton, M.A. (2008). Förderung präexperimenteller epistemischer Aktivitäten im Chemieunterricht, Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 20(130), 143–150.

Puentedura R. (2006). Transformation, Technology, and Education, http://www.hippasus.com/rrpweblog/archives/2013/04/16/SAMRGettingToTransformation.pdf, (abgerufen: Oktober 2020).

Perels, F. & Dörrenbächer, L. (2018). Selbstreguliertes Lernen und (technologiebasierte) Bildungsmedien. *Lernen mit Bildungstechnologien*, Springer Verlag, *6*.

Seibert, J. & J. Huwer. (2018). A new way to discover the chemistry laboratory: The Augmented Reality Laboratory-License. World Journal of Chemical Education, vol. 6, no. 3, 124-128. DOI: 10.12691/wjce-6-3-4.

Seibert, J., Huwer, J. & Kay, C. W. M. (2019). EXPlainistry - Documentation, explanation and visualization of chemical experiments supported by ICT in schools. Journal of Chemical Education. DOI: 10.1021/acs.jchemed.8b00819.

Seibert, J., Lang, V., Dörrenbächer-Ulrich, L., Marquardt, M., Perels, F. & Kay, C.W.M. (2019). EscapeLab: Gamification als Lernwerkzeug zur Individualisierung im Chemieunterricht. Computer & Unterricht, vol 113.

Seibert, J., Marquardt, M., Schmoll, I., Huwer, J. (2019) AR bringt mehr Tiefe in Experimentalanleitungen. Computer & Unterricht. 112.

Seibert; J., Lauer, L., Marquardt, M., Peschel, M. & Kay, C.W.M. (2020a). deAR: didaktisch eingebettete Augmented Reality. Tagungsband „Schule, Bildung und Digitalisierung“; Köln. Waxmann Verlag.

Seibert, J., Marquardt, M., Gebhard, M., Lang, V., Kay, C.W.M., & Huwer, J. (2020b). Reale und digitale Inhalte verknüpfen - Den Aufbau eines Lithium-Ionen-Akkus mit Augmented Reality verstehen. Naturwissenschaften im Unterricht Chemie, 177/178, 86-91.

Seibert, J., Luxenburger-Becker, H., Marquardt, M., Lang, V., Perels, F., Kay, C.W.M. & Huwer, J. (2020c). Multitouch Experiment Instruction for a Better Learning Outcome in Chemistry Education. World Journal of Chemical Education, vol. 8, no. 1, 1-8.

Seibert, J., Marquardt, M., Pinkle, S., Carbon, A., Lang, V., Heuser, K., Perels, F., Huwer, J. & Kay, C.W.M. (2020d). Linking Learning Tools, Learning Companion and Experimental Tools in a Multitouch Learning Book. World Journal of Chemical Education vol. 8, no. 1, 9-20.

Sweller, J. (2010). Cognitive Load Theory: Recent Theoretical Advances. In: Cognitive Load Theory. Cambridge University Press: New York. 29–45.

Dominique Holland[1]
Karsten Rincke[1]

[1]Universität Regensburg

Bildung für nachhaltige Entwicklung kooperativ gestalten: Unterrichtsentwicklung im virtuellen Lernforschungslabor

Forschungsinteresse

Ziel des Forschungsvorhabens ist die Entwicklung und Evaluation eines virtuellen kooperativen Hochschulseminars zur Integration des Bildungskonzeptes *Bildung für nachhaltige Entwicklung* in der universitären Lehrerbildung. Dabei ist von Interesse welchen Einfluss die Fächerzusammensetzung der Studierendengruppe (disziplinär versus interdisziplinär) bei der Bearbeitung komplexer Nachhaltigkeitsthemen im Rahmen einer gemeinsamen Unterrichtsentwicklung hat. [1]

Ausgangslage, Zielsetzung & Rahmenbedingungen

Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) beschreibt eine Bildung, die Menschen zu zukunftsfähigem Denken und Handeln im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung[2] befähigt (Stoltenberg, 2017, S. 1). Lernende sollen über Wissen, Erfahrungen und Methoden verfügen, die notwendig sind, um sich mit komplexen Themen von Gegenwart und Zukunft auseinanderzusetzen (UNESCO, 2016). BNE wird dabei als ein pädagogischer Beitrag zur Bewältigung aktueller globaler Herausforderungen wie Klimawandel, Energieversorgung oder Biodiversitätsverlust verstanden (de Haan, 2001). Das BNE-Bildungskonzept ist ein von den Vereinten Nationen und der UNESCO initiiertes bildungspolitisches Programm. Die Zielsetzung in Deutschland BNE auf allen Bildungsebenen zu verankern (UNESCO 2014), fußt auf internationalen Abkommen, die bereits 1992 im Rahmen der *Agenda 21*[3] eingegangen wurden und aktuell mit dem UNESCO-Weltaktionsprogramm und der Agenda 2030 sowie der Ausrufung der 17 Sustainable Development Goals fortgeführt wird. Lehrkräfte werden als wichtige Multiplikatoren für die Umsetzung von BNE beschrieben, woraus sich die Anforderung ergibt, BNE in die Lehreraus- und Weiterbildung zu integrieren (Ebd. 2014). BNE wird hierbei nicht als neues Fach verstanden, sondern als Querschnittsthema, das aus allen Fächern heraus behandelt werden soll (Schreiber & Siege 2017).

---

[1] Mit der durch die Corona-Pandemie bedingten Schließung aller Bildungseinrichtungen im Frühjahr 2020, wurde das ursprünglich in Präsenzform geplante Seminarkonzept komplett digitalisiert. Die kooperative Unterrichtsplanung findet in einem virtuellen Lernforschungslabor statt und die Studierenden entwickeln eine Online-BNE-Lernumgebung, die von Schüler*innen im Home-Schooling erprobt wird.

[2] Die Leitvorstellung einer nachhaltigen Entwicklung zielt darauf ab, die sozioökonomische Entwicklung so zu gestalten, dass sie den Lebensbedürfnissen der Menschen in anderen Regionen der Welt nicht zuwiderläuft. Darüber hinaus soll diese Entwicklung den zukünftigen Generationen ausreichende Gestaltungspielräume gewähren, indem die Grenzen der Belastbarkeit der natürlichen Umwelt beachtet werden (Haan, 2001, S. 58).

[3] Die Agenda 21 ist ein offizielles Dokument der Konferenz der Vereinten Nationen zum Thema Umwelt und Entwicklung, die im Juni 1992 in Rio de Janeiro tagte. Die Agenda 21 wurde von 180 Staaten unterzeichnet und bietet einen Orientierungsrahmen für politisches, wirtschaftliches und soziales Handeln. Die Unterzeichnerstaaten haben sich verpflichtet, ihr politisches Handeln zukünftig am Leitbild einer nachhaltigen Entwicklung auszurichten.

Theoretischer Hintergrund

Die Integration von komplexen Nachhaltigkeitsthemen im Unterricht erfordert eine über das Fach hinausschauende multiperspektivische und systemische Betrachtung[4] (Bormann & Haan, 2008). Die Lernenden sollen Wege gezeigt bekommen, mit der Komplexität der entsprechenden Fragestellungen umzugehen. BNE-Kompetenzmodelle für die Lehrerbildung weisen bei der Umsetzung von komplexen Nachhaltigkeitsthemen im Unterricht der Kooperation[5] von Lehrkräften eine zentrale Bedeutung zu (Rauch, Streissler & Steiner, 2008; Stoltenberg et al., 2014). Argumente für die kollegiale Zusammenarbeit bei BNE lauten, dass die Komplexität von BNE-Themen Fachgrenzen übersteigt, Synergieeffekte und ein tieferes Fachverständnis durch Multiperspektivität ermöglicht werden und sich eine Qualitätssteigerung sowie Arbeitsentlastung durch Kompetenzbündelung zeigt (Rieß 2013; Steiner 2011). Hinzu kommt, dass die Lehramtsstudierenden als Novizen in Bezug auf Unterrichtsplanung zu betrachten sind. Eine kooperative Unterrichtsentwicklung ermöglicht es ihnen, Verantwortung und Expertise aufzuteilen und reduziert somit die Anforderungen auf kleinere Teilbereiche im Planungsprozess.

Erkenntnisinteresse & Forschungsfragen

Das Erkenntnisinteresse der Arbeit gliedert sich in eine beschreibende und eine interpretative Ebene. Innerhalb der beschreibenden Ebene soll ein Vergleich der Qualitäten einer disziplinären (Physiklehramtsstudierende, mit Zweitfach Mathematik) und einer interdisziplinären (Lehramtsstudierende verschiedener Didaktikfächer) Kooperation in einem virtuellen Hochschulseminar zur Förderung von Kompetenzen zur Umsetzung von BNE im späteren Fachunterricht vorgenommen werden. Die zugehörige Forschungsfrage verfolgt eine wissenschaftliche Evaluation des neuen Seminarformats und lautet:

FF1: *Welche Akzeptanz äußern die Studierenden hinsichtlich…*

- *der Aufbereitung von BNE im Seminar?*
- *der persönlichen Bedeutung von BNE?*
- *der Bedeutung von BNE für den Schulunterricht?*
- *der Bedeutung von kooperativer Unterrichtsplanung bei BNE?*
- *der virtuellen Seminar- und Unterrichtsgestaltung bei der Umsetzung von BNE?*

Innerhalb der interpretierenden Ebene soll der Versuch unternommen werden, den Einfluss der Fächerzusammensetzung der Gruppe der Studierenden näher zu betrachten. Von Interesse ist dabei, welche Unterschiede sich bei der Bewertung einer vorgegebenen BNE-Unterrichtsplanung zeigen. Die zugehörige Forschungsfrage lautet:

FF2: *Welchen Einfluss hat die Fächerzusammensetzung der Studierenden disziplinär (Gruppe A: Physiklehramtsstudierende) und interdisziplinär (Gruppe B: Lehramtsstudierende verschiedener Fächer) auf deren Einschätzung, ob eine vorgegebene Unterrichtsplanung für die Umsetzung von BNE geeignet ist?*

---

[4] In Anlehnung an die Definition von Rieß et al. (2013, S. 59, 61) umfasst eine systemische Betrachtung die Fähigkeit, Wirklichkeitsbereiche als Systeme erkennen, beschreiben und möglichst auch modellieren zu können. Dabei wird mit dem Begriff *System* ganz grundsätzlich ein Komplex bezeichnet, dessen Elemente in stetiger Wechselwirkung stehen und durch deren Beziehungen besondere Eigenschaften entstehen (beispielsweise sind lebende Systeme autopoietisch, besitzen dissipative Strukturen und zeigen Emergenz).

[5] Kooperation wird hier in Anlehnung an Ahlgrim et al. (2012) als die freiwillige gemeinschaftliche Bündelung von individuellen Erfahrungen, Wissen und Verantwortlichkeiten und Gruppenaktivitäten auf ein gemeinsames Ziel hin verstanden.

Mit der zweiten Forschungsfrage wird ein Forschungsanliegen verfolgt, mit dem Ziel an einem Beispiel Hypothesen für wirksame Integration von BNE in der universitären Lehrerausbildung zu generieren.

Studiendesign

Bei dem hier vorgestellten Forschungsprojekt handelt es sich um ein qualitatives Vergleichsgruppendesign mit zwei Ebenen: Einerseits wird die Veränderung auf der Individualebene gemessen und andererseits sollen Unterschiede auf der Gruppenebene untersucht werden. Dabei wird die Variation zwischen den Gruppen über die je unterschiedliche Teilnehmerzusammensetzung hergestellt. Die Gruppengröße beträgt jeweils 5 bis maximal 10 Studierende. Im Online-BNE-Seminar erarbeiten die Studierenden gemeinsam[6] eine Online-BNE-Unterrichtstunde[7], die mit eingeladenen Klassen im virtuellen Lernforschungslabor erprobt wird.

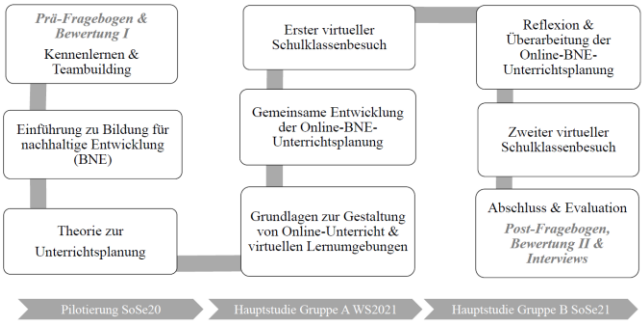


Abb. 1: Seminar- & Studienablauf

Erhebungsinstrumente & Auswertung

Über die schriftliche Bewertung einer vorgegebenen BNE-Unterrichtsplanung vor und nach Seminarteilnahme werden vorhandene Kognitionen der Studierenden bzgl. BNE-Unterrichtsplanung erfasst. Mittels qualitativer Leitfadeninterviews nach Seminarteilnahme werden zusätzlich die Akzeptanz des Seminars und die Wahrnehmung des Kooperationsprozesses bei der gemeinsamen Unterrichtsplanung sowie subjektive Theorien zu BNE und Kooperation erhoben. Ergänzt werden die so gewonnenen Daten durch einen Online-Fragebogen vor und nach Seminarteilnahme, der Informationen zu den Erfahrungen und Einstellungen zu BNE und Kooperation erfragt. Die schriftlichen Bewertungen und transkribierten Interviews werden in Form einer inhaltlich-strukturierenden qualitativen Inhaltsanalyse nach Kuckartz (2018) analysiert und ausgewertet. Die Kategorienbildung erfolgt mittels A-priori-Kategorien, die aus dem Arbeitsauftrag zur Bewertung der Unterrichtsplanung sowie dem Interviewleitfaden abgeleitet und durch Kategorienbildung am Material ergänzt werden.

[6] Ermöglicht wird die virtuelle Kooperation im Seminar durch die Verwendung eines Videokonferenztools kombiniert mit einem kollaborativen Online-Whiteboard.

[7] Die Unterrichtsentwicklung orientiert sich am exemplarischen Nachhaltigkeitskontext „Onlineshopping & seine Auswirkungen auf den Klimawandel“ und geht der Frage nach, welche Einkaufsvariante – Online-Shopping oder Ladeneinkauf – die nachhaltigere ist.

Literatur

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

Bormann, I. & Haan, G. (2008): Kompetenzen der Bildung für nachhaltige Entwicklung. Operationalisierung, Messung, Rahmenbedingungen, Befunde. Wiesbaden: GWV Fachverlage GmbH

Haan, G. d. & Seitz, K. (2001). Kriterien für die Umsetzung eines internationalen Bildungsauftrages: Bildung für eine nachhaltige Entwicklung (Teil 1 und 2). Zeitschrift "21 - Das Leben gestalten lernen", 01/2001 (01/2001), 58–66.

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 (KOMBINE). Konzepte und Anregungen für die Praxis. Wien: Bundesministerium für Unterricht, Kunst und Kultur

Rieß, W. (2013): Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) und Förderung des systemischen Denkens. AnliegenNatur (35), Laufen: Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege, 55–64

Schreiber, J.-R. (2017): Orientierungsrahmen für den Lernbereich Globale Entwicklung. Kurzfassung. Bonn: Engagement Global gGmbH

Steiner, R. (2011): Kompetenzorientierte LehrerInnenbildung für Bildung für nachhaltige Entwicklung. Kompetenzmodell, Fallstudien und Empfehlungen. Münster: Verl.-Haus Monsenstein und Vannerdat

Stoltenberg, U. & Holz, V. (2017): LENA - Lehrerinnenbildung für eine nachhaltige Entwicklung: Stand und Entwicklungsperspektiven. Lüneburg

Stoltenberg, U. et al. (2014): Forschung zur Lehrerbildung 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. Lüneburg

UNESCO (2014): UNESCO-Roadmap zur Umsetzung des Weltaktionsprogramms "Bildung für nachhaltige Entwicklung". Bonn: Dt. UNESCO-Kommission

UNESCO (2016): Bildung 2030. Incheon-Erklärung und Aktionsrahmen. Inklusive und chancengerechte hochwertige Bildung sowie lebenslanges Lernen für alle. Bonn: Dt. UNESCO-Kommission

Sebastian Nell[1]
Simon Goertz[1]
Heidrun Heinke[1]

[1]RWTH Aachen University

Ein interaktives Steckbrett zum Aufbau elektrischer Schaltungen

Motivation

Der Erwerb experimenteller Kompetenzen ist ein wichtiges Ziel schulphysikalischer Bildung. Um Lehrkräfte bei der Planung und Durchführung von Unterricht zur Vermittlung von experimentellen Kompetenzen zu unterstützen, wurde an der RWTH Aachen University die Plattform „FLexKom“ zum **F**ördern und **L**ernen **ex**perimenteller **Kom**petenzen ins Leben gerufen. Auf dieser werden Unterrichtsmaterialien in Modulform angeboten, die eingeordnet in das FLexKom-Modell (vgl. Goertz et al. 2019) bestimmte Teilkompetenzen des Experimentierens fördern. Dabei sind diese Teilkompetenzen aufbauend z.B. auf dem eXkomp-Modell (vgl. Schreiber et al. 2009) den Bereichen Planung, Durchführung und Auswertung eines Experiments zugeordnet. Die Module können flexibel zu Lernzirkeln kombiniert oder einzeln im Unterricht eingesetzt werden. Dabei sind stets die Schülerinnen und Schüler im Sinne einer Schülerorientierung aktiv und bearbeiten die gegebenen Aufgaben eigenständig. In diesem Beitrag wird die Entwicklung eines Moduls zur Planung und zum Aufbau elektrischer Schaltungen vorgestellt.

Zielsetzung des Moduls und Einordnung in das FLexKom-Modell

Planung und Aufbau elektrischer Schaltungen sind fester Bestandteil des Physikunterrichts und werden im Kernlehrplan Physik der Sekundarstufe I im Abschnitt Erkenntnisgewinnung des Inhaltsfeldes „Elektrischer Strom und Magnetismus“ als Lernziele genannt: „Die Schülerinnen und Schüler können

- zweckgerichtet einfache elektrische Schaltungen planen und aufbauen […],
- […] einfache Schaltungen nach Schaltplänen aufbauen“ (vgl. Ministerium für Schule und Bildung des Landes NRW 2019, S. 25).

Im Rahmen des FLexKom-Modells wurde ein Modul entwickelt, das vor allem auf die Förderung der Durchführungs-Kompetenz „Elektronischer Versuchsaufbau“ sowie der Planungs-Kompetenz „Versuchsskizze anfertigen“ abzielt. Hierzu erhalten die Schülerinnen und Schüler Schaltskizzen aus Reihen- und Parallelschaltungen von Widerständen und Glühbirnen, analysieren diese und realisieren die Schaltungen auf dem Steckbrett mit entsprechenden Bauteilen.

Auch dieses Modul soll die eigenständige Arbeit von Schülerinnen und Schülern im Rahmen von Lernzirkeln ermöglichen. Demnach ist es unerlässlich, dass die Schülerinnen und Schüler eine direkte Rückmeldung über die Korrektheit der von ihnen aufgebauten Schaltungen erhalten. Dies wird durch Verwendung eines eigenentwickelten interaktiven Steckbretts erreicht. Funktional soll das Steckbrett…:

- …den Aufbau einfacher Reihen- und Parallelschaltungen ermöglichen,
- …realisierte Schaltungen auf Übereinstimmung mit den vorgegebenen Schaltbildern prüfen,
- …den Schülerinnen und Schülern direkt Rückmeldung geben, ob die von ihnen realisierte Schaltung mit dem vorgegebenen Schaltbild übereinstimmt,
- …den Lehrkräften ermöglichen, möglichst einfach eigene Schaltbilder vorzugeben.

Das Design des interaktiven Steckbretts

Unter Berücksichtigung der genannten Anforderungen wurde das interaktive Steckbrett, welches in Abbildung 1 dargestellt ist, konzipiert. Die verfügbaren Steckplätze können jeweils von Widerständen oder Glühbirnen besetzt oder überbrückt werden. So können die Schülerinnen und Schüler reine Reihenschaltungen mit bis zu sieben Bauteilen aufbauen. Zudem ermöglicht das Steckbrett an fünf Steckplätzen, je zwei Bauteile parallel zu schalten.

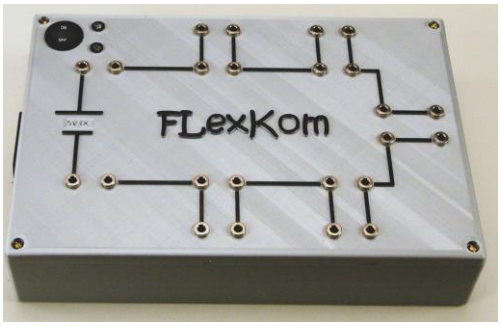


Abb. 1: Vorderansicht des interaktiven Steckbretts.

Im Inneren des Steckbrettes befindet sich ein Arduino, über den die interaktiven Funktionen des Steckbrettes gesteuert werden. Insbesondere ist der Arduino für die Überprüfung der von den Schülerinnen und Schülern realisierten Schaltungen zuständig. Die Überprüfung läuft hierbei wie folgt ab:

Auf dem Arduino ist eine Auswahl verschiedener Schaltungen gespeichert, die jeweils von den Schülerinnen und Schülern aufgebaut werden können. Die Auswahl der jeweils aufzubauenden Schaltung geschieht durch einen zusätzlichen Steckplatz, der seitlich am Steckbrett angebracht ist. Dies ist in Abbildung 2 dargestellt.



Abb. 2: Seitenansicht des interaktiven Steckbrettes mit USB-Anschluss, Batteriefach und einem Steckplatz, der für die Auswahl der auf dem Steckbrett aufzubauenden Schaltung genutzt wird. Hierzu wird der Steckplatz mit einem Widerstand besetzt, der Arduino misst die abfallende Spannung und wählt je nach Spannung eine unterschiedliche Lösungsmenge aus.

Der Arduino misst die am seitlichen Steckplatz abfallende Spannung, worüber diejenige Schaltung kodiert wird, welche die Schülerinnen und Schüler aufbauen sollen. Bauen die Schülerinnen und Schüler nun eine Schaltung auf der Vorderseite auf, so misst der Arduino die an den Steckplätzen abfallenden Spannungen, rekonstruiert mit diesen Werten die Schaltung, welche die Schülerinnen und Schüler realisiert haben und vergleicht dies mit der gegebenen Lösungsmenge. Dabei berücksichtigt der Arduino, dass augenscheinlich verschiedene elektrische Schaltungen aus physikalischer Sicht identisch sein können. Die

Rückmeldung, ob die Schülerinnen und Schüler die gegebene Schaltung korrekt aufgebaut haben, wird über eine grüne (korrekter Aufbau) und eine rote (fehlerbehafteter Aufbau) LED gegeben, die in Abbildung 1 in der oberen linken Ecke zu sehen sind.

Anwendungsmöglichkeiten des Steckbretts

Bisher wurden drei verschiedene Anwendungsmöglichkeiten für das Steckbrett entwickelt. Abbildung 3 zeigt beispielhaft das Schaltbild einer Schaltung, welche von den Schülerinnen und Schülern aufgebaut werden soll. Dies kann eine Aufgabe für den Anfangsunterricht der Elektrizitätslehre sein, in dem die Schülerinnen und Schüler das erste Mal eigene Schaltungen aufbauen. Erste Erprobungen verliefen sehr erfolgreich, das Steckbrett wurde sowohl von Schülerinnen und Schülern als auch von Lehrkräften gelobt. Dabei wurde insbesondere die Feedback-Funktion über die LEDs besonders hervorgehoben.

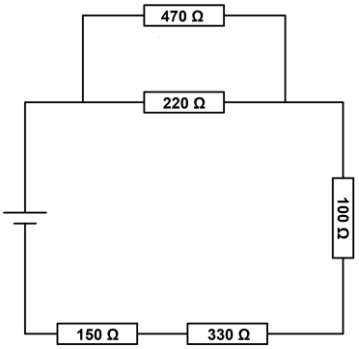


Abb. 3: Darstellung einer Schaltung, die mit dem interaktiven Steckbrett nachgebaut werden kann.

Aufgaben dieser Art können auch in Umsetzung eines Gamification-Ansatzes für den Physikunterricht im Rahmen eines Escape-Games verwendet werden. Eingebettet in ein größeres Rätsel können die Schülerinnen und Schüler eine bestimmte Schaltung aufbauen. Bei korrektem Aufbau erhalten die Schülerinnen und Schüler einen Hinweis oder Gegenstand, den sie in einer nachfolgenden Aufgabe benötigen (vgl. Westphalen 2020).

Für ältere Schülerinnen und Schüler mit fortgeschrittenen Physikkenntnissen kann das Steckbrett auch für eine Aufgabe zur Problemlösung verwendet werden. Hier können beispielsweise sechs Widerstände vorgegeben werden (z.B. 10 Ω, 2 x 50 Ω, 100 Ω, 220 Ω und 330 Ω). Ziel einer solchen Aufgabe kann sein, unter Verwendung aller Widerstände auf dem Steckbrett diejenige Schaltung aufzubauen, die den kleinsten Gesamtwiderstand besitzt.

Zusammenfassung und Ausblick

Unter Einsatz eines Mikrocontrollers wurde ein interaktives Steckbrett für den Aufbau elektrischer Schaltungen mit bis zu 12 Bauteilen entwickelt, das den NutzerInnen im Experimentierprozess ein direktes Feedback über die Korrektheit aufgebauter elektrischer Schaltungen geben kann. Zudem wurden verschiedene Einsatzszenarien für das Steckbrett vorgestellt. Es ist vorgesehen, das Steckbrett dahingehend weiterzuentwickeln, dass der experimentelle Prozess vollständig in seiner Abfolge dokumentiert und somit auch rekonstruiert werden kann. Dies eröffnet einen weiteren Zugang zu innovativen Lehrkonzepten bei der Vermittlung experimenteller Kompetenzen.

Literatur

Goertz, S., Klein, P., Riese, J. & Heinke, H. (2019). Die Plattform „FLexKom“ zur Förderung experimenteller Kompetenzen – Konzept und Einsatzbeispiele. In: PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung 2019, Aachen. Abgerufen am 22.10.2020, von http://www.phydid.de/index.php/phydid-b/article/view/929/1056

Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen (2019). Physik. Kernlehrplan für die Sekundarstufe I Gymnasium in Nordrhein-Westfalen. Abgerufen am 20.10.2020, von https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/lehrplan/208/g9_ph_klp_%203411_2019_06_23.pdf

Schreiber, N., Theyßen, H. und Schecker, H. (2009). “Experimentelle Kompetenz messen?!” In: Physik und Didaktik in Schule und Hochschule (PhyDid) 8.3, S. 92-101.

Westphalen, T. (2020). FLexcape Game – Konzeption eines Escape Games zum Fördern und Lernen experimenteller Kompetenzen. Masterarbeit, kann auf Anfrage an nell@physik.rwth-aachen.de zugesendet werden.

Jenny Meßinger-Koppelt[1]
Ingolf Sauer[1]
Daniel Laumann[2]

[1]Joachim Herz Stiftung
[2]WWU Münster

Ergebnisse der LEIFIphysik Nutzerbefragung 2019

LEIFIphysik umfasst altersgerechte Materialien für den Physikunterricht von der Klasse 5 bis zum Abitur. In 12 Teilgebieten mit ca. 100 Themenbereichen werden physikalische Fragestellungen von der Lichtbrechung bis zum deterministischen Chaos besprochen. Insgesamt zählt das Portal über 6.000 einzelne Seiten und beinhaltet 1.400 Animationen und Simulationen sowie etwa 4.000 Aufgaben mit Lösungen. Mit in der Spitze ca. 678.000 Besuchern pro Monat (Stand 08/2019) gehört www.LEIFIphysik.de zu den größten Internetportalen für Schülerinnen und Schüler im Bereich der Naturwissenschaften und ist das größte Lehr-Lern-Portal für Schulphysik im deutschsprachigen Raum.
Um das Portal den Bedürfnissen der beiden Hauptzielgruppen (Schülerinnen und Schüler sowie Lehrkräfte) weiterzuentwickeln, wird alle drei Jahre eine Befragung der Nutzerinnen und Nutzer durchgeführt. Die im Artikel beschriebene Nutzerbefragung des Jahres 2019 stellt die dritte Umfrage dieser Art nach vorherigen Umfragen in den Jahren 2013 (Joachim Herz Stiftung, 2014) und 2016 (Joachim Herz Stiftung, 2017; Meßinger-Koppelt, Richtberg, & Sauer, 2018) dar und fokussiert insbesondere die mobile Nutzung sowie die (fach)sprachliche Gestaltung der Inhalte.

Methode

Die LEIFIphysik Nutzerbefragung 2019 wurde als anonyme Online-Befragung in Form eines Fragebogens im Herbst 2019 durchgeführt. An der Befragung beteiligten sich N = 3.127 Nutzerinnen und Nutzer (ca. 50 % vollständig ausgefüllte Fragebögen). Dabei werden u. a. die unterschiedlichen Einsatz- und Nutzungsszenarien der Zielgruppen und besondere Bedürfnisse bzw. Anforderungen von Schülerinnen und Schülern sowie Lehrkräften aufgezeigt. Ergänzend stehen für die Analyse Informationen aus Nutzerdaten der sechs letzten Schuljahre aus Google Analytics (Schuljahr 2013/14 bis Schuljahr 2018/19) zur Verfügung, um die Ergebnisse durch Erkenntnisse zum realen Nutzerverhalten zu ergänzen.
An der Nutzerbefragung beteiligten sich überwiegend Schülerinnen und Schüler (ca. 56 %), Lehrerinnen und Lehrer (ca. 28 %) aber auch Studierende (ca. 11 %) sowie sonstige Nutzende (ca. 6 %). Die Daten zeigen einen deutlichen Trend im Hinblick auf die Schulform der teilnehmenden Personen, da die überwiegende Mehrheit das Gymnasium als Ort ihres Lehrens (ca. 68 % der Lehrerinnen und Lehrer) bzw. Lernens (ca. 90 % der Schülerinnen und Schüler) nennt. Weiterhin geben ca. 65 % der Schülerinnen und Schüler an zum Zeitpunkt der Befragung die (gymnasiale) Oberstufe zu besuchen. Das Alter der teilnehmenden Lehrerinnen und Lehrer erscheint homogen über die Altersstufen verteilt.

Ergebnisse – Mobile Nutzung, Tendenz steigend

Die Daten der Analyse zeigen, dass der Anteil von Zugriffen mit dem Smartphone auf LEIFIphysik gegenüber Tablets und Desktop-PCs als digitalen Endgeräten seit dem Schuljahr 2013/14 stetig zunimmt, siehe Abbildung 1. Eine entsprechende Fortsetzung des Trends voraussetzend ist spätestens für das Schuljahr 2020/21 davon auszugehen, dass Zugriffe auf LEIFIphysik am häufigsten über das Smartphone erfolgen.
Die Nutzenden geben weiterhin an, dass nur 28 % der Schülerinnen und Schüler, jedoch 56 % der Lehrerinnen und Lehrer LEIFIphysik nie mit dem Smartphone zu nutzen. Dies erscheint plausibel, da die Gestaltung von LEIFIphysik durchaus die Recherche von Inhalten, die Bearbeitung von Aufgaben oder die Betrachtung von Animationen auf dem Smartphone

erlaubt und somit den Schülerinnen und Schüler sowohl im Unterricht als auch bei der Bearbeitung von Hausaufgaben oder zur Vorbereitung von Prüfungen zur Verfügung steht. Die Planung und Konzeption von Unterricht durch Lehrkräfte kann typischerweise nur schwer mit dem Smartphone realisiert werden, sodass für diese Zielgruppe andere digitale Endgeräte größere Bedeutung besitzen und damit unweigerlich auch für die Nutzung von LEIFIphysik herangezogen werden.

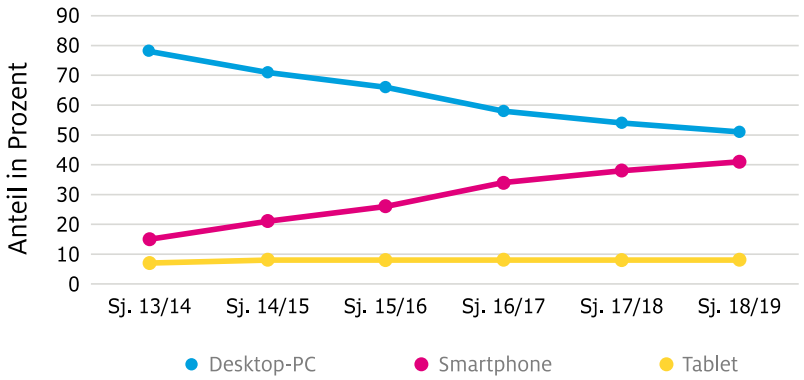


Abb. 1: Anteil der Zugriffe auf LEIFIphysik über verschiedene digitale Endgeräte im zeitlichen Verlauf

Weiterhin ist zu beobachten, dass die Zugriffe auf LEIFIphysik mit Tablets seit dem Schuljahr 2013/14 stagnieren (ca. 8 %). Angesichts der zunehmenden Ausstattung der Schulen mit digitalen Endgeräten, u. a. im Zuge des Digitalpakts Schule (BMBF, 2019), stellt sich die Frage, wie sich die Zugriffe mit Tablets in den kommenden Jahren entwickeln werden. Aufgrund der zu erwartenden Nutzungsszenarien ist jedoch möglicherweise davon auszugehen, dass ein vermehrter Einsatz von Tablets insbesondere als Ersatz für die Nutzung von Desktop-PCs erfolgen wird.

Ergebnisse – Die Sprache auf LEIFIphysik

Aufgrund wissenschaftlicher Erkenntnisse zur Bedeutung der Sprache für die Wissensvermittlung insbesondere auch in der Physik (u. a. Kulgemeyer & Starauschek, 2014; Wodzinski & Heinicke, 2018), erfolgt seit 2016 die inhaltliche und sprachliche Optimierung der Grundwissensseiten von LEIFIphysik. Für die vorliegende Realisierung der Inhalte während der Nutzerbefragung 2019 stimmen grundsätzlich ca. 76 % der Lehrerinnen und Lehrer der Aussage eher bzw. voll und ganz zu, dass die Sprache auf LEIFIphysik für ihre Schülerinnen und Schüler verständlich ist. Bei den Schülerinnen und Schülern selbst ist mit ca. 79 % ein ähnlicher Anteil zu beobachten, siehe Abbildung 2.1.

Analysiert man jedoch die Ergebnisse spezifischer unter Berücksichtigung der Unterscheidung zwischen „stimme eher zu“ und „stimme voll und ganz zu“, schätzen Lehrerinnen und Lehrer die Sprache auf LEIFIphysik für ihre Schülerinnen und Schüler als schwieriger ein als die Schülerinnen und Schüler selbst. Zu berücksichtigen ist hierbei jedoch, dass die Lehrkräfte vermutlich alle Klassenstufen ab Klasse 5 bis zur Oberstufe im Blick haben, von den Schülerinnen und Schülern jedoch hauptsächlich solche aus der Oberstufe an der Umfrage teilgenommen haben. Dieses Ergebnis zeigt sich auch darin, dass 15 % der Lehrerinnen und Lehrer bzw. 11 % der Schülerinnen und Schüler die Texte auf LEIFIphysik inhaltlich als zu schwierig empfinden. 2016 waren es noch 25 % der Schülerinnen und Schüler

und 24 % der Lehrkräfte. Die positive Tendenz könnte ein Ergebnis aus dem 2016 gestarteten Optimierungsvorhaben sein, siehe Abbildung 2.2.

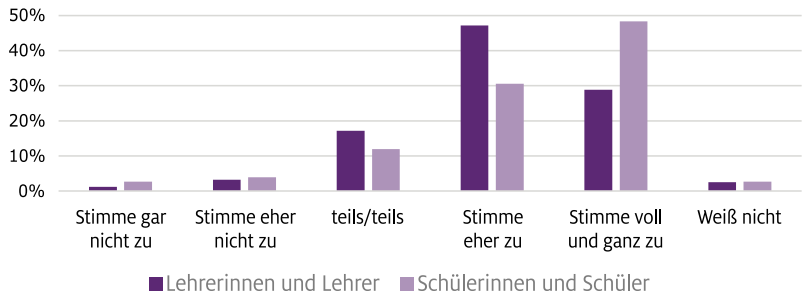


Abb. 2.1: (Subjektive) Einschätzung der Verständlichkeit der Sprache auf LEIFIphysik („Die Sprache der Texte auf LEIFIphysik ist für mich bzw. meine Schüler gut zu verstehen.“)

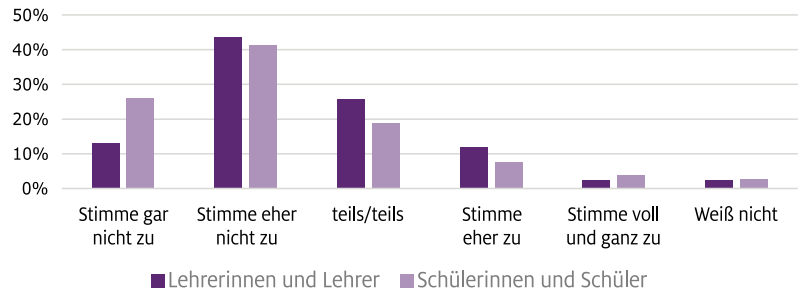


Abb. 2.2: (Subjektive) Einschätzung der Verständlichkeit der Sprache auf LEIFIphysik („Die Texte auf LEIFIphysik sind für mich bzw. meine Schüler inhaltlich zu schwierig.“)

Diskussion und Ausblick

Die Ergebnisse der Nutzerbefragung basieren voll umfänglich auf deskriptiven Analysen und insbesondere im Bereich der Sprache auf Selbsteinschätzungen und damit subjektiven Daten. Insofern lässt die Umfrage keine Rückschlüsse auf mögliche Ursachen der berichteten Ergebnisse zu und es fehlen teilweise objektive Maße zur Validierung der Aussagen. Hinsichtlich der mobilen Nutzung zeigt sich, dass die Nutzungshäufigkeit mit dem Smartphone stark von der Nutzergruppe abhängt. Lehrkräfte nutzen das Portal seltener mit dem Smartphone als Schülerinnen und Schüler. Die Umfrage gibt keine Antwort auf die Ursache dieses Unterschiedes. Ein möglicher Grund könnten die verschiedenen Nutzungsszenarien der beiden Hauptnutzergruppen sein, wie beschrieben. Bezogen auf die Optimierung der Sprache wurden in der Umfrage nur nach (Selbst)Einschätzungen mit Blick auf die Verständlichkeit von Texten und Inhalten berücksichtigt. Inwiefern die Texte tatsächlich richtig verstanden werden, bleibt offen. Interessant wäre zu wissen, wonach eine Lehrkraft bzw. ein Schüler oder eine Schülerin die Texte auf LEIFIphysik als gut verständlich einstufen. Untersucht werden sollte zudem, wie schwer die Texte für Schülerinnen und Schüler unterschiedlicher Schularten sind. Da die meisten Teilnehmenden der Umfrage ein Gymnasium besuchen, ist die Stichprobe im Rahmen der Nutzerumfrage zu klein, um hierfür entsprechende Aussagen treffen zu können.

Literatur

Bundesministerium für Bildung und Forschung [BMBF] (2019). Verwaltungsvereinbarung – DigitalPaket Schule 2019 bis 2024. Verfügbar unter https://www.bmbf.de/files/VV_DigitalPaktSchule_Web.pdf (12.10.2020)

Joachim Herz Stiftung. (2014). Ergebnisse der LEIFIphysik Nutzerumfrage. Verfügbar unter https://www.leifiphysik.de/sites/default/files/medien/leifi_ergebnisse_umfrage2014.pdf (12.10.2020)

Joachim Herz Stiftung. (2017). Ergebnisse der 2. LEIFIphysik Nutzerumfrage. Verfügbar unter https://www.leifiphysik.de/sites/default/files/medien/auswertungnutzerumfrage2016.pdf (12.10.2020)

Kulgemeyer, C. & Starauschek, E. (2014). Analyse der Verständlichkeit naturwissenschaftlicher Fachtexte. In D. Krüger, I. Parchmann, & H. Schecker (Hrsg.), Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung (S. 241-253). Berlin: Springer

Meßinger-Koppelt, J., Richtberg, S., & Sauer, I. (2018). Nutzung und Bedarf: Ergebnisse der 2. LEIFIphysik-Nutzerbefragung. In C. Maurer (Hrsg.), Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht – normative und empirische Dimensionen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Regensburg 2017 (Bd. 38, S. 230-233). Universität Regensburg

Wodzinski, R. & Heinicke, S. (2018). Sprachsensibel Physik unterrichten. Naturwissenschaften im Unterricht Physik, 29 (S.165/166)

Julian Küsel[1]
Silvija Markic[1]

[1]Pädagogische Hochschule Ludwigsburg

Hochschullehre im Flipped Classroom mit interaktiven digitalen Medien

Hintergrund

Die Kultusministerkonferenz fordert die deutschen Hochschulen dazu auf, die „*[…] Chancen der Digitalisierung konsequent zur […] Weiterentwicklung der Lehre […]*“ (KMK, 2019; S. 4) zu nutzen und das „*[…] forschungsbasierte und praxisorientierte Angebote für die digitale Gestaltung der Lehre und Konzepte […]*“ (KMK, 2019; S. 5) entwickelt werden sollen. Für die Weiterentwicklung der digitalen Hochschulbildung werden neue Lehrkonzepte, wie z.B. das Flipped Classroom benötigt (vgl. Becker & Nerdel, 2017). Damit diese Lehrkonzepte jedoch erfolgreich sind, werden neue digitale Lernmedien benötigt, die für Studierende motivierend sind und sie in ihrem Lernen unterstützen. Zu diesem Zweck wurden sogenannte LearningBits konzipiert, programmiert und in unterschiedlichen Lernaktivitäten erprobt und evaluiert.

LearningBits sind neukonzipierte digitale Lernmedien, die an der Pädagogischen Hochschule Ludwigsburg für die unterschiedlichen Veranstaltungen von Lehramtsstudierenden des naturwissenschaftlichen Sachunterrichts und der Chemie entwickelt wurden. Die LearningBits sind interaktiv und adaptiv gestaltet und orientieren sich u.a. am game-based learning und story-based learning. Die lernerzentrierten Medien können in unterschiedlichen Nutzungsszenarien (z.B. Vor- und Nachbereitung, synchron wie asynchron, zuhause und an der Hochschule) eingesetzt werden und sind unabhängig von der Veranstaltung. Die LearningBits bestehen aus kleinen Elementen, wie zum Beispiel einem Sensibilisierungvideo, interaktive Lerninhalte, Selbsteinschätzungsfragen oder interaktive Aufgaben mit adaptivem Feedback. Die LearningBits sind browserbasiert und können so leicht genutzt, geteilt und in Lehrveranstaltungen integriert werden. Integriert in ein Learning-Management-System können Dozierende live sehen kann, wie weit die einzelnen Studierenden mit dem jeweiligen LearningBit sind und wo es eventuell Schwierigkeiten gibt, auf die direkt reagiert werden kann. Es wurden bereits LearningBits zur Reflektion der eigenen Vorstellungen zum guten Unterricht, Sensibilisierung für die Präkonzepte der Schülerinnen und Schüler, Wiederholung und Übung von Inhalten, z.B. zu den Grundlagen des Konstruktivismus oder Levels des inquiry-based learning sowie Vertiefung von Inhalten z.B. zum kooperativen Lernen erstellt (Übersicht: www.visio6.de/LearningBits.pdf)

Forschungsfragen

In der Evaluation der LearningBits waren folgende Forschungsfragen leitend für die Untersuchung:

1. Wie bewerten die Studierenden die genutzten LearningBits?
2. Inwieweit haben die LearningBits Studierende in ihren Lernaktivitäten[1] unterstützt?
3. Welche Elemente der LearningBits haben Studierende besonders unterstützt?
4. Wie bewerten Studierende die Usability[2] der LearningBits?

[1] nach Aebli, 2011 und Reusser, 2014
[2] nach Brooke, 2016

Methode und Stichprobe

Zur Beantwortung der genannten Forschungsfragen wurde ein Mixed-Methods-Design mit quantitativen und qualitativen Daten gewählt. Dabei sollen die Forschungsfragen 1–3 mit einem selbst entwickelten Fragebogen mit quantitativen und qualitativen Anteilen beantwortet werden. Mithilfe der quantitativen System Usability Scale (Brooke, 2016; übersetzt) soll Forschungsfrage 4 bearbeitet werden. Der Begriff Usability beschreibt in kürze die Verwendbarkeit, Benutzerfreundlichkeit und Passung einer Software für die Benutzer und den jeweiligen Nutzungskontext.

149 Studierende des naturwissenschaftlichen Sachunterrichts partizipierten an der Studie. Sie sind im Durschnitt 22,9 Jahre alt und befanden sich im 3–4 Semester ihres Bachelorstudiums. 83,4 % der Teilnehmenden sind weiblich, welches für eine Pädagogische Hochschule typisch ist. Der Befragungszeitraum lag im WS 2019/20 (N = 74) und im SS 2020 (N = 75). Die beiden Gruppen unterscheiden sich, da die Lehre der Studierenden des Sommersemesters 2020 durch die Covid-19-Pandemie digital durchgeführt wurde.

Ergebnisse

1. Wie bewerten die Studierenden die genutzten LearningBits?

In der qualitativen Evaluation (N = 149) äußerten die Studierende, dass die LearningBits erleichterte Einstiege durch Problematisierungen und Sensibilisierungen von Inhalten, selbstständige Wiederholung und Reflektion sowie Veranschaulichungen und Vertiefungen von Inhalten ermöglichen. Die LearningBits sind inhaltlich gut und abwechslungsreich in der Darstellung, mit interaktiven Aufgabenstellungen vielfältig, unterhaltsam, spielerisch, einfach nutzbar, machen Spaß und haben ein gutes Design. In Abb. 1 sind die Ergebnisse der quantitativen Studie dargestellt, die mit hohen Zustimmungswerten die qualitativen Aussagen der Studierenden bestätigen. Beide Gruppen bewerten die LearningBits im qualitativen Teil der Studie sehr ähnlich, jedoch zeigt sich in den quantitativen Daten, dass die Studierenden des Sommersemesters 2020 die LearningBits besser bewerten (M_{WiSe} = 3,67; M_{SoSe} = 4,06).

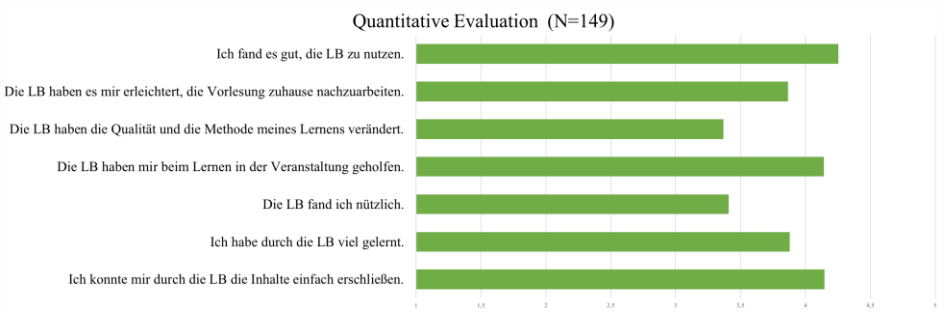


Abb. 1 LearningBits (LB) - quantitative Evaluation

2. Inwieweit haben die LearningBits Studierende in Lernaktivitäten unterstützt?

Die erhobenen quantitativen Daten zeigen (Abb. 2) mit Zustimmungswerten deutlich über 3,7, dass die LearningBits den Studierenden in allen Lernaktivitäten geholfen haben. Beim Aufbauen (Wissen verknüpfen, Verstehen, Strukturieren) und beim Konsolidieren (Wiederholen, Üben) ergeben sich die höchsten Einschätzungen. Die Studierenden des

Sommersemesters 2020 bewerten die LearningBits als unterstützender als die Studierenden des Wintersemester 2019/20 (M_{WiSe} = 3,71; M_{SoSe} = 4,09).

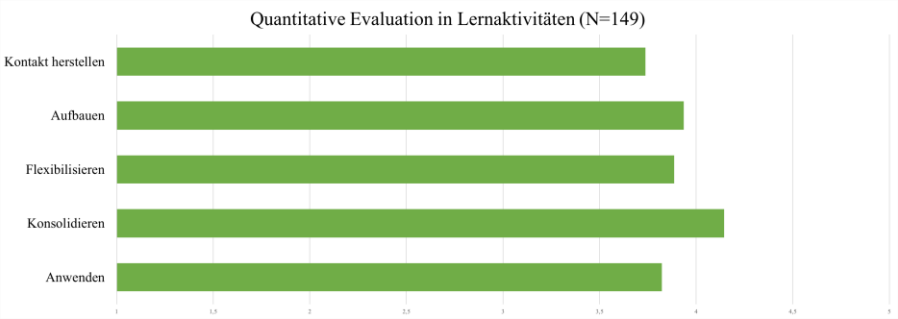


Abb. 2 LearningBits (LB) in Lernaktivitäten

3. Welche Elemente der LearningBits haben Studierende unterstützt?
Erste Ergebnisse zeigen, dass 85 % der Studierenden die Elemente interaktive Aufgaben, interaktive Lerninhalte und Selbsteinschätzungsfragen unabhängig von der Lernaktivität als unterstützend für ihren Lernprozess empfanden. Kollaborative Formate wurden besonders beim Anwenden des Wissens als unterstützend bewertet (70 %). Sensibilisierungvideos wurden besonders beim Kontakt herstellen (70 %) hoch bewertet. Nur 55 % Zustimmung erhielten die Spiel- und kollaborativen Formate beim Flexibilisieren und Konsolidieren. In der Bewertung der Elemente gibt es keine Unterschiede zwischen beiden Studierendengruppen.

4. Wie bewerten Studierende die Usability der LearningBits?
Im System Usability Scale nach Brooke (2016), die eine Likert-Skala von 1–5 aufweist, bewerten die Studierenden die LearningBits mit einem hohen Zustimmungswert von 4,18. Sie evaluieren somit die Verwendbarkeit und Benutzerfreundlichkeit als sehr passend für sich und ihren Lernkontext. Die Studierenden des Sommersemesters 2020 bewerten die Usability höher als die Studierenden des Wintersemesters 2019/20 (M_{WiSe} = 4,01; M_{SoSe} = 4,34).

Diskussion
Die LearningBits unterstützen Studierende in ihrem Lernen und können einen Beitrag dazu leisten, dass z.B. Flipped Classroom-Lehrkonzepte in der Hochschulbildung erfolgreich sind. Dies ist insbesondere auch durch die Unterschiede in den Bewertungen der beiden Gruppen abzulesen. Sie können in allen Lernaktivitäten eingesetzt werden und weisen eine hohe Usability auf. Insbesondere beim Üben und Wiederholen ist die Nutzbarkeit, Lernwirksamkeit und Attraktivität der LearningBits betont worden. Die bessere Bewertung der LearningBits durch die Studierenden des Sommersemesters 2020 lässt sich mit der Online-Lehre begründen, in der Lehrveranstaltungen synchron online und nicht in Präsenz stattfanden.

Basierend auf diesen exemplarischen Ergebnissen kann digitale Hochschullehre mit interaktiven digitalen Medien erfolgsversprechend sein. Deshalb sollten die weitere Entwicklung, Erprobung und Evaluation von interaktiven digitalen Medien von Lehrenden in der Hochschulbildung und in der Schule realisiert werden. Die genutzten Elemente könnten auch in anderen Arten von Medien erfolgreich eingesetzt werden. Mitte 2021 werden die LearningBits als Open Educational Ressource bereitgestellt.

Literatur

Aebli, H. (2011). Zwölf Grundformen des Lehrens: Eine Allgemeine Didaktik auf psychologischer Grundlage. Medien und Inhalte didaktischer Kommunikation, der Lernzyklus (14. Auflage). Stuttgart: Klett-Cotta

Becker, S. & Nerdel, C. (2017). Gelingensbedingungen für die Implementation digitaler Werkzeuge im Unterricht. In J. Meßinger-Koppelt, S. Schanze & J. Groß (Hrsg.). Lernprozesse mit digitalen Werkzeugen unterstützen - Perspektiven aus der Didaktik naturwissenschaftlicher Fächer (S. 36–55). Hamburg: Joachim Herz Stiftung Verlag.

Brooke, J. (2016). SUS: a "quick and dirty" usability scale. In: P. W. Jordan, B. Thomas, B. A. Weerdmeester, & A. L. McClelland (Hrsg.): Usability Evaluation in Industry. London: Taylor and Francis

Kultusministerkonferenz (KMK). (2019). Empfehlungen zur Digitalisierung in der Hochschullehre. Berlin. Abgerufen von: https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/PresseUndAktuelles/2019/BS_190314_Empfehlungen_Digitalisierung_Hochschullehre.pdf.

Reusser, K. (2014). Aufgaben — Träger von Lerngelegenheiten und Lernprozessen im kompetenzorientierten Unterricht. Seminar, 20 (4), 77—101.

Lion Cornelius Glatz[1]
Roger Erb[1]
Albert Teichrew[1]

[1]Goethe-Universität Frankfurt am Main

Interaktive Experimentiervideos zum Teilchenmodell

Digitalisierte Experimente

Sowohl für den Schulunterricht als auch für die Hochschullehre bieten virtuelle Lernangebote vielfältige Chancen und zeichnen sich besonders durch zeitliche und räumliche Flexibilität aus. Sie können allerdings auch auf Grenzen stoßen, was in den naturwissenschaftlichen Fächern insbesondere beim Experimentieren deutlich wird.

Interaktive Experimentiervideos können hier eine Lösung sein und auch in nichtvirtuellen Lernkontexten eine bereichernde Ergänzung für den Unterricht darstellen. Dabei handelt es sich um Videos von Experimenten, die mit digitalen Werkzeugen so aufbereitet wurden, dass Nutzer*innen auf den dargestellten Inhalt wesentlichen Einfluss nehmen können und somit in die Rolle der virtuell experimentierenden Person schlüpfen. Dies soll die Möglichkeit bieten, die Experimente selbständig und mit individuellem Tempo zu bearbeiten. Gleichzeitig dienen die interaktiven Elemente einer vertieften Auseinandersetzung mit den fachlichen Inhalten der Experimente und geben die Möglichkeit, den Fokus auf die für den Lernprozess relevanten Aspekte zu legen.

Im Falle der Struktur der Materie als Lerngegenstand ist dies besonders von Vorteil. Selbst ein verhältnismäßig einfaches Teilchenmodell, welches sich für die Einführung in der Sekundarstufe I eignet, setzt sich aus zahlreichen Aspekten zusammen, die verstanden werden müssen (Hofmann & Erb, 2018). Um diese gezielt vermitteln zu können, bieten sich interaktive Experimentiervideos an.

Als Schwierigkeit bleibt jedoch bestehen, dass Eigenschaften des Teilchenmodells auch mit Hilfe von Experimenten nicht direkt beobachtet werden können, sondern nur auf indirekte Weise darauf geschlossen werden kann. Aus diesem Grund soll in einem aktuellen Forschungsprojekt die Überzeugungskraft von Experimenten zum Teilchenmodell anhand standardisierter Experimentiervideos untersucht werden. Vor dem Hintergrund, dass sich individuelle Vorstellungen zum Aufbau der Materie bei Schüler*innen der Sekundarstufe I aus verschiedenen Quellen zusammensetzen, wird außerdem von Interesse sein, inwieweit und welche Experimentiervideos zu einer positiven Beeinflussung des individuellen Teilchenbildes beitragen.

Seminarkonzept

Am Institut für Didaktik der Physik der Goethe-Universität Frankfurt am Main werden im Rahmen eines fachdidaktischen Seminars zur modernen Physik interaktive Experimentiervideos zum Teilchenmodell erstellt. Die Veranstaltung hat zum einen das Ziel, Student*innen eine vertiefte Auseinandersetzung mit den fachlichen Inhalten zu ermöglichen (Teilchenmodell als erster Kontaktpunkt zur modernen Physik). Zum anderen soll die didaktische Perspektive hervorgehoben werden, indem die Seminarteilnehmer*innen die

Aufgabe erhalten, die Experimentiervideos insofern interaktiv zu gestalten, dass sie als Unterstützung für die Einführung des Teilchenmodells in der Sekundarstufe I geeignet sind.

Dafür erhalten die Student*innen unbearbeitete, lediglich zusammengeschnittene Videomaterialien zu den Experimenten. Mithilfe des online-Tools H5P (https://h5p.org) haben sie in Gruppenarbeit die Möglichkeit, diese Videos interaktiv zu gestalten. Als Hilfestellung wurden mehrere Komponenten formuliert (s. Tabelle 1). Diese sollen als interaktive Anteile in den Videos erscheinen und haben zum Ziel, beim späteren Bearbeiten der Experimentiervideos durch Schüler*innen die Erkenntnisgewinnung zu unterstützen und viel Entscheidungsfreiheit zu ermöglichen.

Komponente	**Ziel**
Zu vermittelnder Aspekt des Teilchenmodells	durch das Experiment zu überprüfende Modellaussage einführen (angelehnt an den Kreislauf der Erkenntnisgewinnung, vgl. Teichrew & Erb, 2018)
Ziel und Aufbau des Experiments	erhöhte kognitive Verarbeitung des Aufbaus sicherstellen (vgl. Watzka et al., 2019, S. 26)
Hypothesenbildung/-auswahl	Überprüfung von Hypothesen durch das Experiment ermöglichen
Nicht-lineare Bearbeitung	individuelles Bearbeitungstempo und wählbare Bearbeitungsreihenfolge ermöglichen
Lern- und Aufmerksamkeitskontrollen	oberflächliche Bearbeitung des Experiments vermeiden (vgl. Schaumburg & Prasse, 2019, S. 183)
Optionale, zusätzliche Hilfen	Binnendifferenzierung ermöglichen
Auswertung des Experiments	klaren Bezug zum Teilchenmodell herstellen

Tabelle 1: Komponenten der interaktiven Experimentiervideos

Um eine Umsetzung dieser Komponenten unter Berücksichtigung der Designprinzipien multimedialen Lernens von Mayer (2009, zit. n. Girwidz, 2015) und des Universal Design for Learning (vgl. Meyer et al., 2014) zu fördern, besteht der erste Teil des Seminarkonzepts aus einer Unterstützungsphase, in welcher die nötigen Grundlagen eingeführt werden. Diese beinhalten zum einen die fachlichen Aspekte der Experimente und zum anderen die technisch-didaktischen Details zur Umsetzung des Arbeitsauftrags (s. Abbildung 1).

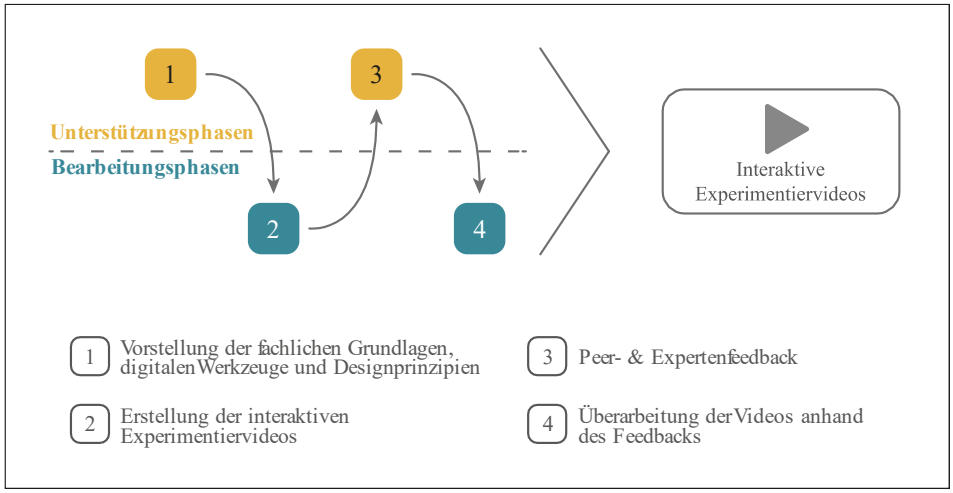


Abbildung 1: Schematischer Ablauf des Seminarkonzepts

Nach der ersten einführenden Phase wird der Arbeitsauftrag in Gruppenarbeit durchgeführt und besteht aus zwei Bearbeitungsphasen (2 und 4), die durch eine ausgiebige Phase des Peer- und Expertenfeedbacks (3) getrennt werden. Der gesamte Prozess wird durch wöchentliche Video-Updates über die Lernplattform der Goethe-Universität begleitet. Dort haben die Student*innen jederzeit Zugriff auf Begleitmaterialien und Hilfestellungen für die Bearbeitung der Videos sowie die Möglichkeit miteinander zu kommunizieren.

Die Produkte der Student*innen werden auf einer dafür eingerichteten Website gesammelt und dienen zum einen der fachdidaktischen Diskussion zwischen den Seminarteilnehmer*innen und zum anderen als Grundlage für das weitere Forschungsvorhaben zu Experimenten zum Teilchenmodell (einzusehen unter https://physikexperimentieren.uni-frankfurt.de/digitalisiert).

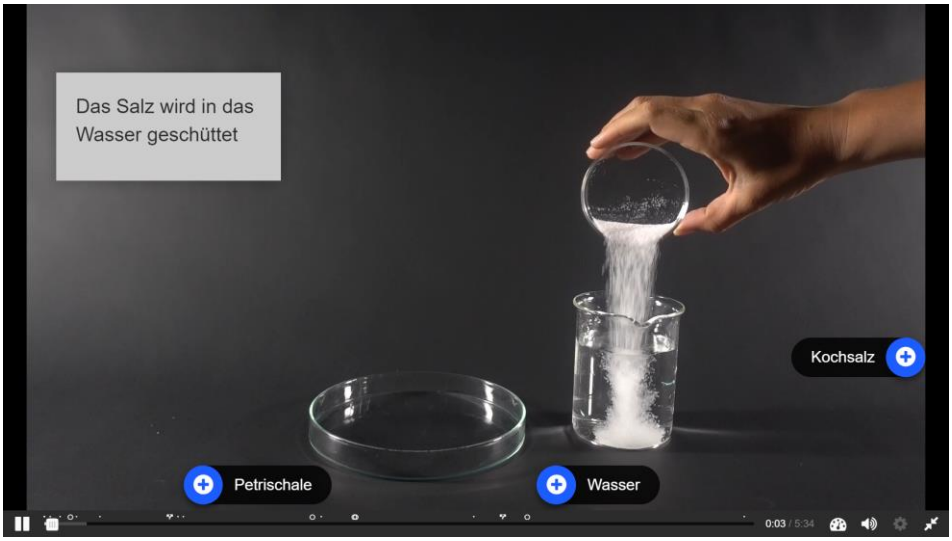


*Abbildung 2: Bildschirmfoto aus einem von Student*innen erstellten interaktiven Experimentiervideo zum Teilchenmodell*

Ausblick

Die im Rahmen des Seminars zur modernen Physik entstandenen interaktiven Experimentiervideos sind Teil des Forschungsprojektes, welches die Überzeugungskraft von Experimenten zum Teilchenmodell untersucht.

Nach einer finalen Überarbeitung und Qualitätsprüfung der interaktiven Experimentiervideos sollen diese Teil einer einheitlichen, digitalen Lernumgebung werden. In einer Interventionsstudie soll dann untersucht werden, welche Experimente für die Einführung des Teilchenmodells in der Sekundarstufe I geeignet sind. Von Interesse wird dabei das Konzeptwissen der Schüler*innen zum Aufbau der Materie sein, deren Akzeptanz gegenüber des präsentierten Teilchenmodells sowie das Potential der Experimente, die fachlichen Inhalte überzeugend zu vermitteln.

Literatur

Girwidz, R. (2015). Multimedia unter lerntheoretischen Aspekten. In E. Kircher, R. Girwidz, & P. Häußler (Hrsg.), *Physikdidaktik: Theorie und Praxis* (3. Auflage). Springer Spektrum.

Hofmann, M., & Erb, R. (2018). Zur Überzeugungskraft von Experimenten zum Teilchenmodell. *PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*.

Meyer, A., Rose, D. H., & Gordon, D. (2014). *Universal design for learning: Theory and practice*. CAST Professional Publishing, an imprint of CAST, Inc.

Schaumburg, H., & Prasse, D. (2019). *Medien und Schule: Theorie - Forschung - Praxis*. Verlag Julius Klinkhardt.

Teichrew, A., & Erb, R. (2018). Implementierung modellbildender Lernangebote in das physikalische Praktikum. *PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*. http://www.phydid.de/index.php/phydid-b/article/view/874

Watzka, B., Richtberg, S., Schweinberger, M., & Girwidz, R. (2019). Interaktiv üben mit H5P-Aufgaben. *Naturwissenschaften im Unterricht - Physik, 173*, 22–27.

Gerrit Albert[1]
Josef Riese[1]

[1]RWTH Aachen University

Digitale Kompetenzen im Techniklehramt

Es steht fest, dass der Alltag unserer Zeit zu einem hohen Grad von technischen und digitalen Werkzeugen, Produkten und Geräten bestimmt ist. Smartphone und ein ständiger Kontakt zum Internet sind längst Teil der Lebenswirklichkeit fast aller Menschen geworden. Auch die deutsche Bildungslandschaft steht schon seit einigen Jahren vor den Herausforderungen der sogenannten Digitalisierung, also der Umsetzung und Überführung der neuen Medien in einen schulischen und pädagogischen Kontext. Dazu sind in den letzten Jahren auf bildungspolitischer Seite Rahmenbedingungen definiert worden, wozu u.a. das Handlungskonzept »Bildung in der Digitalen Welt« der Kultusministerkonferenz (2016) und der Medienkompetenzrahmen des Landes Nordrhein-Westfalen (2018) gehören.

Im Rahmen des von Bund und Ländern finanzierten Förderprogrammes »Qualitätsoffensive Lehrerbildung« haben sich jetzt alle zwölf lehrerbildenden Universitäten in Nordrhein-Westfalen (NRW) zum Verbund »Communities of Practice NRW für eine innovative Lehrerbildung« (ComeIn) (https://www.uni-due.de/comein/) zusammengeschlossen, um digitalisierungsbezogene Module, Lehr- und Lernmaterialien und Konzepte zu entwickeln sowie die digitalisierungsbezogenen Kompetenzen von Lehrkräften in allen drei Ausbildungsphasen (Universität, Vorbereitungsdienst, Fortbildung) zu fördern. Dazu arbeiten erstmals Akteure aller drei Phasen innerhalb dieses Projektes zusammen. Organisiert in themenbezogenen Fachgruppen, den sog. »Communities of Practice« (CoP), (Albion et al., 2015) sollen hier die Akteure ihre Erfahrung einbringen und in Zusammenarbeit konkrete Produkte für die Digitalisierung der Lehrerbildung entwickeln.

Seminarkonzept und Durchführung
Im Rahmen der CoP MINT wurde an der RWTH Aachen ein Seminarkonzept entwickelt, um die digitalisierungsbezogenen Kompetenzen zukünftiger Techniklehrkräfte zu fördern. Dieses Konzept wurde im Sommersemester 2020 erstmals erprobt und basiert auf einer modulartigen Struktur, in der neben festen, rahmenden Sitzungen zu Beginn bzw. zum Abschluss einzelne Sitzungen im Mittelteil jeweils austausch- und erweiterbar konzipiert sind. So ist eine flexible Struktur geschaffen, in der die einzelnen Sitzungen je nach Bedürfnis der Lehre bzw. den technologischen Neuheiten verändert und auch semesterweise variiert werden können um beispielsweise einen Themenrotation durchzuführen und die Attraktivität für nochmalige Besuche zu erhöhen. Perspektivisch sollen Auszüge des Seminarkonzepts nach der Erprobung und Verfeinerung an der Universität mit Blick auf die 3. Phase auch in der Lehrerfortbildung fruchtbar eingesetzt werden können.

Bei der ersten Durchführung im Sommersemester 2020 unter „Coronabedingungen“ wurden zu Beginn zwei Sitzungen zu den Themen »Wahrnehmungstheorie« und »Informationsmodelle« durchgeführt, in denen z.B. die Theorie des multimedialen Lernens von Mayer (2009), das TPACK-Modell von Mishra und Koehler (2006) und verschiedene Informationsverarbeitungstheorien vorgestellt wurden. Die restlichen Sitzungen wurden von den Teilnehmern unter Vorgabe von Oberthemen wie »Simulationen und CAD« oder »Technikunterricht über die Ferne« gestaltet. Das ursprüngliche Konzept mit Präsenzlehre sah hier vor, dass die Studierenden einen kurzen Ausschnitt aus einer Unterrichtssequenz vorstellen und das jeweils vorgestellte digitale Werkzeug auch wirklich in einem kurzen

simulierten Unterrichtsausschnitt vorführen beziehungsweise zur Vorführung zur Verfügung stellen. Aufgrund der besonderen Situation und bedingt durch die Einschränkungen, die mit einer Durchführung per Videokonferenz einhergehen, wurde das Konzept insofern abgeändert, dass die simulierten Unterrichtssequenzen der Vorstellung der Planung einer hypothetischen Unterrichtsstunde im Fach Technik unter Einbeziehung des Sitzungsthemas mit virtueller Demonstration des digitalen Tools gewichen ist.



Abb1: Seminarkonzept und beispielhafte Struktur

Schwerpunktthema Erklärvideos

Sowohl im Seminar, als auch in der CoP MINT hat sich das Thema »Erklärvideos« als ein wichtiger Aspekt der digitalen schulischen Lehre herausgestellt. Bedingt durch die Corona-Epidemie ist hier auch zusätzlich der Aspekt der Aktualität hinzugekommen, da momentan viele Lehrveranstaltungen und Unterrichte mit videotechnischer Unterstützung aufgezeichnet werden, um auch über die Distanz das Lernen zu ermöglichen. Da dieses Thema noch relativ neu ist, fehlt es nicht nur an Erfahrung mit dem Erstellen von Erklärvideos sondern insbesondere auch an Hilfen zur Einordnung der Qualität und didaktischen Sinnhaftigkeit dieser. Sowohl bei der Erstellung eigener Erklärvideos als auch bei der Bewertung bereits vorhandener Erklärvideos fehlen Lehrkräften konkrete Kategorien, anhand derer sie das Erklärvideo entwickeln und beurteilen können, ob es auch für den Unterrichts-Einsatz geeignet ist. Als erstes Ergebnis wurde daher aufbauend auf bereits vorliegenden Kriterienrastern für effektive Erklärvideos von Kulgemeyer (2018) unter Zuhilfenahme von diversen fachlich ausgearbeiteten Materialien (u.a. Kulgemeyer & Peters, 2016; Hochschule Heidelberg, 2020; Film + Schule NRW 2020; Sterzing, 2020) eine Synthese von Kriterien für gute Erklärvideos entwickelt, die eine möglichst umfangreiche und abschließende Bewertung von Erklärvideos im pädagogischen Kontext ermöglichen soll (Ausschnitt Abb. 2). Durch Zusammenführung der einzelnen Kriterien aus den genannten Arbeiten wurde eine Gesamtsammlung geschaffen, die dann anhand der Oberkriterien von Kulgemeyer (2018)

kategorisiert wurde und schließlich sinnvoll reduziert und sortiert wurde. Die fertige Tabelle umfasst als erstes Arbeitsergebnis knapp 110 Einzelkriterien. Für den praktischen Einsatz in der Schule soll noch eine reduzierte Version erstellt werden, die mit weniger Umfang eine trotzdem möglichst gute Bewertung von Erklärvideos im Schulalltag ermöglich soll.

Kategorie	Einzelaussagen	Konkretes Bewertungskriterium	Zusammenfassung	Anwendbar auf Fach Technik
		OER-Materialien oder CC-Materialien werden verwendet.		
Rahmenbedingung	Urheberrecht beachten (OER-Materialien oder CC verwenden und auf korrekte Verwendung der jeweiligen CC-Lizenz achten)	Das Urheberrecht wird beachtet. Keine unrechtmäßige Verwendung von geschütztem Material. Quellenangaben sind vorhanden	Rahmenbedingungen (vom Inhalt unabhängig) sollen beachtet werden. Urheberrecht und Lizenzen müssen berücksichtigt werden. Gute Video- und Tonqualität sind wichtig	Ja
	gute Audioaufnahme (Sprache ist klar verständlich)	Gute Audioaufnahme (Sprache ist klar verständlich)		
	ist technisch sauber produziert (ruckelfrei, keine Störgeräusche, ...).	Technisch saubere Produktion (ruckelfrei, keine Störgeräusche, Videoqualität, ...)		
Einbettung: Nur bei neune, komplexen Prinzipien verwenden	Neues, komplexes Prinzip	Es wird ein neues komplexes Prinzip erklärt, bei dem wenig Vorwissen zu erwarten ist.	Berücksichtigung eines Tests etc. bei neuen Konzepten	Ja
	Im Video wird ein komplexes Prinzip angemessen elementarisiert	Das Prinzip wird unter Anwendung didaktischer Kriterien elementarisiert.		
Einbettung: Anschließende Lernaufgaben	Anschließende Lernaufgaben	Das Video wird mit abschließenden Lernaufgaben unterstützt.	Nachfolgende Aufgaben, welche Möglichkeiten zur Vertiefung/zum Üben bieten	Begrenzt. Arbeitsblätter etc. sind möglich. Übungen mit notwendigem Werkstattzugriff nicht.
	Gibt es eine Möglichkeit zur Selbstkontrolle/interaktives Video (z.B. ein Quiz)?	Das vermittelte Wissen wird abgefragt. Entweder während des Videos oder danach.		
	Gibt es begleitende Aufgaben?			
	Im Video werden nachfolgende Aufgaben zur Vertiefung vorgeschlagen	Es finden Verweise auf weiterführende Erklärungen bzw. Aufgaben statt.		

Abb.2: Ausschnitt der ersten drei Kategorien aus der Synthese der Kriterien für Erklärvideos

Perspektive

Es ist vorgesehen das Thema »Erklärvideos« innerhalb des Seminares noch weiter in den Vordergrund zu rücken. Dazu soll im Wintersemester 2020/2021 anhand der vorgestellten Kriterien mit Erklärvideos gearbeitet und auch kurze Eigenproduktionen erstellt werden. Perspektivisch soll nach dem Vorbild von ProfiLe-P+ ein Kompetenztest in Form einer Handlungsprobe für das Lehramt Technik für den Bereich der Unterrichtsplanung entwickelt werden, in dem neben digitalen Werkzeugen wie Mikrocontroller und 3D-Druck auch Erklärvideos als Bestandteil der Planung einer Technikstunde mit Schwerpunkt Konstruktionsaufgabe eine Rolle spielen, indem z.B. ein Erklärvideo didaktisch begründet ausgewählt und sinnvoll in den geplanten Unterrichtsverlauf integriert werden soll.

Literatur

Albion, P. R., Tondeur, J., Forkosh-Baruch, A., & Peeraer, J. (2015): Teachers' professional development for ICT integration:
Towards a reciprocal relationship between research and practice. Education and Information Technologies, 20(4), 655-673

FILM+SCHULE NRW: https://www.lwl.org/film-und-schule-download/Unterrichtsmaterial/Erkl%c3%a4rvideos-im-Unterricht.pdf (19.8.2020)

KMK (2016): Bildung in der digitalen Welt – Strategie der Kultusministerkonferenz neuen KMK-Standards Lehrerbildung BilWiss.

Mayer, R. E. (2009): Multimedia Learning (2nd ed.). New York: Cambridge University Press.

Ministerium für Schule und Bildung des Landes NRW: Medienkompetenzrahmen NRW.

https://medienkompetenzrahmen.nrw.de, 2018.

Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006): Technological pedagogical content knowledge: A framework for integrating technology in teachers' knowledge. Teachers College Record, 108 (6), S. 1017–1054.

Kulgemeyer, Christoph (2018): A Framework of Effective Science Explanation Videos Informed by Criteria for Instructional Explanations. In: Res Sci Educ.

Kulgemeyer, Christoph & Peters, Cord H. (2016): Exploring the explaining quality of physics online explanatory videos. In: Eur. J. Phys. 37 (6).

Pädagogische Hochschule Heidelberg:

https://wiki.zum.de/wiki/PH_Heidelberg/Bausteine/Videos_im_Unterricht#Einsatz_von_Videos_im_Unterricht (21.8.2020).

Sterzing, Fabian (2020): https://umfragen.uni-paderborn.de/index.php/349748?lang=de (4.8.2020).

Dorothee Ermel[1] [1]RWTH Aachen University
Josef Riese[1]

Praktische technische Kompetenzen im Techniklehramt

Das Unterrichtsfach Technik ist in allgemeinbildenden Schulen auch aufgrund des stärker werdenden Einflusses von Technik auf unseren Alltag immer öfter vertreten. Die steigende Anzahl an Schulen mit Technikunterricht bewirkt eine erhöhte Nachfrage an regulär qualifizierten Techniklehrkräften. So kann in NRW der aktuelle Bedarf an den rund 630 Schulen mit Technikunterricht (MSB, 2020) kaum gedeckt werden. Angesichts dessen wurde an der RWTH Aachen unter Federführung der Physikdidaktik ein Lehramtsstudiengang Technik für Gymnasien und Gesamtschulen konzipiert. Hierfür wird ein Fachpraktikum im Sinne der didaktischen Rekonstruktion entwickelt, in dem berufsrelevante praktische Kompetenzen zum Umgang mit technischen Versuchen, Materialien und Geräten erworben werden sollen. Dieser Beitrag stellt den theoretischen Rahmen, das Forschungsdesign, die zentralen Aspekte der Praktikumsentwicklung sowie ausgewählte Ergebnisse vor.

Anforderungen an zukünftige Techniklehrkräfte

Im Hinblick auf die Konzeption fachpraktischer Lerngelegenheiten im Lehramtsstudium ist zu bedenken, dass sich das Fach Technik durch seine Aktualität und einen hohen Anteil an praktischen Tätigkeiten auszeichnet. Dies sollte sich auch in der Ausgestaltung des Lehramtsstudiums widerspiegeln, indem praktische Methoden und Verfahren des Technikunterrichts berücksichtigt werden. Hierzu gehören unter anderem Produktanalysen, Projektbearbeitungen, Konstruktions- und Fertigungsaufgaben sowie das technische Experiment (Bleher, 2001, S. 178 und Hüttner, 2009). So sollten Techniklehrkräfte technische Produkte und Systeme nutzen und warten können und imstande sein, Technik „praktisch umzusetzen“ (ITEA-Standards, 2003, S.44 und Höpken, Osterkamp & Reich, 2004, S.64). Auch sollen sie „über praktische Kompetenzen [verfügen], um Werkzeuge, Werkzeugmaschinen und Vorrichtungen im Unterricht […] einsetzen zu können“ (KMK, 2008, S.14). Nach den Vorgaben des VDI sollen angehende Techniklehrkräfte dementsprechend eine „Einführung […] in den Bereichen Planen, Konstruieren, Herstellen, Bewerten, Verwenden und Entsorgen“ (VDI, 2006, S.9) erhalten.

Forschungsziel und –design

Vor diesem Hintergrund besteht das zentrale Ziel dieser Arbeit in der theorie- und empiriegeleiteten Entwicklung und Evaluation eines bedarfsgerechten Fachpraktikums für Lehramtsstudierende im Fach Technik, das dazu befähigen soll, die Herausforderungen praktischer Tätigkeiten im Fach Technik zu meistern. Für die Entwicklung und Evaluation wird unter Nutzung des Modells der didaktischen Rekonstruktion (Theyßen, 1999) das Praktikum nach dem Design-Based Research-Ansatz (Reinmann, 2005) in mehreren Iterationen weiterentwickelt. Abb. 1 stellt das Forschungsdesign zur Praktikumsentwicklung dar und verdeutlicht, inwiefern die drei zentralen Forschungsaspekte der didaktischen Rekonstruktion berücksichtigt werden. Die fachliche Perspektive klärt die „Zielsetzung der zu entwickelnden Lernumgebung und die Sachstrukturanalyse“ (Theyßen, 2006, S. 35). Dies geschieht in Form zweier Bedarfsanalyse. Durch eine Sichtung normativer Vorgaben und fachbezogener Literatur werden die Inhalte vorstrukturiert, um dann induktiv durch

Experteninterviews von Techniklehrkräften und Fachleitungen ergänzt und fokussiert zu werden. Die Lernerperspektive zur Klärung der Lernziele und Lernbedingungen soll Aufschluss „über die individuellen Lernvoraussetzungen sowie die Bedeutungsentwicklung- und Lernprozesse der Studierenden“ (Theyßen, 1999, S.19) geben. Dafür werden zunächst die Vorerfahrungen und Fähigkeiten der Studierenden zu den Praktikumsinhalten festgestellt und mittels Selbsteinschätzung Lernerfolge eingeschätzt. Der dritte Bereich, die didaktische Strukturierung, beinhaltet die Konzeption, Erprobung und Evaluation des Praktikums (Theyßen, 2006, S. 35), welche in einem iterativen Prozess erfolgt.

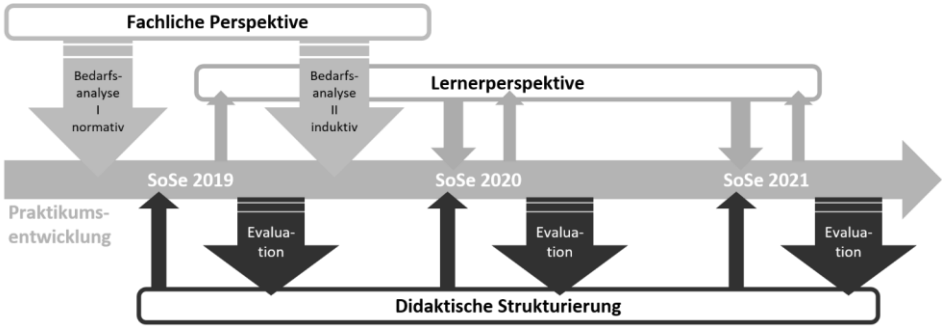


Abb. 1: Forschungsdesign nach dem Modell der didaktischen Rekonstruktion

Praktikumsentwicklung mit didaktischer Rekonstruktion

Im Folgenden werden die drei Aspekte der didaktischen Rekonstruktion genauer erläutert, die methodische Herangehensweise dargestellt und ausgewählte Ergebnisse vorgestellt.

Die **Fachliche Perspektive** wurde in einem ersten Schritt durch eine umfassende Literaturrecherche und Sichtung normativer Vorgaben berücksichtigt, wonach bei der Einführung der angehenden Techniklehrkräfte in praktische technische Inhalte u.a. die folgenden Punkte aus einer eher generischen Perspektive beachtet werden sollten:

- Durch vielfältige Bezugsdisziplinen ist die Fachpraxis durch eine geeignete Auswahl und Gestaltung von Beispielen bestimmt.
- Stark variierende Rahmenbedingungen an Schulen hinsichtlich Ausstattung und Umfang des Technikunterrichts erfordern Anpassungsfähigkeit von Techniklehrkräften.
- Methoden des Technikunterrichts (z.B. Fertigung oder Projekt) erfordern unterschiedliche praktische Kompetenzen.

Davon ausgehend soll eine weitere empirische Klärung erfolgen, indem die folgende Forschungsfrage beantwortet wird: *Welche fachpraktischen Kompetenzen und Themenfelder sind aus Sicht von Fachleitungen und Schulpraktiker*innen für angehende Techniklehrkräfte von besonderer Bedeutung?* (FF1)

Zur Beantwortung von FF1 sollen die theoretisch identifizierten zentralen Anforderungsbereiche weiter fokussiert und gegebenenfalls ergänzt werden, indem leitfadengestützte Experteninterviews mit insgesamt 16 Techniklehrkräften (davon 3 Fachleitungen) aus 11 verschiedenen Schulen in NRW geführt wurden. Die Auswertung erfolgt durch qualitative Inhaltsanalyse nach Mayring (2015). Das hierfür entwickelte Kategoriensystem besteht aus den drei in Abb. 2 dargestellten, aufeinander bezogenen Hauptkategorien. So wurden in den Interviews die Lehrkräfte unter anderem nach typischen

praktischen Vorhaben und Tätigkeiten in der Schule gefragt. Des Weiteren gaben die Lehrerinnen und Lehrer Bewertungen von verschiedenen technischen Geräten ab und nannten hilfreiche und wünschenswerte Inhalte für das Lehramtsstudium im fachpraktischen Bereich. Zusammenfassend ergaben sich für die jeweilige Hauptkategorie die folgenden Ergebnisse:

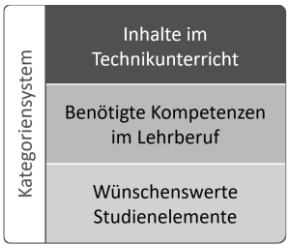


Abb. 2: Kategoriensystem zur Interviewauswertung

- Praktische Inhalte können auf verschiedene Inhaltsbereiche aufgeteilt werden: Elektronik, Robotik, CAM, Energie, Holz/Metall/Kunststoff
- Fehleranalyse und Hilfestellungen bzw. -vorrichtungen sind für das Unterrichten von praktischen Tätigkeiten besonders bedeutsam.
- Eine Durchführung von praktischen Schülerprojekten seitens der Studierenden im Studium wird als sehr hilfreich gewertet, jedoch ist eine Unterscheidung von Fertigung, Experiment und Projekt sinnvoll.

Die Berücksichtigung der **Lernerperspektive** führt zu einer zweiten Forschungsfrage: *Welche fachpraktischen Kompetenzen sind bei den Studierenden bereits vorhanden?* (FF2)
Zur Beantwortung von FF2 wird ein Fragebogen zu den Vorerfahrungen der Studierenden eingesetzt, bei welchem das inhaltsspezifische (bzgl. der Ergebnisse von FF1) und das allgemeine Vorwissen durch Selbsteinschätzung der Studierenden ermittelt wird. Erste Ergebnisse lauten wie folgt:

- Die Studierenden beginnen das Studium mit sehr unterschiedlichen Grundvoraussetzungen was den allgemeinen Bereich betrifft, da etwa zwei Drittel der befragten Studierenden kein Technikunterricht in der Schule gehabt hat.
- Viele Zweitfächer liegen nicht im MINT Bereich (ein Drittel der Studierenden hat bspw. Deutsch als Zweitfach).
- Einige Studierende können bereits eine Ausbildung oder ein Studium in einem technischen Bereich vorweisen.

Als Konsequenz aus der Betrachtung der Lernvoraussetzungen wird deutlich, dass eine Differenzierung nötig ist. Diese bezieht sich einerseits auf die konkreten themenspezifischen Praktikumsinhalte, andererseits aber auch auf allgemeine praktische technische Tätigkeiten.
Die **didaktische Strukturierung** des Praktikums findet schließlich im Rahmen einer dritten Forschungsfrage Berücksichtigung: *Welche Strukturelemente des Praktikums begünstigen den Erwerb einzelner fachpraktischer Kompetenzen im Laufe des Praktikums?* (FF3)
Zur Beantwortung dieser Forschungsfrage sollen einerseits Portfolios analysiert werden, die von den Studierenden angefertigt werden und die sich auf die Bearbeitung von drei zentralen Themenbereichen (Elektronik und Löten, Robotik und Programmieren, Fertigungstechnik und Designen) beziehen. Darin dokumentieren sie die bearbeiteten Aufgaben, geben Feedback zum Praktikum und schätzen den eigenen Lernzuwachs ein. Andererseits soll die Evaluation durch einen Fragebogen zur Praktikumsqualität PraQ (Rehfeldt, 2017) erfolgen.

Ausblick

Auf Grundlage der Ergebnisse der fachlichen Perspektive soll ein Kompetenzraster entwickelt werden, welches sich einerseits auf konkrete praktische technische Inhalte bezieht und andererseits die benötigten praktischen Kompetenzen der Lehrkräfte aufgreift. Zusätzlich soll das Raster zur Evaluation des Praktikums dienen und als Orientierung für die Entwicklung eventueller weiterer Praktika oder zur Anpassung bestehender Praktika genutzt werden.

Literatur

Bleher, W. (2001). Das Methodenrepertoire von Lehrerinnen und Lehren des Faches Technik. Eine empirische Untersuchung an Hauptschulen in Baden-Württemberg (Didaktik in Forschung und Praxis, Bd. 3). Hamburg: Verlag Dr. Kovac.

Höpken, G., Osterkamp, S. & Reich, G. (Hrsg.). (2004). Standards für eine allgemeine technische Bildung. Wie man die Qualität technischer Bildung verbessert (Bd. 2). Villingen-Schwenningen: Neckar-Verlag GmbH.

Hüttner, A. (2009). Technik unterrichten. Methoden und Unterrichtsverfahren im Technikunterricht (Bibliothek der Schulpraxis, 3. Aufl.). Haan-Gruiten: Verl. Europa-Lehrmittel Nourney Vollmer.

ITEA, International Technology Education Association (2003) Advancing Excellenxe in Technological Literacy. Reston, Virginia: ITEA.

KMK (2008) Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung.

Mayring, P. (2015): Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. 12., überarb. Aufl. Weinheim: Beltz (Beltz Pädagogik).

MSB, Ministerium für Schule und Bildung des Landes NRW (Hrsg.). (2020) Das Schulwesen in Nordrhein-Westfalen aus quantitativer Sicht [Themenheft]. Statistische Übersicht (408). Düsseldorf: MSB.

Rehfeldt, D. (2017). Erfassung der Lehrqualität naturwissenschaftlicher Experimentalpraktika. Dissertation, Freie Universität Berlin. Berlin.

Reinmann, G. (2005). Innovation ohne Forschung? Ein Plädoyer für den Design-Based Research-Ansatz in der Lehr-Lernforschung. Unterrichtswissenschaft 33 (1), 52–69.

Theyßen, H. (1999). Ein Physikpraktikum für Studierende der Medizin. Darstellung der Entwicklung und Evaluation eines adressatenspezifischen Praktikums nach dem Modell der Didaktischen Rekonstruktion (Studien zum Physiklernen, Bd. 9). Berlin: Logos-Verl. (Zugl.: Bremen, Univ., Diss., 1999).

Theyßen, H. (2006). Physik für Mediziner - real und hypermedial. Konzeption und Evaluation eines in Inhalten, Methodik und Medieneinsatz adressatenspezifischen Physikpraktikums. PhyDid A - Physik und Didaktik in Schule und Hochschule (1), 35–44.

VDI, Verein Deutsche Ingenieure e.V. (2006). Empfehlungen des VDI zum Bachelor-Master-Studiengang für Techniklehrer an allgemeinbildenden Schulen. Düsseldorf.

Sandra Pia Harmer[1] [1]Universität Wien
Katharina Groß[2] [2]Universität zu Köln

CHEMideos – Fachdidaktische Analyse chemischer Erklärvideos

Als niederschwellige Bildungsressource haben frei verfügbare chemische Lernvideos auf Videoplattformen wie YouTube eine hohe Attraktivität sowohl für Lernende als auch für Lehrende. Sie vermitteln den Zuseher*innen das Gefühl, Inhalte schnell und unkompliziert erfassen zu können und ermöglichen auf Grund ihrer multisensorischen Aufbereitung das Lernen über verschiedene Sinneskanäle (Meyer, 2014). Allerdings ist der Wert für Lernende nicht unumstritten, da diese Videos den Lernenden eine falsche Vorstellung der Verarbeitungstiefe der Fachinhalte vermitteln und gleichzeitig durch die unreflektierte Vermischung von Fach- und Alltagssprache zur Entwicklung von wissenschaftlich nicht angemessenen Vorstellungen bei Schüler*innen beitragen können (Knapp, Harmer & Groß, 2020).

Das Forschungsprojekt CHEMideos

Das vorliegende Forschungsprojekt (vgl. Abb.1) zielt darauf ab, chemische Erklärvideos verschiedener Anbieter, die für Lernende und Lehrende kostenfrei über die Videoplattform YouTube zugänglich sind, hinsichtlich der Umsetzung fachlicher, fachdidaktischer und medienpädagogischer Aspekte tiefergehend zu untersuchen, um langfristig die Möglichkeiten medialer Differenzierung in und für den Chemieunterricht zu erforschen. Im Forschungsprojekt werden solche Erklärvideos analysiert, die die sich ausschließlich mit jenen Themen des Chemieunterrichts der Sekundarstufe befassen, die einen hohen Abstraktionsgrad aufweisen und nicht das Experiment in den Mittelpunkt ihrer Erklärungen stellen.
Es sollen dabei Erkenntnisse darüber gewonnen werden, wie Erklärvideos die Schüler*innen in ihren Lernprozessen hinsichtlich des Erwerbs von Fachwissen und fachsprachlicher Kompetenz unterstützen, und damit der Bildung von wissenschaftlich nicht angemessenen Schüler*innenvorstellungen entgegenwirken können.

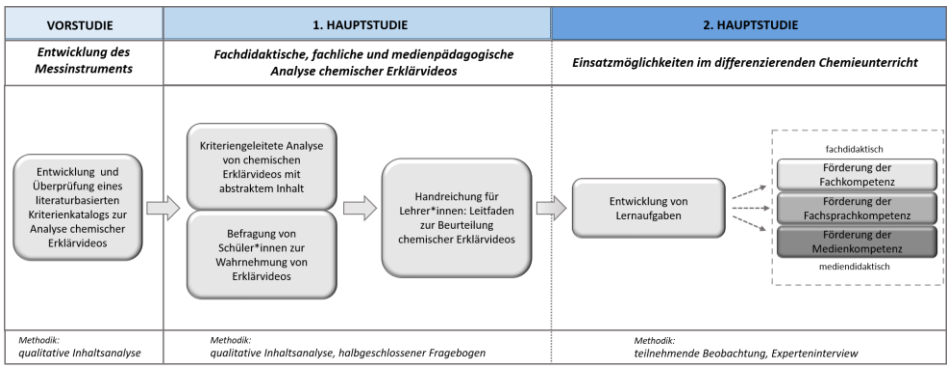


Abb. 1: Übersicht über die Teilschritte des Forschungsprojekts

Einblicke in die Vorstudie – Entwicklung eines literaturbasierten Kriterienkatalogs

Die Kategorien des Kriterienkatalogs basieren auf den Forschungserkenntnissen aus der Medienpädagogik und der Naturwissenschaftsdidaktik (vgl. u.a. Kulgemeyer, 2018; Mayer,

1999; Wolf, 2018; Wiater, 2001; Busch, 2017; Barke, 2006; Johnstone, 2000; Schroeter-Brauss, S, Wecker & Henrici, 2018; Kniffka & Roelke, 2001) und wurden in Hinblick auf das Forschungsziel weiterentwickelt und fachspezifisch ausdifferenziert. Der literaturbasierte Kriterienkatalog bildet grundsätzlich drei Analyseaspekte ab: medienpädagogische, (fach-) didaktische und chemisch-fachliche Aspekte. Die drei Analyseaspekte werden im Zuge der qualitativen Inhaltsanalyse in insgesamt 14 Kategorien und, nach Bedarf, weiter in entsprechende Unterkategorien unterteilt. Obwohl die 14 Kategorien in wechselseitiger Abhängigkeit zueinander stehen, werden sie im Rahmen des Auswertungsprozesses den drei übergeordneten Aspekten aus forschungspragmatischen Gründen zugeordnet. Während die medienpädagogischen Aspekte die Analyse eines Videos auf der Sinnesebene ermöglichen, fokussieren die chemisch-fachlichen Aspekte eher auf die Inhaltsebene. Die (fach-) didaktischen Aspekte können als verknüpfendes Element zwischen den beiden anderen Aspekten verstanden werden.

Tabelle 1: Auszug aus dem literaturbasierten Kriterienkatalog zur Analyse chemischer Erklärvideos

	Kategorie	***Definition der Kategorie***	***Erfüllung der Kategorie***		***Ankerbeispiel***
			+	**-**	
	Aus Gründen der Übersichtlichkeit werden ausschließlich die Transkripte des gesprochenen Texts in den Ankerbeispielen dargestellt. Die dazugehörigen Bilder können über die entsprechenden QR-Codes im Literaturverzeichnis abgerufen werden. *Bei einer negativen Definition der Kategorie (z.B. Kategorie 13b) ist die Kodierung „Kategorie erfüllt/+" nicht gleichbedeutend mit fachlich korrekt.*				
	Medienpädagogische Aspekte				
2	Prinzip der visuell gespaltenen Aufmerksamkeit	Gesprochener Text wird dem geschriebenem Text vorgezogen.		***X***	*Die Abgabe eines Elektrons, ergibt ein Ion mit positiver Ladung. Die Aufnahme eines Elektrons ergibt ein Ion mit negativer Ladung. [c, 1:57]*
			Anmerkung: Der geschriebene Text überwiegt deutlich im Vergleich zum gesprochenen Text.		
5	Prinzip der Sequenzierung	Lerninhalte sind kurz und überschaubar.		**X**	*[c, 1:03]*
			Anmerkung: In der bildlichen Darstellung werden Ionenbildung, Valenzelektronen, Schalen,... gleichzeitig dargestellt.		
	Didaktische Aspekte				
8	Prinzip der Individualität	Es wird an das Vorwissen der Lernenden angeknüpft; Referenz zu anderen Videos/Quellen.	***X***		*Musste wissen für diese Folge: was Ionen und Salze generell sind und was die Oktettregel ist. Könnt ihr euch nochmal anschauen, falls das nötig ist, ansonsten: los geht's! [b, 0:56]]*
10	Modelle/ Analogien	Neue Inhalte werden mit bestehenden Modellvorstellungen verknüpft.	***X***		*Und so billig die Anschauung wird, ist sie doch hilfreich. Weil jetzt stellt euch einfach mal vor, auf jeder Ecke von dem karierten Papier sitzt ein Ion. Also setzen die da mal hin. [a, 0:38]*

			Anmerkung: Es wird inhaltlich an das Modell eines Ionengitters angeknüpft.		
	Fachlich-chemische Aspekte				
13	Inhaltsebene				
13b	*Ebenen der inhaltlichen Vermittlung*	*Die Ebenen nach Johnstone werden inhaltlich konsequent getrennt bzw. gezielt gewechselt.*	***X***		*Wir haben dann ein dreifach positiv geladenes Aluminium-Ion und schreiben es so an: Al und hochgestellt drei plus. [b, 4:27]*
		Die Ebenen nach Johnstone werden inhaltlich vermischt.	***X***		*Hier entsteht aus dem Natrium zusammen mit Wasser das Natrium-Ion. [d, 3:10]*
13c	*Nicht wissenschaftliche SuS Vorstellungen*	*Nicht wissenschaftliche SuS Vorstellungen werden begünstigt.*	***X***		*[d, 1:29]*
			Anmerkung: U.a. wird die (Fehl-)Vorstellung, dass Ionen Farben haben, begünstigt		
14	Fachsprache				
14c	*Umgang mit Fachbegriffen*	*Systematische Einführung und Erklärung von Fachbegriffen; korrekte Verwendung der Begriffe*	***X***		*Zusammengehalten wird der Kristall durch die elektrostatische Anziehung, also die Anziehung zwischen positiv und negativen Ionen. [b, 6:10]*
			Anmerkung: Der Begriff „elektrostatische Anziehung“ wird im Kontext eingeführt und im Anschluss erklärt.		
14d	*Anthropomorphismen, sprachliche Bilder*	*Vermenschlichung von abstrakten Konzepten, Begriffen und Prozessen, Metaphern und Simile*	***X***		*[d, 1:29]*
			Anmerkung: Vermenschlichung von Ionen durch die Verwendung von Gesichtern und die Zuschreibung von Gefühlen.		

Um die grundsätzliche Eignung des literaturbasierten Kriterienkatalogs zu überprüfen, wurden im Rahmen der Vorstudie Ankerbeispiele in unterschiedlichen Erklärvideos verschiedener Anbieter gesucht, die im Sinne der inhaltlichen Strukturierung nach Mayring (2010) den jeweiligen Kategorien deduktiv zugeordnet werden können. Dafür werden sowohl die sprachlichen als auch die bildlichen Elemente der Videos zunächst transkribiert, die entsprechenden Stellen im Material markiert, gegebenenfalls zusammengefasst und schließlich die Fundstellen den entsprechenden Kategorien zugeordnet.

Fazit & Ausblick

Erste Ergebnisse zeigen, dass der literaturbasierte Kriterienkatalog als Kodierleitfaden geeignet ist, um chemische Erklärvideos zu spezifischen Themen umfassend analysieren zu können. Ebenso zeigt sich bereits durch die ersten Analysen, dass Erklärvideos dann besonders lernförderlich sind, wenn sie sinnvoll in den Unterricht eingebettet werden (z.B. mit Hilfe von differenzierenden Lernaufgaben, vgl. auch Knapp, Harmer & Groß, 2020).

Literatur

Barke, H. D. (2006). Chemiedidaktik: Diagnose und Korrektur von Schülervorstellungen. Berlin: Springer.

Busch, H. B. (2017). Möglichkeiten der Diagnostik und Förderung fachsprachlicher Kompetenzen im Chemie-unterricht. Beiträge zur Chemiedidaktik. Berlin: uni-edition.

Johnstone, A. (2000). Teaching of chemistry-logical or psychological. Chemistry Education: Research and Practice in Europe, Vol.1, No.1, pp 9-15

Knapp M., Harmer S. P. & Groß, K. (2020). Lernvideos. „Ich habe in den 4 Minuten [mit euren Lernvideos] mehr Chemie gelernt als in den letzten 3 Jahren"- Wieso Lehrerinnen und Lehrer dennoch unverzichtbar sind. Chemie & Schule 35(3), 5-10.

Kniffka, G. & Roelke, T. (2001). Fachsprachenvermittlung im Unterricht. Paderborn: Verlag Ferdinand Schöningh GmbH & Co. KG.

Kulgemeyer, C. (2018). Towards a framework for effective instructional explanations in science teaching. Studies in Science Education, 54(2), 109-139.

Mayer, R. (1999). Designing instruction for constructivist learning. In: C. M. Reigeluth. (Hg.) In-structional-Design Theories and Models. Volume II - A New Paradigm of Instructional Theory. Mawah: Lawrence Erlbaum, 141-159.

Mayer, R. (2014). Cognitive Theory of Multimedia Learning. In: R.E. Mayer. (Hg.) The Cambridge Handbook of Multimedia Learning. Cambridge: Cambridge University Press, 43-71.

Mayring, P. (2010). Qualitative Inhaltsanalyse. Weinheim Basel: Beltz Verlagsgruppe.

MPFS. (2018). JIM-Studie 2018. Jugend, Information, Medien. Basisuntersuchung zum Medienumgang 12- bis 19-Jähriger. Baden-Württemberg: Medienpädagogischer Forschungsbund Südwest. [Online]. Available: https://www.mpfs.de/fileadmin/files/Studien/JIM/2018/Studie/JIM2018_Gesamt.pdf [Zugriff: 16.12. 2019].

Schroeter-Brauss, S., Wecker, V. & Henrici, L. (2018). Sprache im naturwissenschaftlichen Unterricht: Eine Einführung. Münster: Waxmann.

Wiater, W. (2001). Unterrichtsprinzipien. Donauwörth: Auer Verlag.

Wolf, K. D. (2018). Video statt Lehrkraft? Erklärvideos als didaktisches Element im Unterricht. Computer+Unterricht, 109, 4-7.

Videoquellen

[a] simpleclub-Chemie. (24.11.2014) Ionengitter & Gitterenergie – Ionenbindung. URL: https://www.youtube.com/watch?v=j6B33FTQyqg

[b] musstewissen-Chemie. (19.07.2017) Ionenbindung/Chemische Bindung. URL: https://www.youtube.com/watch?v=n6Dr3qY7c6M&t=41s

[c] Learning Level Up. (06.04.2018) Ionenbildung einfach erklärt. URL: https://www.youtube.com/watch?v=YlEPsHLVCyQ

[d] simpleclub-Chemie. (27.10.2014) Bildung von Ionen – Wie werden Ionen gebildet? URL: https://www.youtube.com/watch?v=cFP69D20MMQ

Video a Video b Video c Video d

Simone Suppert[1,2]
Timo Fleischer[2]
Alexander Strahl[2]

[1]Pädagogische Hochschule Salzburg
[2]Universität Salzburg

Belletristische Literatur als Ankermedium im Chemieunterricht

Der Einsatz von Literatur im chemisch-naturwissenschaftlichen Unterricht mag wohl auf den ersten Blick für Verwunderung sorgen, doch stellt dies keinesfalls einen Widerspruch dar, sondern bietet neue Chancen, den Unterricht für die Schülerinnen und Schüler adäquat aufzubereiten.

Sprache als zentrales Element des Unterrichts

Üblicherweise soll der Deutschunterricht die Basis des Erwerbs der Sprach- und der Kommunikationsfähigkeit darstellen, doch zahlreiche Änderungen in den letzten Jahren bzw. Jahrzehnten (z.B. Stundenreduktion, Veränderungen des Lehrplans, Schwerpunktsetzung innerhalb der Klausuren der Reifeprüfung, usw.) machen es mehr als bis bisher notwendig, sprachliche Kompetenzen auch in anderen Unterrichtsfächern zu stärken und zu erweitern. Um das Fachlernen zu fördern, ist es nötig, sich Gedanken über die verwendete Sprache zu machen und die gemeinsame Kommunikation dahingehend zu überdenken. In der Regel setzen Lehrkräfte von den Schülerinnen und Schülern voraus, dass diese bereits über grundlegende sprachliche Fähigkeiten verfügen und diese adäquat einsetzen können, wodurch eine Vermittlung dieser Fähigkeiten daher kaum im (naturwissenschaftlichen) Fachunterricht oder auch im Sprachunterricht stattfindet (Schmölzer-Eibinger, 2013). Neben der nötigen Vermittlung bzw. Erweiterung der sprachlichen Fähigkeiten bedarf es zusätzlich der Entwicklung der Fachsprache des jeweiligen Unterrichtsfaches bzw. in Hinblick auf die jeweilige Schulstufe einer zumindest ansatzweisen Entwicklung der Fachsprache (Fleischer, 2017). Sind die sprachlichen Fähigkeiten nur bedingt ausgeprägt, so stellt das Erlernen von fachlichen Inhalten und damit einhergehend das Erlernen der Fachsprache nicht nur Schülerinnen und Schüler nichtdeutscher Muttersprache vor Probleme. Einige (Fach-)Begriffe werden beispielsweise homonym verwendet, sodass selbst für Lernende deutscher Muttersprache aufgrund der bisherigen gewohnten Verwendung des Wortes und dem Einsatz in einem völlig anderen Kontext, aufgrund dessen eine dem Wort neu zukommende Bedeutung zu Tage tritt, die Verwendung des Begriffs im Unterricht bzw. in naturwissenschaftlichen Kontexten schwierig sein kann (Jahnke-Klein & Busse, 2019). Sucht man beispielsweise im Alltag nach der „Lösung“ für ein aktuelles Problem, so versteht man in der Chemie hingegen unter dem Begriff der „Lösung“ eine Form des homogenen Gemisches – für Schülerinnen und Schüler bedarf es hier eines genauen sprachlichen Arbeitens seitens der unterrichtenden Lehrkräfte.

Ein weiteres Merkmal des chemischen bzw. naturwissenschaftlichen Fachunterrichts ist, neben der Benutzung von Fachbegriffen und der teils charakteristischen Form der Satzkonstruktion sowie des Sprachstils, der Einsatz von Formeln und damit verbunden die Verwendung unterschiedlicher Formelschreibweisen (Fleischer, 2017). Ein Fachunterricht, der sich vor allem an jenen Formeln orientiert und diese ohne ausreichende Erklärung bzw. ohne ausreichende Einbindung in einen geeigneten Kontext in das Zentrum des Lernens stellt, kann dazu führen, dass Schülerinnen und Schüler mit Verständnisschwierigkeiten konfrontiert werden (Neumann, Li & Schilling, 2019).

Um diese Probleme zu reduzieren, lohnt es sich, die im Unterricht zu behandelnden Themen in einen möglichst (sprachlich) gut verständlichen Kontext einzubetten. Dafür eignet sich beispielsweise der Einsatz von Textstellen belletristischer Werke (darunter bevorzugt Kinder- und/oder Jugendliteratur). Bereits in der frühen Kindheit werden wir in der Regel mit literarischen Werken konfrontiert: Es werden Bücher vorgelesen, danach werden gerne anhand von einfachen Büchern mit Bildern die ersten Leseversuche getätigt, ehe in der Schule die Lesefähigkeit systematisch aufgebaut bzw. erweitert wird, womit gleichzeitig eine Wissensvermittlung einhergeht (Leubner & Saupe, 2009; Spitzer, 2006). Es erscheint daher nur logisch, vertraute Texte bzw. Textsorten dazu zu verwenden, chemische (oder auch allgemein naturwissenschaftliche) Inhalte zu vermitteln. Einerseits können so die fachlichen Inhalte in einen ansprechenden Kontext eingebettet werden (was Studien zufolge gleichzeitig zur Steigerung des Interesses an der Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlichen Inhalten führt; vgl. Jahnke-Klein & Busse, 2019) und zeigen so die Relevanz des zu vermittelnden Fachwissens für den Alltag auf. Andererseits können sprachliche Barrieren verringert oder gänzlich abgebaut werden. Abstrakte Begriffe werden durch den Einsatz von Literaturstellen vereinfacht und es wird so die Notwendigkeit der vorherigen Decodierung der Fachbegriffe vor der eigentlichen Bearbeitung der Aufgabe seitens der Schülerinnen und Schüler vermieden (Parchmann & Bernholt, 2013).

Geplanter Studienverlauf

Zunächst werden im Rahmen der Probengenerierung belletristische Werke gelesen und hinsichtlich geeigneter Textstellen bezüglich chemischer Inhalte, die unter Berücksichtigung des aktuellen Lehrplans für Chemie für einen Einsatz im Chemieunterricht geeignet sind, untersucht. Diese werden anschließend anhand definierter Kriterien bezüglich des möglichen Einsatzes im Unterricht kategorisiert und zu den ausgewählten Textstellen passende Aufgaben generiert (siehe Abb. 1, Probengenerierung).

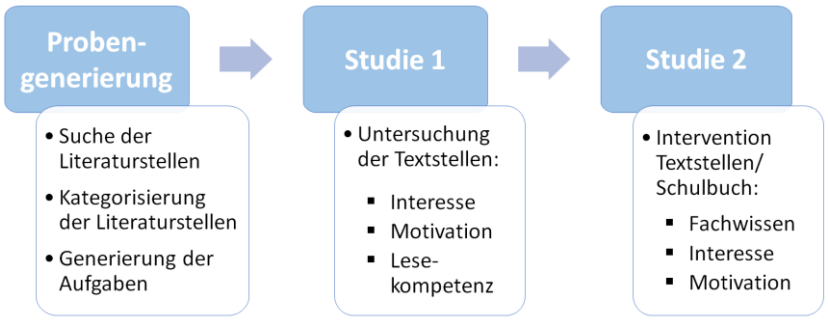


Abb. 1: Geplanter Studienverlauf zum Einsatz von Belletristik im Unterricht

Nach der getroffenen Auswahl der Textstellen soll in Studie 1 das Interesse der Schülerinnen und Schüler an belletristischer Literatur und damit verbunden an den unterschiedlichen Literaturgenres sowie die Motivation, sich mit Texten im Unterricht auseinanderzusetzen und damit einhergehend die Motivation, sich grundsätzlich mit chemischen bzw. naturwissenschaftlichen Inhalten zu beschäftigen, überprüft werden. Gleichzeitig wird eine Erhebung der Lesekompetenz durchgeführt, um damit verbundene, eventuelle

Schwierigkeiten vorab zu erheben (siehe Abb. 1). Im letzten Studienteil werden anschließend anhand der ersten Studie auszuwählende Textstellen verwendet und im Unterricht bei der Erarbeitung neuer Inhalte bzw. bei der Festigung erlernter Inhalte eingesetzt. Der Einsatz der Literaturstellen soll im Rahmen einer Interventionsstudie mit dem Einsatz des Schulbuches verglichen werden – dazu wird erneut das Interesse und die Motivation hinsichtlich der Verwendung der beiden Medien untersucht und das erworbene Fachwissen überprüft. Dies soll einerseits nach dem Einsatz der Medien, aber auch mit zeitlichem Abstand erfolgen, um so die Nachhaltigkeit der Verwendung von Literaturstellen festzustellen (siehe Abb. 1, Studie 2).

Wie können Textstellen als Ankermedium verwendet werden?

Ausgewählt werden vor allem Textstellen, die einerseits ein möglichst hohes Interesse bei Schülerinnen und Schüler hinsichtlich der Lesebereitschaft hervorrufen, und andererseits durch deine (weitestmöglich) einfache sprachliche Gestaltung, aber dennoch über eine ausführliche literarische Gestaltung des chemisch-naturwissenschaftlichen Inhalts verfügen. Ein Beispiel hierfür wäre eine Textstelle aus J.K. Rowlings (1998) „Harry Potter und der Stein der Weisen“, in welchem die drei Protagonisten Harry, Ron und Hermine in einem Buch zum ersten Mal auf das Geheimnis stoßen, was sich hinter der Türe im verbotenen 3. Stock und unter der Falltür, bewacht durch den dreiköpfigen Hund namens Fluffy, verbirgt:

> *„Die alte Wissenschaft der Alchemie befasst sich mit der Herstellung des Steins der Weisen, eines sagenhaften Stoffes mit erstaunlichen Kräften. Er verwandelt jedes Metall in reines Gold. Auch zeugt er das Elixier des Lebens, welches den, der es trinkt, unsterblich macht.“* (Rowling, 1998, S. 240)

Der Lehrplan des österreichischen Bundesministeriums für Bildung, Forschung und Wissenschaft sieht vor, dass durch Hypothesenbildung und entsprechende Überprüfung das Verständnis der Schülerinnen und Schüler für chemisch-naturwissenschaftliche Zusammenhänge hergestellt wird. Dazu eignet sich beispielsweise der genannte Textausschnitt aus „Harry Potter“ (Rowling, 1998), indem man den Verlauf von der Erstellung einer Hypothese bis hin zu dessen Falsifizierung bzw. Bestätigung und ggf. Überarbeitung mittels neuer Hypothesen betrachten kann. Verwendet man die im Poster (Suppert, Fleischer & Strahl, 2020) angeführte ausführlichere Textstelle sowie die hierzu generierten Aufgaben, lassen sich auch noch weitere Vorgaben des Lehrplans erarbeiten und sogar fächerverbindende Aspekte betrachten (vgl. Bundesministerium, 2018). So kann beispielsweise auf den Unterschied chemischer und physikalischer Vorgänge anhand der beschriebenen Umwandlung von Metallen in Gold eingegangen werden.

Fazit

Der Einsatz von belletristischer Literatur stellt die Unterrichtenden und Lernenden vor neue Chancen, aber auch vor neue Herausforderungen. Die Einbettung chemischer bzw. naturwissenschaftlicher Inhalte in den Fachunterricht kann durch den sprachlich verständlicheren Zugang und hinsichtlich des die Motivation zur Beschäftigung mit fachlichen Inhalten steigernden Kontextes zu einer intensiveren und nachhaltigeren Auseinandersetzung mit dem Fach führen.

Literatur

Becker-Mrotzek, M., Schramm, K., Thürmann, E., & Vollmer, H. J. (2013). Sprache im Fach. Sprachlichkeit und fachliches Lernen. Münster: Waxmann.

Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung. (2018). Gesamte Rechtsvorschrift für Lehrpläne – allgemeinbildende höhere Schulen. Verfügbar unter: https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10008568 [02.09.2020]

Butler, M., & Goschler, J. (2019). Sprachsensibler Fachunterricht. Chancen und Herausforderungen aus interdisziplinärer Perspektive. Wiesbaden: Springer Spektrum.

Fleischer, T. (2017). Untersuchung der chemischen Fachsprache unter besonderer Berücksichtigung chemischer Repräsentationen. In H. Niedderer, H. Fischler & E. Sumfleth (Hrsg.), Studien zum Physik- und Chemielernen (Band 244). Berlin: Logos Verlag.

Jahnke-Klein, S., & Busse, V. (2019). Sprachsensibel unterrichten in den Naturwissenschaften. In M. Butler & J. Goschler (Eds.), Sprachsensibler Fachunterricht. Chancen und Herausforderungen aus interdisziplinärer Perspektive (S. 113-140). Wiesbaden: Springer Spektrum.

Kauffeld, S., & Othmer, J. (2019.). Handbuch Innovative Lehre. Wiesbaden: Springer Spektrum.

Leubner, M., & Saupe, A. (2009). Erzählungen in Literatur und Medien und ihre Didaktik. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.

Neumann, M., Li, D., & Schilling, M. (2019). Studieren ohne Sprachbarrieren: Peer-Education im internationalen Hochschulkontext. In S. Kauffeld & J. Othmer (Hrsg.), Handbuch Innovative Lehre (S. 371-385). Wiesbaden: Springer Spektrum.

Parchmann, I., & Bernholt, S. (2013). In, mit und über Chemie kommunizieren. In M. Becker-Mrotzek, K.Schramm, E. Thürmann & H.J. Vollmer (Hrsg.), Sprache im Fach. Sprachlichkeit und fachliches Lernen (S. 241-253). Münster: Waxmann.

Rowling, J.K. (1998). Harry Potter und der Stein der Weisen. Hamburg: Carlsen.

Schmölzer-Eibinger, S. (2013). Sprache als Medium des Lernens im Fach. In M. Becker-Mrotzek, K. Schramm, E. Thürmann & H.J. Vollmer (Hrsg.), Sprache im Fach. Sprachlichkeit und fachliches Lernen (S. 25-40). Münster: Waxmann.

Spitzer, M. (2006). Lernen. Gehirnforschung und die Schule des Lebens. Heidelberg: Springer Spektrum.

Suppert, S., Fleischer, T., & Strahl, A. (2020). Belletristische Literatur als Ankermedium im Chemieunterricht. In Naturwissenschaftlicher Unterricht und Lehrerbildung im Umbruch? (S.112). Virtuelle GDCP Jahrestagung 2020 (Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik; Abstracts). https://www.strahl.info/_veroeffentlichungen/SupFleiStr2020BelletrLitiChU_GDCP_2020_Poster.pdf [28.10.2020]

Fabien Güth[1]
Helena van Vorst[1]

[1]Universität Duisburg-Essen

Interessengestützte Binnendifferenzierung im Chemieunterricht

Theoretischer Hintergrund

Zunehmend heterogene Lerngruppen erfordern Strategien, die den individuellen Lernvoraussetzungen der Schülerinnen und Schülern gerecht werden. Entsprechende Strategien werden häufig durch Begriffe wie „Individualisierung", „Binnendifferenzierung" oder „adaptives Lernen" adressiert (Dumont, 2019). Bislang liegt jedoch keine hinreichende Evidenz über die Wirksamkeit derartiger Strategien vor (Smale-Jacobse, Meijer, Helms-Lorenz & Maulana, 2019). Für den Chemieunterricht haben Anus (2015), Kallweit (2015) und Hauerstein (2019) die Effektivität leistungsbasierter Differenzierung untersucht, wobei die Studien teilweise uneinheitliche Ergebnisse hinsichtlich der Effekte solcher Differenzierungsansätze auf affektive und kognitive Schülerfaktoren zeigen. Kaum berücksichtigt sind in der Chemiedidaktik bisher Differenzierungsmaßnahmen, die das Lernangebot in Abhängigkeit von affektiven Schülermerkmalen (z.B. dem individuellen Interesse) variieren. Im Rahmen einer Untersuchung in der Mathematikdidaktik konnten Testpersonen zwischen Aufgaben wählen, die in unterschiedliche lebensweltliche Themenbereiche (so genannte Kontexte) eingebettet waren (Gijsbers, Putter-Smits & Pepin, 2020). Unter einem Kontext versteht man eine außerfachliche Situation, die als Ausgangspunkt für die Fachwissensentwicklung genutzt wird (van Vorst et al., 2015). Die Ergebnisse legen nahe, dass das Lernen mit unterschiedlichen Kontexten zu einer erhöhten wahrgenommenen Relevanz von Mathematik bei den Schülerinnen und Schülern führte.

Auch Untersuchungen in der Chemiedidaktik deuten darauf hin, dass Aufgaben mit systematisch variierten Kontextmerkmalen zur Umsetzung interessengestützter Differenzierung grundsätzlich geeignet sind (Habig, van Vorst & Sumfleth, 2018). Habig (2017) konnte diesbezüglich zeigen, dass Lernende mit hohem Interesse und Vorwissen hinsichtlich des situationalen Interesses von besonderen Kontexten profitieren, während Lernende mit geringem Interesse und Vorwissen von alltäglichen Kontexten profitieren. Hierbei wurden die kontextualisierten Aufgaben zufällig zugeordnet. Denkbar ist aber auch, dass Lernende ihre Aufgaben selbstständig auswählen oder systematisch zugewiesen bekommen. Vor dem Hintergrund der Selbstbestimmungstheorie von Deci und Ryan (z. B. 2006) wäre anzunehmen, dass die Möglichkeit zur Wahl zu einem erhöhten Autonomieerleben führt und die intrinsische Motivation fördert. Die Forschung zum Einfluss von Wahlmöglichkeiten zeigt hierbei allerdings eine ambivalente Ergebnislage (Patall, Cooper & Robinson, 2008). Demzufolge scheint die Bereitstellung von Wahloptionen nicht unter allen Umständen und für jede Person förderlich, etwa bei Testpersonen, die sich für wenig kompetent halten. Hier führt die Möglichkeit der eigenständigen Aufgabenwahl zu einer Verminderung der intrinsischen Motivation (Patall, Sylvester & Han, 2014). Weiterhin scheinen Testpersonen mit geringem Interesse an Denksportaufgaben nicht hinsichtlich kognitiver oder affektiver Faktoren zu profitieren, wenn sie selbstständig zwischen den Aufgaben wählen können (Patall, 2013). Ryan und Deci (2006) verweisen mit Bezug auf ihre Selbstbestimmungstheorie darauf, dass Autonomieerleben nicht ausschließlich aus der Bereitstellung von Wahloptionen resultiert, sondern aus der Passung zwischen Person und

Option. In Hinblick auf den Einsatz variierter Kontextaufgaben als Methode der Binnendifferenzierung ist ungeklärt, ob eine selbstständige Wahl einer systematischen Zuordnung hinsichtlich der Förderung kognitiver oder affektiver Faktoren überlegen ist. Weiterhin ist in der Kontextforschung bislang nicht hinlänglich geklärt, welche kontextualisierten Aufgaben für welche Schülerinnen und Schüler geeignet sind. In einer Studie von van Vorst & Aydogmus (Beitrag in diesem Tagungsband) wurden das Kontextwahlverhalten und die Zufriedenheit nach Bearbeitung der Kontextaufgabe untersucht. Die Ergebnisse deuten auf eine Gruppe von Lernenden hin, die sich hinsichtlich des Fachinteresses und der Wahlmotive nicht eindeutig charakterisieren lassen und auch keine eindeutige Kontextwahl zeigen. Möglicherweise hätten sich einige dieser Lernenden für einen innerfachlichen Kontext entschieden, wenn dieser zur Wahl gestanden hätte. Ferner waren einige Schülerinnen und Schüler mit der gewählten Kontextaufgabe unzufrieden oder hätten sich im Nachhinein eine andere Aufgabe gewünscht. Dies deutet auf eine unzureichende Passung zwischen dem Kontext und den Merkmalen der Personen hin.

Forschungsfragen

Durch folgende Forschungsfragen soll an den vorgestellten Forschungsstand angeknüpft werden:

FF1: Durch welche Personenmerkmale lassen sich Lernende charakterisieren, die außerfachliche (besondere/alltägliche) oder innerfachliche Kontexte wählen?
FF2: Wie bewerten die Lernenden ihre Wahlentscheidung im Hinblick auf Zufriedenheit, situationales Interesse und kognitive Belastung?
FF3: Welchen Einfluss hat die Wahl im Vergleich zur systematischen und zufälligen Zuordnung von variierten Kontextaufgaben auf affektive (z.B. situationales Interesse) und kognitive Schülerfaktoren (z.B. Lernzuwachs)?

Studiendesign und Methodik

Zur Beantwortung der drei Forschungsfragen werden zwei Teilstudien durchgeführt. Die erste Teilstudie fokussiert die ersten beiden Forschungsfragen. Dazu findet eine quantitative Schülerbefragung mit Schülerinnen und Schülern ($N \approx 500$) des dritten Lernjahres an Gymnasien und Gesamtschulen im Fach Chemie statt. Das Studiendesign ist in Abbildung 1 dargestellt.

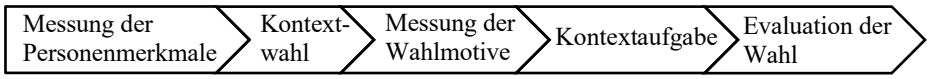


Abbildung 1: Studiendesign der ersten Teilstudie.

Im ersten Schritt werden mögliche Prädiktoren der Kontextwahl durch einen Likert-skalierten Fragebogen erhoben. Dazu gehören das Vorwissen (Celik & Walpuski, 2020), das chemiebezogene individuelle Interesse (u.a. Sumfleth & Wild, 2005), die intrinsische (u.a. Wild & Krapp, 1995) und extrinsische Motivation (Glynn & Koballa, 2006), das Selbstkonzept im Fach Chemie (Hoffmann, Häußler & Lehrke, 1998), der Berufswunsch (Kunter et al., 2002) und das Freizeitinteresse (Albert, Hurrelmann, Quenzel & Kantar, 2019). Anschließend wählen die Testpersonen zwischen fünf verschiedenen Kontextaufgaben. Jeweils zwei Aufgaben thematisieren einen alltäglichen und besonderen Kontext, die letzte

Aufgabe greift einen innerfachlichen Kontext auf. Bei den Kontextaufgaben handelt es sich um kompetenzorientierte Selbstlernaufgaben zum Inhaltsfeld „saure und alkalische Lösungen“. Alle Kontextaufgaben sind zum Themenfeld „Körper und Krankheiten“, um möglichst das Interesse beider Geschlechter anzusprechen (z.B. Elster, 2007). Weiterhin sind die Aufgaben vollkommen identisch hinsichtlich äußerer Merkmale (optisches Layout, inhaltliche Textstruktur, Textlänge etc.). Nachdem die Lernenden sich für eine Aufgabe entschieden haben, werden die Wahlmotive durch einen weiteren Fragebogen erhoben (Aydogmus, 2018). Durch diesen Fragebogen wird außerdem die antizipierte Merkmalszugehörigkeit überprüft (van Vorst, 2013). Daraufhin wird die gewählte Aufgabe am Tabletcomputer bearbeitet und im Anschluss ein Fragebogen zur Zufriedenheit (Eigenentwicklung), kognitiven Belastung (Schwamborn, Thillmann, Opfermann & Leutner, 2011) und dem situationalen Interesse (Engeln, 2014) eingesetzt.

Basierend auf den erhaltenen Daten in Teilstudie 1, wird zur Unterstützung von Lernenden, die nicht von einer selbstständigen Wahl profitieren, ein digitales Diagnoseinstrument entwickelt. Das Diagnoseinstrument soll als Empfehlungssystem (z. B. Khanal, Prasad, Alsadoon & Maag, 2020) unter Berücksichtigung der individuellen Lernvoraussetzungen eine Aufgabe mit dem passenden Kontextmerkmal (besonders, alltäglich, innerfachlich) vorschlagen.

Das entwickelte Instrument wird im Rahmen der zweiten Teilstudie eingesetzt. Diese zielt auf die Beantwortung der dritten Forschungsfrage und wird als Interventionsstudie im Prä-Post-Design realisiert. Als Stichprobe werden $N \approx 400$ Schülerinnen und Schüler von Gymnasien und Gesamtschulen aus dem dritten Lernjahr im Fach Chemie untersucht. Im Prä-Test werden die relevanten Prädiktoren aus Teilstudie 1 zur Zuordnung eines passenden Kontextes sowie einige Kontrollvariablen erhoben, um Einflüsse auf die abhängigen Variablen zu kontrollieren. Nach dem Prä-Test werden alle Probandinnen und Probanden randomisiert einer von drei Untersuchungsgruppen zugeordnet. In der ersten Untersuchungsgruppe erfolgt die Kontextzuordnung durch das entwickelte Diagnoseinstrument. Die Testpersonen der zweiten Untersuchungsgruppe wählen selbstständig eine Kontextaufgabe. Die dritte Untersuchungsgruppe bekommt zufällig eine Kontextaufgabe zugewiesen. Mithilfe eines Begleitfragebogens werden nach jeder Aufgabe das situationale Interesse, die kognitive Belastung und die Zufriedenheit als abhängige Variablen erhoben. Nach der Intervention werden das Fachwissen und die intrinsische Motivation durch einen Fragebogen gemessen.

Theoretischer und praktischer Ertrag

Die vorliegende Studie soll einen ersten Beitrag zur Überprüfung der Wirksamkeit von interessengestützten Differenzierungsmaßnahmen im Fach Chemie leisten. In diesem Zusammenhang soll eine Forschungslücke im Bereich des kontextorientierten Lernens geschlossen werden, indem Lernende charakterisiert werden, die sich für Aufgaben mit bestimmten Kontextmerkmalen entscheiden. Nach Abschluss des Projektes werden die digitalen Kontextaufgaben und das digitale Diagnoseinstrument zur Umsetzung interessengestützter Binnendifferenzierung der Schulpraxis zur Verfügung gestellt. Dadurch sollen evidenzbasierte Differenzierungsmaßnahmen zunehmend Einzug in den Chemieunterricht erhalten.

0000000

Literaturverzeichnis

Albert, M., Hurrelmann, K., Quenzel, G. & Kantar. (2019). *18. Shell Jugendstudie. Jugend 2019 - eine Generation meldet sich zu Wort*. Weinheim: Beltz.

Anus, S. (2015). *Evaluation individueller Förderung im Chemieunterricht. Adaptivität von Lerninhalten an das Vorwissen von Lernenden am Beispiel des Basiskonzeptes Chemische Reaktion*. Berlin: Logos Verlag.

Aydogmus, H. (2018). *Empirische Untersuchung des Schülerwahlverhaltens bei Aufgaben mit variierten Kontextmerkmalen im Chemieunterricht*. Essen: Universität Duisburg-Essen.

Celik, K. & Walpuski, M. (2020). Ein chemisches Wissensnetz – 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. 536–539).

Dumont, H. (2019). Neuer Schlauch für alten Wein? Eine konzeptuelle Betrachtung von individueller Förderung im Unterricht. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, *22*(2), 249–277.

Elster, D. (2007). In welchen Kontexten sind naturwissenschaftliche Inhalt für Jugendliche interessant? Ergebnisse der ROSE-Erhebung in Österreich und Deutschland. *PLUS LUCIS*, (3), 2–8.

Engeln, K. (2014). *Schülerlabors: authentische, aktivierende Lernumgebungen als Möglichkeit, Interesse an Naturwissenschaften und Technik zu wecken*. Berlin: Logos Verlag.

Gijsbers, D., Putter-Smits, L. de & Pepin, B. (2020). Changing students' beliefs about the relevance of mathematics in an advanced secondary mathematics class. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, *51*(1), 87–102.

Glynn, S. M. & Koballa, T. R. (2006). Motivation to learn college science. In J. J. Mintzes & W. H. Leonard (Hrsg.), *Handbook of college science teaching* (S. 25–32). Arlington, Va: NSTA Press.

Habig, S. (2017). *Systematisch variierte Kontextaufgaben und ihr Einfluss auf kognitive und affektive Schülerfaktoren*. Berlin: Logos Verlag.

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.

Hauerstein, M.-T. (2019). *Untersuchung zur Effektivität von Strukturierung und Binnendifferenzierung im Chemieunterricht der Sekundarstufe I: Evaluation der Strukturierungshilfe Lernleiter*. Berlin: Logos Verlag.

Hoffmann, L., Häußler, P. & Lehrke, M. (1998). *Die IPN-Interessenstudie Physik*. Kiel: IPN.

Kallweit, I. (2015). *Effektivität des Einsatzes von Selbsteinschätzungsbögen im Chemieunterricht der Sekundarstufe I. Individuelle Förderung durch selbstreguliertes Lernen*. Berlin: Logos Verlag.

Khanal, S. S., Prasad, P.W.C., Alsadoon, A. & Maag, A. (2020). A systematic review: machine learning based recommendation systems for e-learning. *Education and Information Technologies*, *25*(4), 2635–2664.

Kunter, M., Schümer, G., Artelt, C., Baumert, J., Klieme, E., Neubrand, M. et al. (2002). *PISA 2000: Dokumentation der Erhebungsinstrumente*. Berlin: Max-Planck-Institut für Bildungsforschung.

Patall, E. A. (2013). Constructing motivation through choice, interest, and interestingness. *Journal of Educational Psychology*, *105*(2), 522–534.

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.

Patall, E. A., Sylvester, B. J. & Han, C.-w. (2014). The role of competence in the effects of choice on motivation. *Journal of Experimental Social Psychology*, *50*, 27–44.

Ryan, R. M. & Deci, E. L. (2006). Self-regulation and the problem of human autonomy: does psychology need choice, self-determination, and will? *Journal of Personality*, *74*(6), 1557–1585.

Schwamborn, 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.

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), 1–23.

Sumfleth, E. & Wild, E. (2005). *Schulische und familiale Bedingungen des Lernens und der Lernmotivation im Fach Chemie: Evaluation eines integrierten Interventionskonzeptes zur Säure-Base-Thematik*. Abschlussbericht an die DFG.

van Vorst, H. (2013). *Kontextmerkmale und ihr Einfluss auf das Schülerinteresse im Fach Chemie*. Berlin: Logos 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. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *21*(1), 29–39.

Wild, K.-P. & Krapp, A. (1995). Elternhaus und intrinsische Lernmotivation. *Zeitschrift für Pädagogik*, *41*(4), 579–595.

Marie-Annette Geyer[1]
Wiebke Kuske-Janßen[1]

[1]Technische Universität Dresden

Kurzinterviews mit Physiklehrenden
Warum sind Diagramme und Formeln wichtig?

Problemstellung

Der Schulalltag von LehrerInnen ist oft eng strukturiert, sodass sie teilweise keine Zeit für Befragungen finden können. Aus dieser „Not“ heraus haben wir stark verkürzte Interviews durchgeführt. Ist diese Methode geeignet, Vorstellungen von LehrerInnen zu erfassen? Inwiefern unterscheiden sich die Ergebnisse von einer schriftlichen Befragung?

Studiendesign und Auswertungsmethodik

Während Forschungsaufenthalten in Israel und Schweden wurden Schulen besucht, in denen insgesamt 12 PhysiklehrerInnen (8 Männer, 4 Frauen) für die Kurzinterviews gewonnen werden konnten. Dabei wurden folgende Rahmenbedingungen eingehalten

- für die LehrerInnen gut erreichbarer Interviewort: zumeist leeres Zimmer in der Schule
- stark verkürzte Interviewzeit: durchschnittl. 7,8 min (Min: 3,6 min, Max: 14,4 min)
- kurzer Interviewleitfaden zur Strukturierung: 4 Fragen siehe Tabelle 1 und Abschlussfrage „Do you want to add something concerning this topic?“
- Tonaufzeichnung: mit Hilfe des Mikrophons eines Smartphones

Die Interviewaufzeichnungen wurden vollständig transkribiert und anschließend nach dem Verfahren der qualitativen Inhaltsanalyse nach Kuckartz (2016) ausgewertet. Hierbei wurden zunächst deduktive Kategorien ausgehend von den bisherigen Forschungsarbeiten (vgl. Tabelle 1) gebildet. Ausgehend vom Datenmaterial fand außerdem eine Ergänzung mit induktiven Kategorien statt. Insgesamt wurden 50% des Materials von einer zweiten Person codiert. Es konnte eine gute Übereinstimmung (72%) erreicht werden.

Interviewfragen	Bisherige Forschungsarbeiten
FORMELN	
According to you, why are formulas so important in physics and physics lessons?	Fragebogenuntersuchung von Strahl et al. (2012) mit 244 PhysiklehrerInnen
How would you recognize that a student really understands what a formula means?	Charakterisierung eines Formelverständnisses in der Physik von Kuske-Janßen (2020)
DIAGRAMME	
According to you, why are graphs so important in physics and physics lessons?	---
Which skills should your students learn concerning graphs?	Charakterisierung von SchülerInnentätigkeiten beim Umgang mit Diagrammen von Geyer (2020)

Tab. 1: Interviewleitfragen und Bezug zu bisherigen Forschungsarbeiten

Ergebnisse und Vergleich mit bisherigen Studien

Warum sind Diagramme und Formeln wichtig?

Die Aussagen der Interviews konnten in den gleichen Hauptkategorien strukturiert werden, wie sie für die Wichtigkeit von Formeln von Strahl et al. (2012) gefunden wurden (vgl. Tab.

2). Im Vergleich zu dieser Fragebogenstudie wurden in den Interviews bezüglich der Formeln zusätzliche Adjektive genannt (z. B. international) und eine Charakterisierung als Werkzeug getroffen. Außerdem wurde der Bezug zum Problemlösen als extra Unterkategorie eingeführt.

Oberbegriffe nach Strahl et al. (2012)	**Warum sind Diagramme wichtig?**	**Warum sind Formeln wichtig?**
Aufgabe/ Funktion	beschreiben, illustrieren, visualisieren etwas, nützen beim Vorhersagen und zum Verifizieren bzw. Falsifizieren, stellen ein Werkzeug dar	beschreiben etwas, nützen bei der Modellbildung, beim Vorhersagen und zum Verifizieren bzw. Falsifizieren von Aussagen, stellen ein Werkzeug dar
math. Eigenschaften	vermitteln Zusammenhänge physikalischer Größen, Veränderungen physikalischer Größen und weitere Größen (z. B. eingeschlossene Fläche)	vermitteln Zusammenhänge physikalischer Größen, z. B. je-desto-Aussagen
Adjektive	kurz, einfach, klar bzw. verständlich, international	kurz, exakt, prägnant, einfach, international, mächtig, nützlich, bequem, verdichtet
Schulbezug	sprechen visuelle Lerntypen an	Verbindung zum Mathematikunterricht möglich, Vorbereitung auf höhere Klassenstufen
Epistemologie	helfen, physikalische Erkenntnisse zu verstehen und neue Einsichten zu erkennen	helfen, physikalische Erkenntnisse zu verstehen und neue Einsichten zu erkennen, eine Art zu denken
Praktischer Bezug	werden zum Problemlösen genutzt, werden als Teil der Physik verstanden, sind Merkhilfe	ermöglichen Rechnungen, werden zum Problemlösen genutzt, machen Mathematisierungen möglich, gelten als Teil der Physik, als Sprache der Naturwissenschaften, sind Merkhilfe
Sonstige induktive Kategorien	z. B. ermöglichen eine andere Perspektive	z. B. philosophisch/historisch begründet

Tab. 2: Begründungen der befragten PhysiklehrerInnen in den Kurzinterviews (N=12)

Bei der parallelen Fragestellung zur Wichtigkeit von Diagrammen fand eine differenzierte Beschreibung der mathematischen Eigenschaften statt und der visuelle Aspekt dieser Darstellungsform stand im Vordergrund.

Bei beiden Darstellungen fällt auf, dass ihre Wichtigkeit für die Physik und den Physikunterricht am häufigsten mit der Beschreibung ihrer Aufgabe bzw. Funktion begründet wird (vgl. Abb. 1), was in der Studie von Strahl et al. (2012) ebenfalls zutraf.

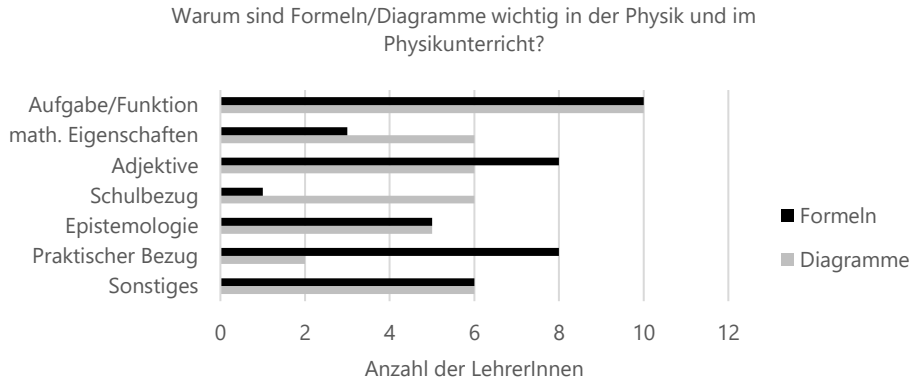


Abb. 1: Häufigkeiten der Oberbegriffe in den Kurzinterviews (N=12)

Woran erkennen Sie ein Formelverständnis?
Die LehrerInnen beschrieben 8 von 11 Aspekten, die Kuske-Janßen (2020) für ein Formelverständnis in der Physik unterscheidet. Die meisten Befragten bezogen sich auf eine Beschreibung der mathematischen Formelstruktur (z. B. das mathematische Verhalten der Größen oder das Explorieren von Extremfällen) und mathematisch-technischer Grundkompetenzen. Außerdem legten die LehrerInnen bspw. auch auf ein Verständnis der Einheiten(gleichheit) wert, aber auch auf die grundlegende Kenntnis der Bedeutung der Formelzeichen.

Welche Fähigkeiten beim Umgang mit Diagrammen erwarten Sie von den SchülerInnen?
Die von den LehrerInnen geforderten Fähigkeiten beim Umgang mit Diagrammen beinhalteten eine Informationsentnahme aus und/oder eine Konstruktion von Diagrammen. Zudem wurde teilweise ein Arbeiten mit der Darstellung (z. B. Schlussfolgern weiterer Größen) und eine Einbettung (z. B. übergeordnete Sichtweise) angesprochen.
Neben diesen Kategorien aus Geyer (2020) wurde zudem teilweise zwischen einer Diagrammkonstruktion per Hand und per Rechner bzw. Computer unterschieden. Auch ein Bezug zu anderen Darstellungen fand Erwähnung.

Fazit – Eignung von Kurzinterviews
Die Kurzinterviews ließen sich gut in den Schulalltag integrieren und ermöglichten die Erhebung einer Vielfalt an Vorstellungen von LehrerInnen, die der Vielfalt einer schriftlichen Befragung (Strahl et al. 2012) entspricht. Daher können wir diese Methode für qualitative und explorative Erhebungen empfehlen. Interviews bieten gegenüber schriftlichen Befragungen den Vorteil, dass z. B. fehlende Antworten wegfallen (bei Strahl et al. 2012 wurde die Frage nach der Wichtigkeit von Formeln z. B. von 26,6% nicht beantwortet) und bei unverständlichen Aussagen nachgefragt werden kann. Trotz der Kürze der Interviews wurde ein guter Überblick über die Vorstellungen von Lehrkräften gewonnen.
Durch die Interviews konnten ergänzend zur bisherigen Forschungslage weitere Gründe gefunden werden, warum PhysiklehrerInnen Diagramme und Formeln für wichtig erachten. Einige LehrerInnen formulierten sehr konkrete Anforderungen, die den Umgang der SchülerInnen mit Diagrammen und Formeln betreffen.

Literatur

Geyer, M.-A. (2020). Physikalisch-mathematische Darstellungswechsel funktionaler Zusammenhänge. Das Vorgehen von SchülerInnen der Sekundarstufe 1 und ihre Schwierigkeiten. Berlin: Logos Verlag.

Kuckartz, U. (2016). Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung. Weinheim und Basel: Beltz Juventa.

Kuske-Janßen, W. (2020). Sprachlicher Umgang mit Formeln von LehrerInnen im Physikunterricht am Beispiel des elektrischen Widerstandes in Klassenstufe 8. Berlin: Logos Verlag.

Strahl, A., Thoms, L.-J. & Müller, R. (2012). Warum und wofür sind Formeln wichtig? Lehrervorstellungen zur Formelnutzung. In: S. Bernholt (Hrsg.). Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht. GDCP LitVerlag, 319-321

Pascal Pollmeier[1]
Sabine Fechner[1]

[1]Universität Paderborn

Erweiterung des epistemologischen Verständnisses durch Konfrontation mit anomalen Daten

Motivation

Der Kompetenzbereich der Erkenntnisgewinnung nimmt im Kernlehrplan Nordrhein-Westfalen (MSB NRW, 2019) eine entscheidende Rolle ein. So sollen die Lernenden beispielsweise „Methoden der Erkenntnisgewinnung und deren Grenzen“ (MSB NRW, 2019, S. 8) erarbeiten. Mit der Forderung nach einer „Reflexion der Erkenntnismethoden“ (MSB NRW, 2019, S. 13) werden auch epistemologische Fragestellungen für den Unterricht relevant. Untersuchungen zeigen, dass das epistemologische Wissen als eine Konstituente des metakonzeptuellen Wissens bei den Lernenden eher schwach ausgebildet ist (Lederman, 2007). Vor allem bei der Überführung von Beobachtungen in Erkenntnisse im Rahmen von *conceptual change* Prozessen spielt das epistemologische Verständnis von Lernenden eine Rolle (Alvermann & Qian, 2000; Mason, 2000; Vosniadou et al., 2001). Innerhalb solcher Prozesse, haben epistemologische Vorstellungen großen Einfluss auf die Akzeptanz anomaler Daten (Mason, 2000), welche hier als widersprüchliche Beobachtungen bzgl. der Lernendenvorstellungen verstanden werden.

Theoretischer Hintergrund

Die *conceptual change* Theorie sieht unter anderem die Veränderungen von Lernendenvorstellungen durch Induzierung eines kognitiven Konfliktes vor (Limón, 2001; Posner et al., 1982). Ein kognitiver Konflikt soll dann zu einer Veränderung der Vorstellungen führen, welche je nach Ansatz eher in einem radikalen Wechsel der Theorie (Posner et al., 1982), oder auch in einer schrittweisen Erweiterung (Vosniadou & Ioannides, 1998) abläuft. Die kognitiven Konflikte beziehen sich jeweils auf das vorliegende Konzept der Lernenden. Diese (fachlichen) Konzepte sind wiederum in größere *framework-theories* eingebettet (Vosniadou, 1994). Innerhalb der *framework-theories* werden Rahmenannahmen gebildet, welche das fachliche Konzept eingrenzen, bzw. grundlegende Regeln dafür formulieren. Dabei haben die *framework-theories* immer auch epistemologische Anteile (Vosniadou, 1994). Besitzen diese epistemologischen Anteile den Charakter von naiven epistemologischen Vorstellungen, können sie als „critical false belief“ (Chi, 2008, S. 69) bezeichnet werden. Sie haben besonderen Einfluss auf Problemlöseprozesse in ihrem Geltungsbereich.

Die fachlichen Konzepte, wie auch die *framework-theories* der Lernenden sollen im vorliegenden Projekt durch *Model-of-data* (Abb. 1) externalisiert werden. *Model-of-data* ermöglichen die Externalisierung von mentalen Modellen inklusive Informationen zum fachlichen und epistemologischen Modell (Chinn & Brewer, 2001). Die verschiedenen Verbindungsarten zwischen einzelnen Events (Nummerierung zur besseren Übersicht, keine Hierarchisierung) ermöglichen Aussagen über die Art der epistemologischen Zusammenhänge. So können sowohl Rückschlüsse auf das fachliche Modell, wie auch das epistemologische Verständnis der Erstellenden gezogen werden. Chinn und Brewer (1996) gehen davon aus, dass bei der Verarbeitung von Beobachtungen immer auch weitere Informationen aufgenommen werden. Diese Zusatzinformationen nehmen in Form von „data-

interpretation packages“ (Chinn & Brewer, 1996, S. 211) Einfluss auf die Auswertung, bzw. die Glaubwürdigkeit der Daten. Die Glaubwürdigkeit der Daten wiederum hat großen Einfluss auf die Art und Weise ihrer Verarbeitung (Chinn & Brewer, 1993; Posner et al., 1982). Das *Model-of-data* gibt somit die Möglichkeit, auch Zusatzinformationen mit darzustellen. Auch wäre es denkbar zwei konkurrierende Theorienetzwerke in einem *Model-of-data* darzustellen.

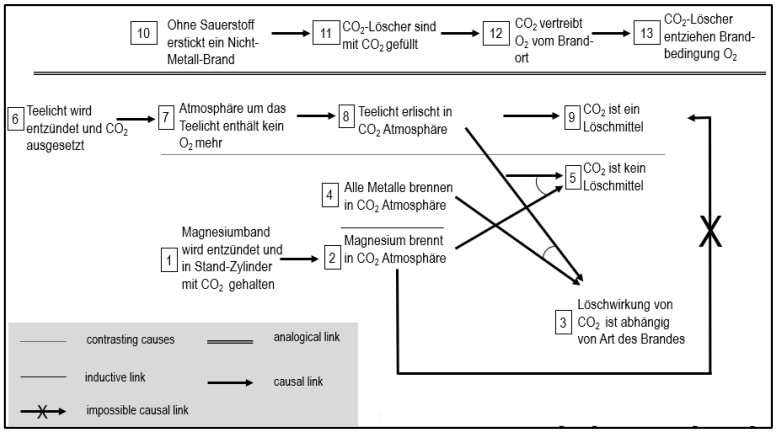


Abb. 1 – Model-of-Data zur Löschwirkung von CO_2

Durch das Erstellen eines *Model-of-data* werden die Erstellenden zur Reflexion bzgl. einiger epistemologischer Aspekte angeregt. Mit der Wahl der Verbindungsart, müssen die Erstellenden sich mit der Art und Weise der Verknüpfung zweier Events auseinandersetzen.

Fragestellung

Aus den vorliegenden Darstellungen resultieren zwei Fragestellungen:

- FF1: Inwiefern kann durch die gezielte Bearbeitung anomaler Daten innerhalb von *Model-of-data* ein *conceptual change* auf Ebene des epistemologischen Verständnisses ausgelöst werden?
- FF2: Inwiefern können die durch einen solchen *conceptual change* erworbene Kompetenzen und Kenntnisse auf neue Kontexte transferiert werden?

Studiendesign

Die Hauptstudie wird durch fünf pilotierende Vorstudien begleitet. Innerhalb der ersten Vorstudie wurde der Gebrauch kognitiver Konflikte in der Schule genauer untersucht (Martinschledde, 2020). Dazu wurden 10 Chemie-Lehrkräfte und Fachleiter*innen befragt welche kognitiven Konflikte sie mit welcher Zielsetzung einsetzen. Die zweite Vorstudie zielt auf die Umsetzbarkeit der Externalisierung mentaler Modelle durch *Model-of-data* ab (Bitterberg, 2020). Hier wurde untersucht, wie Lernende dazu angeleitet werden können *Model-of-data* zu erstellen, ebenso wurden die Produkte durch lautes Denken validiert. In der dritten Vorstudie wird die digitale Lernumgebung zur Konfrontation mit den anomalen Daten getestet (Wintermantel, 2020), während Vorstudie vier einen aus bestehenden Instrumenten zusammengestellten Fragebogen zur Epistemologie pilotiert (Morscheck, 2020). In der fünften und letzten Vorstudie wird dann der Transfer der erworbenen Kenntnisse auf neue Kontexte genauer untersucht (Graßl, 2020).

Die Ergebnisse der Vorstudien fließen in die Hauptstudie (Abb. 2) ein. In dieser sollen die Lernenden neben der Konfrontation mit den anomalen Daten die Gelegenheit bekommen, in einer freien Experimentierphase weitere Daten zu sammeln. Die gewonnenen Erkenntnisse sollen dann in ein *Model-of-data* übertragen werden. Nach einem Zwischentest werden die Lernenden mit anomalen Daten in anderen Kontexten konfrontiert, um so einen möglichen Transfer zu untersuchen. Begleitet wird die Studie durch einen Pre-, Zwischen- und Posttest, sowie durch Videographie. Auch die *Model-of-data* werden analysiert.

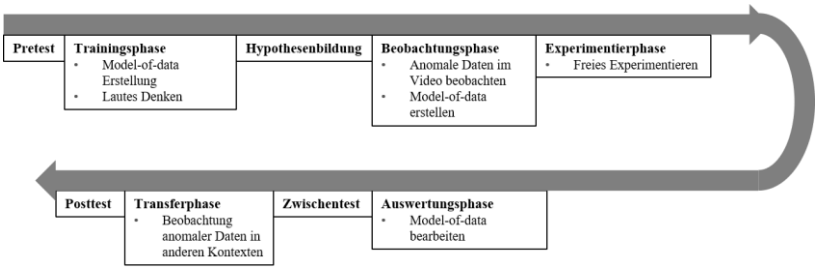


Abb. 2 – Ablauf der Hauptstudie

Erste Ergebnisse

Im Folgenden sollen Ergebnisse aus der ersten Vorstudie präsentiert werden. Durch die oben vorgestellten Experteninterviews konnten 50 verschiedene kognitive Konflikte gefunden werden. Diese wurden durch ein Kodiersystem, angelehnt an Barke (2006) kategorisiert, welches induktiv ergänzt wurde. Der Schwerpunkt aller gefundenen kognitiven Konflikte liegt in der Kategorie „Kognitive Konflikte zu Alltagserfahrungen“. Die wenigsten Konflikte finden sich in der epistemologischen Kategorie „zur Glaubwürdigkeit der Daten“. Mit Konflikten in dieser Kategorie versuchen Lehrkräfte das epistemologische Verständnis der Lernenden zu fördern, indem sie bspw. „[…] zeigen, dass Wissenschaft eben genau auf diesen Irrtümern beruht“ (Lehrkraft 3, P. 145, Martinschledde, 2020). Ebenso wurde eine Mehrdimensionalität von kognitiven Konflikten erkannt. Ein Konflikt kann zu mehreren Präkonzepten bestehen und durch unterschiedliche Lernende unterschiedlich wahrgenommen werden. Somit könnte ein Konflikt bei einigen Lernenden zur Epistemologie bestehen, während er bei anderen Lernenden zu einem fachlichen Thema besteht. Auch ist denkbar, dass ein Konflikt bei einigen Lernenden sowohl zur Epistemologie, als auch zum fachlichen Konzept besteht.

Zusammenfassung

Die erste Vorstudie zeigt auf, dass kognitive Konflikte scheinbar Potential bieten, um Veränderungen des epistemologischen Verständnisses der Lernenden auszulösen. Andererseits zeigt sich, dass dieses Ziel durch den Einsatz kognitiver Konflikte von Lehrkräften bisher nur selten verfolgt wird (Martinschledde, 2020). Die erkannte Mehrdimensionalität von kognitiven Konflikten lässt das Potential von *Model-of-data* deutlich werden. Durch diese sind Lernende in der Lage Widersprüche auf verschiedenen Ebenen darzustellen, wodurch die Komplexität kognitiver Konflikte deutlich wird. Die weiteren Vorstudien werden bis Ende 2020 beendet, die Hauptstudie soll je nach Infektionslage innerhalb der COVID-19-Pandemie im Frühjahr 2021 stattfinden. Eine Pilotierung der Hauptstudie ist bis Ende 2020 geplant.

Literatur

Alvermann, D. E. & Qian, G. (2000). Relationship between epistemological beliefs and conceptual change learning. *Reading & Writing Quarterly*, *16*(1), 59–74.

Barke, H.-D. (2006). *Chemiedidaktik: Diagnose und Korrektur von Schülervorstellungen*. *Springer-Lehrbuch*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

Bitterberg, E. G. (2020). Externalisierung von mentalen Modellen zu anomalen Daten anhand von Model of Data. Masterarbeit, Paderborn.

Chi, M. T. H. (2008). Three types of conceptual change: Belief revision, mental model transformation, and categorical shift. In S. Vosniadou (Hg.), *International handbook of research on conceptual change* (S. 61–82). Routledge.

Chinn, C. A. & Brewer, W. F. (1993). The role of anomalous data in knowledge acquisition: A theoretical framework and implications for science instruction. *Review of Educational Research*, *63*(1), 1–49.

Chinn, C. A. & Brewer, W. F. (1996). Mental models in data interpretation. *Philosophy of Science*, *63*, 211-219.

Chinn, C. A. & Brewer, W. F. (2001). Models of data: A theory of how people evaluate data. *Cognition and Instruction*, *19*(3), 323–393.

Graßl, J. (2020). Analyse von Transferprozessen beim Einsatz von anomalen Daten im Chemieunterricht. Masterarbeit, Paderborn.

Lederman, N. G. (2007). Nature of science: Past, present, and future. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Hg.), *Handbook of research on science education* (S. 831–879). Routledge.

Limón, M. (2001). On the cognitive conflict as an instructional strategy for conceptual change: A critical appraisal. *Learning and Instruction*, *11*(4-5), 357.

Martinschledde, M. (2020). Der kognitive Konflikt beim Lernen von Chemie – Eine Expertenbefragung zum Einsatz im Unterricht. Masterarbeit, Paderborn.

Mason, L. (2000). Role of anomalous data and epistemological beliefs in middle school students' theory change about two controversial topics. *European Journal of Psychology of Education*, *15*(3), 329–346.

Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen. (2019). *Kernlehrplan für die Sekundarstufe I Gymnasium/Gesamtschulen für Nordrhein-Westfalen*.

Morscheck, J. (2020). Validierung eines zeitökonomischen Erhebungsverfahrens von epistemologischen Überzeugungen. Masterarbeit, Paderborn.

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.

Vosniadou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, *4*(1), 45–69.

Vosniadou, S. & Ioannides, C. (1998). From conceptual development to science education: A psychological

Vosniadou, S., Ioannides, C., Dimitrakopoulou, A. & Papademetriou, E. (2001). Designing learning environments to promote conceptual change in science. *Learning and Instruction*, *11*(4-5), 381–419.

Wintermantel, A. (2020). Analyse von Reaktionen auf anomale experimentelle Daten im Kontext Nachhaltigkeit. Masterarbeit, Paderborn.

Julia Elsner[1]
Claudia Tenberge[1]
Sabine Fechner[1]

[1]Universität Paderborn

Unterstützung des Modellierungsprozesses durch Analogiebildung im Sachunterricht

Hintergrund und Motivation

Sowohl in der naturwissenschaftlichen Forschung als auch im Lehr-Lern-Kontext stellt das Modellieren eine zentrale Denk- und Arbeitsweise dar (Greca & Moreira, 2000; Krüger et al., 2018). Für den naturwissenschaftlichen Sachunterricht ist diese Methode bisher für ausgewählte Phänomene (Aggregatzustände des Wassers, Wasserkreislauf) erprobt. Hier zeigen Lange, Forbes, Helm und Hartinger (2014) für den deutschsprachigen Raum analog zu den Ergebnissen internationaler Studien von Forbes, Schwarz und Zangori (2014) sowie Schwarz et al. (2009) erste Erfolge auf und bestätigen in ihren Untersuchungen, dass Schüler*innen im Primarbereich bereits naturwissenschaftliche Phänomene modellieren können. Die gebildeten Modelle weisen allerdings im Hinblick auf den Erklärungsgehalt und die wissenschaftliche Korrektheit Lücken auf, sodass ein Unterstützungsbedarf für den Modellierungsprozess deutlich wird (Forbes et al., 2014; Lange et al., 2014). Welche weiteren chemie-bezogenen Themen sich für das Modellieren eigenen und wie dies unterstützt werden kann, bleibt weitestgehend offen. Dieser Forschungsbedarf bildet den Anlass für das Promotionsvorhaben, das im vorliegenden Beitrag vorgestellt wird.

Theoretischer Rahmen

Modelle nehmen einen bedeutenden Stellwert in den Naturwissenschaften sowie im naturwissenschaftlichen Diskurs ein (Van Driel & Verloop, 1999). In Anlehnung an Van Driel und Verloop (1999) verfügt ein Modell über spezifische Charakteristika, die für die Arbeit mit Modellen und den Austausch über Modelle bedeutsam sind. Ein Modell referiert hiernach auf einen Zielbereich, wie ein Objekt oder Phänomen, und fokussiert spezifische Aspekte, die abhängig vom Forschungsinteresse sind. Das Modell weist dabei Ähnlichkeitsbeziehungen (Analogien) zum Ziel auf, sodass nicht nur Informationen über das (nicht direkt zugängliche) Objekt oder Phänomen geliefert werden, sondern auch Hypothesen generiert und überprüft werden können. Zudem unterliegt die Modellbildung einem Prozess, sodass mithilfe von neuen Erkenntnissen das Modell überarbeitet wird (Bindernagel & Eilks, 2008; Kircher, 2009; Van Driel & Verloop, 1999).

Die hier aufgeführten Charakteristika finden sich u.a. in der Definition von Modellkompetenz nach Upmeier zu Belzen und Krüger (2010) wieder: Modellkompetenz wird demzufolge auf drei Niveaustufen beschrieben und umfasst jeweils fünf Kompetenzstufen, die sich einerseits auf das deklarative Wissen über Modelle, andererseits auf das Bilden von Modellen – die prozedurale Komponente – beziehen. Hiernach gilt es auf der deklarativen Ebene Wissen über Modelleigenschaften[1] und alternative Modelle zu erlangen. Ferner unterliegen Modelle einem Modellbildungsprozess. Hierbei werden die Modelle für die Erkenntnisgewinnung angewendet sowie für die Generierung und Überprüfung von Hypothesen genutzt (Haider, 2019; Haider & Haider, 2018; Upmeier zu Belzen & Krüger, 2010).

[1] Die Eigenschaften von Modellen lassen sich analog zu den Definitionen von Van Driel und Verloop (1999) beschreiben.

Gilbert und Justi (2016) greifen in ihrem ‚Model of Modelling v2' die vorab beschriebene, prozedurale Komponente der Modellkompetenz auf und stellen diese prozesshaft-zyklisch dar. Dabei sind die Phasen des Modellierungsprozesses miteinander verknüpft und stehen zu jedem Zeitpunkt in Beziehung. Beim Modellieren werden vier Phasen durchlaufen: Bildung des mentalen Modells (‚Creation'), repräsentative Darstellung des mentalen Modells verbal, visuell, gestisch oder mathematisch (‚Expression'), Modellanwendung in der Empirie durch Experimente oder mental in Form von Simulationen (‚Test') sowie die Bewertung im Hinblick auf den Nutzen und die Gültigkeit des Modells in neuen Kontexten (‚Evaluation'). Währenddessen finden vier kognitive Prozesse (Analogiebildung, Umgang mit bildlichen Repräsentationen, Gedankenexperimente, Argumentieren) Anwendung und sind damit im Verlauf des Modellierungsprozesses vorzufinden (Gilbert & Justi, 2016).

Die Analogiebildung findet sich sowohl im Modellierungsprozess als auch in der aufgeführten Modelldefinition wieder und dient der Beschreibung von Ähnlichkeiten zwischen dem Zielbereich (Objekt oder Phänomen) und dem Modell (u.a. Kircher, 2009; Haider, 2019; Van Driel & Verloop, 1999). In Ergänzung wird nach Duit (1991) die Analogiebildung allgemein als Vergleich zwischen zwei Domänen definiert, die als Analog- und Zieldomäne zu differenzieren sind. Hiernach werden Analogien durch das explizite Vergleichen von strukturellen Merkmalen gebildet (Duit, 1991). Unterschieden werden dabei nach Holyoak und Koh (1987) bzw. Wenke (2006) oberflächliche und (tiefen-)strukturelle Analogien, wobei tiefenstrukturelle Ähnlichkeiten im Gegensatz zu oberflächlichen auf „die zu Grund liegende Struktur bzw. das (abstrakte) Prinzip [referieren]" (Wenke, 2006, S. 407).

In den Naturwissenschaften, aber auch im schulischen Kontext und im Alltag, findet Analogiebildung Anwendung und wird für das Lösen von Problemen genutzt (Holyoak, 2005; Holyoak, 2012). Um ein Problem (Zieldomäne) zu lösen, gilt es auf einen bekannten Bereich (Quelldomäne) zurückzugreifen und durch Analogiebildung Informationen aus dem Bekannten abzuleiten sowie auf das Unbekannte anzuwenden. Dabei verläuft der Analogie-Transfer-Prozess nach Holyoak (2005) in vier wesentlichen Phasen: Konfrontation mit dem Problem (Zieldomäne), sodass zur Problemlösung ein Rückgriff auf die Quelldomäne stattfindet (‚Retrieval'), Bildung von Analogien durch die Zuordnung von Gemeinsamkeiten zwischen Quell- und Zieldomäne (‚Mapping'), Ableiten neuer Erkenntnisse aus der Quelldomäne, wodurch Schlussfolgerungen über die Zieldomäne ermöglicht werden (‚Transfer') sowie Ausbildung eines Schemas resp. mentalen Modells durch vermehrtes Transferieren (‚Learning') (Holyoak, 2005; Kehne, 2019). Förderlich für eine erfolgreiche Transferleistung ist in Anlehnung an die empirischen Befunde von Kehne (2019) das Vergleichen zwischen multiplen Kontexten. Hierdurch zeigen v.a. lernschwächere Schülerinnen und Schüler bessere Transferleistungen auf (Kehne, 2019).

Sowohl im Modellierungsprozess als auch im Analogie-Transfer-Prozess werden neue Erkenntnisse induktiv gebildet. Del Mar Aragón, Oliva und Navarrette (2014) machen in Ergänzung deutlich, dass ähnliche (kognitive) Prozesse zwischen der Analogiebildung und dem Modellieren vorliegen und belegen einen solchen positiven Zusammenhang empirisch: „[T]he pupils with greater understanding of analogies being considered were also those who tended to show a greater ability to verbalize the model of chemical change and reason with it when solving the task they had been set. This suggests that the two competences are linked" (del Mar Aragón et al., 2014, S. 1979 f.). Den Modellierungsprozess mithilfe der Analogiebildung zu unterschützen, erscheint nach diesen Befunden als sinnstiftend, wobei weitere empirische Untersuchungen hierzu notwendig sind.

Forschungsvorhaben

Um das Modellieren als Methode der Erkenntnisgewinnung im Sachunterricht einzusetzen, gilt es gezielte Hilfestellungen zu entwickeln (Elsner, 2020; Forbes et al., 2014; Lange et al., 2014). In diesem Zusammenhang lassen sich für den chemie-bezogenen Sachunterricht zwei wesentliche Forschungsdesiderate aufdecken: Es fehlen zum einen konkrete Befunde für das schülerseitige Modellieren von chemie-bezogenen Phänomenen, zum anderen gilt es Unterstützungsmöglichkeiten für das Modellieren im Sachunterricht zu entwickeln, empirisch zu erproben und Implikationen für die Praxis abzuleiten. Aus der Studie von Kehne (2019) bietet sich die Analogiebildung zwischen multiplen Phänomenen zur Unterstützung der Transferleistung an und soll im folgenden Promotionsprojekt im Kontext des Modellierungsprozesses genauer betrachtet werden.

Somit lassen sich zwei Forschungsfragen generieren:

1. Inwiefern kann das Modellieren im chemie-bezogenen Sachunterricht durch die Analogiebildung unterstützt werden, damit wissenschaftliche Vorstellungen zu einem naturwissenschaftlichen Inhalt angebahnt werden können?
2. Inwieweit erhöht das Bilden von Analogien im Modellierungsprozess den Erklärungsgehalt der schülerseitigen Modelle und lässt sich dahingehend ein Zusammenhang zwischen der Analogiebildung und dem Modellieren beschreiben?

Antwort auf diese Forschungsfragen bietet die empirische Studie im Prä-Post-Design mit Vergleichsgruppen (Abb. 1). Kern der Interventionsstudie ist eine Unterrichtseinheit, die die Phasen des Modellierungsprozesses aufgreift und die durch analoge Phänomene zum Thema *Löslichkeit* ausgestaltet ist. Hierbei werden in der einen Gruppe Analogien im Unterricht bewusst angeleitet, sodass der Unterstützungsgehalt zu identifizieren ist. Die Vergleichsgruppe erhält demgegenüber einen regulären Unterricht zum Thema *Löslichkeit* und keine analogen Lernsituationen. Diese Studie soll Aufschluss darüber geben, wie das Modellieren durch die Analogiebildung zwischen multiplen Phänomenen unterstützt werden kann, sodass wissenschaftliche Vorstellungen zu chemie-bezogenen Inhalten angebahnt werden können.

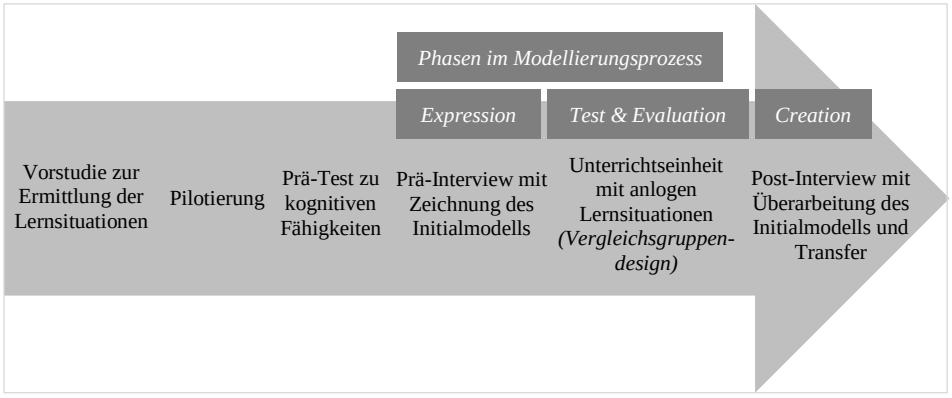


Abb. 1: Untersuchungsdesign

Ausblick

Für die Vorbereitung der Studie gilt es chemie-bezogene Inhalte so auszuwählen, dass diese einerseits für das Modellieren geeignet sind, andererseits Analogien zwischen multiplen Phänomenen gebildet werden können. Die geplanten Lernsituationen benötigen dahingehend eine Pilotierung in der Praxis, um diese für die Hauptstudie zu optimieren.

Literatur

Bindernagel, J. A., & Eilks, I. (2008). Modelle und Modelldenken im Chemieunterricht und ein Einblick in das Verständnis von erfahrenen Chemielehrkräften. *CHEMKON, 15*(4), 181-186.

Del Mar Aragón, M., Oliva J. M., & Navarrette, A. (2014). Contributions of learning through analogies to the construction of secondary education pupils' verbal discourse about chemical change. *International Journal of Science Education, 36*(12), 1960-1984.

Duit, R. H. (1991). On the role of analogies and metaphors in learning science. *Science Education, 75*(6), 649-672.

Elsner, J. (2020). *Modellieren von chemie-bezogenen Phänomenen im naturwissenschaftlichen Sachunterricht*. *Masterarbeit*. Paderborn: unveröffentlicht.

Forbes, C. T., Schwarz, C., & 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. (Hg.), *Learning and Become in Practice: The International Conference of the Learning Sciences. Volume 1*. Boulder, Colorado: International Society of the Learning Sciences, 46-53.

Gilbert, J. K., & Justi, R. (2016). *Modelling-based teaching in science education*. Schweiz: Springer.

Greca, I. M., & Moreira, M. A. (2000). Mental models, conceptual models, and modelling. *International Journal of Science Education, 22*(1), 1-11.

Haider, M. (2019). *Modellkompetenz im naturwissenschaftlichen Sachunterricht. Eine empirische Studie zum Lernen mit Modellen und über Modelle in der Primarstufe*. Berlin: Logos.

Haider, M., & Haider, M. (2018). Lernunterstützende Maßnahmen im (naturwissenschaftlichen) Modellierungsprozess. *Widerstreit Sachunterricht, 24*, 1-11.

Holyoak, K. J. (2005). Analogy. In K. J. Holyoak & R. G. Morrison (Hg.), *Cambridge handbook of thinking and reasoning*. New York: Cambridge University Press, 117-142.

Holyoak, K. J. (2012). Analogy and relational reasoning. In K. J. Holyoak & R. G. Morrison (Hg.), *Oxford handbook of thinking and reasoning.* New York: Oxford University Press, 234-259.

Holyoak, K. J., & Koh, K. (1987). Surface and structural similarity in analogical transfer. *Memory & Cognition, 15*(4), 332-440.

Kehne, F. (2019). *Analyse des Transfers von kontextualisiert erworbenem Wissen im Fach Chemie*. Berlin: Logos.

Kircher, E. (2009). Modellbegriff und Modellbildung in der Physikdidaktik. In E. Kircher, R. Girwidz & P. Häußler (Hg.), *Physikdidaktik. Theorie und Praxis*. Berlin, Heidelberg: Springer, 735-762.

Krüger, D., Kauertz, A., & Upmeier zu Belzen, A. (2018). Modelle und das Modellieren in den Naturwissenschaften. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hg.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung*. Berlin: Springer, 141-157.

Lange, K., Forbes, C., Helm, K., & Hartinger, A. (2014). Forschen heißt auch modellieren! Wie kann Modellieren im Sachunterricht gefördert werden? *Grundschulunterricht Sachunterricht, 4/2014*, 17-22.

Schwarz, C. V. et al. (2009). Developing a learning progression for scientific modeling: Making scientific modeling accessible and meaningful for learners. *Journal of Research in Science Teaching, 46*(6), 632-654.

Upmeier zu Belzen, A., & Krüger, D. (2010). Modellkompetenz im Biologieunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 16*, 41-57.

Van Driel, J. H., & Verloop, N. (1999). Teacher's knowledge of models and modelling in science. *International Journal of Science Education, 21*(11), 1141-1153.

Wenke, D. (2006). Analoges Schließen. In J. Funke & P. A. Frensch (Hg.), *Handbuch der Allgemeinen Psychologie – Kognition*. Göttingen: Hogrefe, 406-411.

Hendrik Peeters
Sebastian Habig
Sabine Fechner

Universität Paderborn

Augmented Reality als Experimentierhilfe bei Beobachtung und Deutung

Ausgangslage

Der naturwissenschaftliche Unterricht und hierbei insbesondere das Fach Chemie zeichnen sich dadurch aus, dass sich chemische Prozesse häufig nur makroskopisch beschreiben lassen. Tiefergehende Erklärungen für diese müssen jedoch indirekt über die der menschlichen Wahrnehmung unzugänglichen submikroskopischen Ebene generiert werden. Als Hilfsmittel zur Visualisierung und als epistemologische Werkzeuge werden daher Repräsentationen und Modelle genutzt, die als „dominant way of thinking" in der Chemie gelten (Luisi & Thomas, 1990, S. 67) und die somit eine Mittlerfunktion zwischen den beiden Ebenen innehaben. Aufbauend auf diesen Überlegungen entwickelte und postulierte Johnstone (1982, 1993) sein vielfach rezipiertes chemisches Dreieck, welches die Verbindung zwischen der makroskopischen, der submikroskopischen sowie der symbolischen Repräsentationsebene widerspiegelt. Sowohl das Wechseln zwischen einzelnen Ebenen als auch deren Verknüpfung miteinander sind unerlässlich, wenn makroskopisch beobachtbare Phänomene gedeutet werden sollen. Gerade diese Fähigkeit unterscheidet erfahrene Expert*innen von Noviz*innen (Kozma & Russell, 1997). So konnten in der Vergangenheit bereits mehrere Studien zeigen, dass Lernende nicht souverän zwischen den einzelnen Repräsentationsebenen wechseln können (Davidowitz & Chittleborough, 2009; Dettweiler, 2017). Folglich reichen von Schüler*innen generierte Erklärungen häufig nicht über die makroskopische Ebene hinaus und weisen somit eher beschreibenden Charakter auf (Andrade et al., 2019).

Theoretischer Hintergrund

Repräsentationen bilden Systeme, Phänomene oder Entitäten in vereinfachender Weise ab (Rapp & Kurby, 2008). Modelle gehen nach Giere (2010) über diese Funktion hinaus, da sie von einem Subjekt nicht nur zu Abbildungszwecken geschaffen werden, sondern auch immer einem intendierten Zweck wie etwa der Erklärung eines chemischen Phänomens dienen müssen. Daher wird Modellen neben einer ontologischen auch eine epistemologische Funktion zugeschrieben. Vor diesem Hintergrund existieren Modelle – im Gegensatz zu Repräsentationen – nicht von sich aus, da dies erst durch Zuschreibung oder Kreation eines Subjekts geschehen kann. Naturwissenschaftliche Repräsentationen können durch ihren Einsatz im Prozess der Erkenntnisgewinnung und ihren direkten Bezug zu Modellen jedoch bereits einen modellhaften Charakter aufweisen.

Die Nutzung von Repräsentationen wurde durch die Trennung von Beobachtung und Deutung während und nach der Experimentierphase bislang häufig nur auf die Deutung beschränkt. Augmented Reality (AR) erscheint in diesem Zusammenhang als ein potentieller Unterstützungsansatz, um während der Beobachtungsphase bereits die Vorgänge auf der submikroskopischen Ebene zu repräsentieren. Im wissenschaftlichen Diskurs gibt es bisher noch keine einheitliche Definition zu AR. Sehr häufig wird jedoch die Definition nach Azuma (1997) herangezogen, die drei charakteristische Merkmale ausweist:

(1) Kombination von virtuellen und realen Objekten mit teilweiser Überlagerung
(2) Interaktion in Echtzeit

(3) Dreidimensionalität der virtuellen & realen Objekte

Durch die Integration virtuell dargebotener Repräsentationen in den Experimentier- und Beobachtungsprozess wird es möglich, die submikroskopische Ebene bereits vor der Deutungsphase einzubeziehen, was aus kognitionspsychologischer Sicht zuträglich erscheint, da zusammengehörige Informationen in einer räumlichen und zeitlichen Kontiguität präsentiert werden. Erste Studien deuten darauf hin, dass sich durch den Einsatz von AR nicht nur die extrinsische kognitive Belastung reduzieren (Thees et al., 2020; Keller, Habig & Rumann, 2021), sondern auch der Erwerb konzeptionellen Wissens unterstützen lässt (Altmeyer et al., 2020; Ibáñez & Delgado-Kloos, 2018). Die Konstruktion sowie die Nutzung von Modellen und Repräsentationen stellen nicht zuletzt auch die Voraussetzung für die Generierung von Erklärungen im naturwissenschaftlichen Unterricht dar (Oliveira, Justi & Mendonça, 2015). Unter einer Erklärung nach Gilbert, Boulter und Rutherford (2000) wird die Antwort auf eine spezifische Frage verstanden. Kausale Erklärungen verfolgen in diesem Zusammenhang das Ziel, eine Ursache-Wirkung-Beziehung herzustellen. Das deduktiv-nomologische Modell der Erklärung bietet einen ersten wissenschaftstheoretischen Ansatz zur Konstruktion und zur Analyse solcher Erklärungen, die sich stets aus dem Explanandum und dem Explanans zusammensetzen (Hempel & Oppenheim, 1948). Das Explanandum stellt das zu erklärende Phänomen dar, welches in Form von logischen Sätzen beschrieben wird, während das Explanans Gesetze, Regelmäßigkeiten, Bedingungen sowie (unsichtbare) Entitäten enthält, die zum eigentlichen Phänomen führen. Ausgehend von diesen Annahmen haben sich in jüngerer Vergangenheit weitere Ansätze etabliert, die die Schwachstellen des deduktiv-nomologischen Modells zu lösen versuchen. Während der Kausalitätsansatz den Zusammenhang zwischen Ursache und Wirkung anhand von Mechanismen zu rekonstruieren versucht (Salmon, 1984; Woodward, 2003), wird im Vereinheitlichungsansatz primär nach Erklärungen gesucht, die eine möglichst große Zahl von Phänomenen umfassen (Kitcher, 1981). Andrade und Kollegen (2019) haben auf Grundlagen dieser beiden Ansätze ein Kategoriensystem konzipiert, mit dem Erklärungen von Lernenden systematisch analysiert werden können:

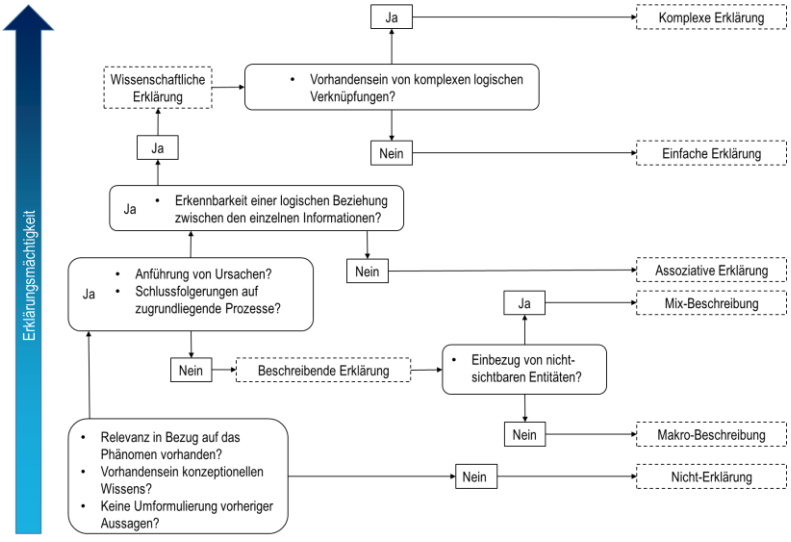


Abb. 1: Kategoriensystem für Erklärungen nach Andrade und Kollegen (2019)

Forschungsziel und Forschungsfragen

Das Promotionsprojekt verfolgt das Ziel, die Fähigkeit von Schüler*innen, chemische Phänomene zu erklären, zu erheben, und Effekte des Einsatzes von AR-Visualisierungen aufzudecken. Hierzu wird in einem zweiteiligen Forschungsprojekt folgenden Forschungsfragen nachgegangen:

F1: Inwiefern führt der Einsatz von Augmented Reality in Experimentiersituationen zu höheren Leistungen beim Erklären chemischer Phänomene?

F2: Inwiefern kann der Einsatz von Augmented Reality beim Experimentieren die Verknüpfung von Beobachtung und Deutung unterstützen?

Forschungsdesign

Zur Erforschung der oben genannten Fragestellungen soll zunächst eine erste explorative Studie mit qualitativem Schwerpunkt durchgeführt werden, die grundsätzlich zwei Ziele verfolgt. Einerseits soll die zuvor entwickelte AR-Umgebung erprobt und andererseits erste Hinweise auf Effekte hinsichtlich der Fähigkeit von Schüler*innen, Phänomene zu erklären, gewonnen werden. Hierzu beobachten die Proband*innen ein chemisches Phänomen und bekommen währenddessen virtuelle Repräsentationen der submikroskopischen Ebene zur Verfügung gestellt. Im Anschluss werden sie sowohl zur Deutung des Experiments als auch zur System Usability im Hinblick auf die AR-Umgebung befragt. Mittels eines teilstrukturierten Vorgehens anhand von Leitfragen und der Think-Aloud-Methode sollen die Proband*innen möglichst viele ihrer Gedanken verbalisieren, um umfangreiche und nachvollziehbare Informationen zu ihren Erklärungsansätzen zu erhalten. Diese Erkenntnisse werden schließlich in der Konzeption der zweiten Studie berücksichtigt, die zunächst in einem quasi-experimentellen Prä-Post Vergleichsgruppendesign angelegt ist. Im Rahmen des Vortests werden zunächst das Fachwissen, die kognitiven Fähigkeiten, Motivation und Interesse hinsichtlich des Fachs Chemie sowie das Interesse an Informationstechnologie und digitalen Medien als Kontrollvariablen erhoben. Während der Intervention führen die Proband*innen dann ein Experiment durch, wobei einer Vergleichsgruppe AR-Visualisierungen zur Verfügung gestellt werden. In der anschließenden Erklärungsphase halten die Studienteilnehmer*innen ihre Erklärungsansätze in einer vorbereiteten digitalen Lernumgebung fest. Sowohl die Experimentier- als auch die Erklärungsphase werden durch Screencasts und Audiographie der Gespräche zwischen den Proband*innen dokumentiert und durch regelmäßige Abfragen der empfundenen kognitiven Belastung begleitet, sodass über die gesamte Intervention Prozessdaten vorliegen, die in Zusammenhang mit den Daten der primär quantitativen Prä- und Posttests analysiert werden können.

Ausblick

Für eine adäquate Umsetzung erstgenannter Teilstudie müssen zunächst Experimente ausgewählt werden, die sich für eine AR-Umgebung eignen. Parallel hierzu kann bereits eine Auswertung verschiedener AR-Technologien hinsichtlich ihrer Umsetzbarkeit erfolgen. Im Anschluss an die beiden zuvor genannten Schritte soll mit der Entwicklung einer AR-Umgebung begonnen werden, welche zu gegebener Zeit pilotiert wird. Vor Beginn der ersten Teilstudie soll weiterhin ein Leitfaden zur Strukturierung und Fokussierung relevanter Aspekte entwickelt werden.

Literaturverzeichnis

Altmeyer, K., Kapp, S., Thees, M., Malone, S., Kuhn, J. & Brünken, R. (2020). The use of augmented reality to foster conceptual knowledge acquisition in STEM laboratory courses—Theoretical background and empirical results. *British Journal of Educational Technology*, *51*(3), 611–628. https://doi.org/10.1111/bjet.12900

Andrade, V. de, Freire, S. & Baptista, M. (2019). Constructing scientific explanations: a system of analysis for students' explanations. *Research in Science Education*, *49*(3), 787–807. https://doi.org/10.1007/s11165-017-9648-9

Azuma, R. T. (1997). A Survey of Augmented Reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, *6*(4), 355–385. https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.4.355

Davidowitz, B. & Chittleborough, G. D. (2009). Linking the macroscopic and sub-microscopic Levels: Diagrams. In J. K. Gilbert & D. F. Treagust (Hrsg.), *Multiple representations in chemical education* (Models and Modeling in Science Education, Bd. 4, S. 169–191). Dordrecht: Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8872-8_9

Dettweiler, Y. (2017). *Enhancing students' knowledge by meta-conceptual instruction*. https://doi.org/10.17619/UNIPB/1-21

Giere, R. N. (2010). An agent-based conception of models and scientific representation. *Synthese*, *172*(2), 269–281. https://doi.org/10.1007/s11229-009-9506-z

Gilbert, J. K., Boulter, C. J. & Rutherford, M. (2000). Explanations with models in science education. In J. K. Gilbert & C. J. Boulter (Hrsg.), *Developing models in science education* (S. 193–208). Dordrecht: Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-010-0876-1_10

Hempel, C. G. & Oppenheim, P. (1948). Studies in the logic of explanation. *Philosophy of Science*, *15*(2), 135–175.

Ibáñez, M.-B. & Delgado-Kloos, C. (2018). Augmented reality for STEM learning: A systematic review. *Computers & Education*, *123*, 109–123. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.05.002

Johnstone, A. H. (1982). Macro and microchemistry. *Chemistry in Britain*, *18*(6), 409–410.

Johnstone, A. H. (1993). The development of chemistry teaching. A changing response to a changing demand. *Journal of Chemical Education*, *70*(9), 701–705.

Keller, S., Rumann, S. & Habig, S. (2021). Potentiale von Augmented Reality für das Erlernen der organischen Chemie. In: S. Habig (Hrsg.), Naturwissenschaftlicher Unterricht und Lehrerbildung im Umbruch? Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung 2020. Universität Duisburg-Essen.

Kitcher, P. (1981). Explanatory Unification. *Philosophy of Science*, *48*(4), 507–531. Verfügbar unter http://www.jstor.org/stable/186834

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.

Luisi, P.-L. & Thomas, R. M. (1990). The pictographic molecular paradigm. *Naturwissenschaften*, *77*(2), 67–74.

Oliveira, D. K. B. S., Justi, R. S. & Mendonça, P. C. C. (2015). The use of representations and argumentative and explanatory situations. *International Journal of Science Education*, *37*(9), 1402–1435. https://doi.org/10.1080/09500693.2015.1039095

Rapp, D. N. & Kurby, C. A. (2008). The 'ins' and 'outs' of learning: Internal representations and external visualizations. In J. K. Gilbert, M. Reiner & M. B. Nakhleh (Hrsg.), *Visualization: Theory and practice in science education* (S. 29–52). Dordrecht: Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5267-5_2

Salmon, W. C. (1984). *Scientific explanation and the causal structure of the world*. Princeton, New Jersey: Princeton University Press.

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

Woodward, J. (2003). *Making things happen. A theory of causal explanation* (Oxford studies in philosophy of science). Oxford, New York: Oxford University Press.

Benedikt Gottschlich[1] [1]Universität Tübingen
Jan-Philipp Burde[1]

Der Einfluss der Muttersprache auf die Ausbildung von Schülervorstellungen

Motivation und Hintergrund

Trotz der zunehmenden Bedeutung elektrotechnischer Kompetenzen auf dem Arbeitsmarkt weisen Schülerinnen und Schüler nur selten ein konzeptionelles Verständnis über die Zusammenhänge im elektrischen Stromkreis auf (Urban-Woldron & Hopf, 2012, S. 201). In den letzten Jahrzehnten konnten typische Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern, welche das Erlernen physikalisch korrekter Zusammenhänge erschweren, identifiziert und systematisiert werden (Morris et al., 2018, S. 255). Der fachdidaktischen Forschung zufolge sind Deutungen von Alltagserfahrungen, der Modellcharakter von Veranschaulichungen und nicht zuletzt der alltägliche Sprachgebrauch ursächlich für die Herausbildung derartiger Schülervorstellungen (Schecker & Duit, 2018, S. 12ff). Nach Wilhelm & Hopf (2018, S. 116) erschweren Alltagsbegriffe es insbesondere im Kontext des elektrischen Stromkreises, physikalisch korrekte Konzepte für zentrale Begriffe zu erwerben. Neben dem prominenten Begriff des „Stromverbrauchs“ führen Wilhelm & Hopf (2018, S. 125) darüber hinaus die Formulierungen „Strom sparen“, „Strom erzeugen“, „Stromrechnung“ sowie „leere Batterie“ an. Aufgrund der Bedeutung der sprachlichen Komponente bei der Herausbildung von Schülervorstellungen wurde im Rahmen einer Masterarbeit der Frage nachgegangen, inwiefern das Chinesische als eine Sprache, in welcher Begriffe und Formulierungen zum elektrischen Stromkreis eine andere Struktur aufweisen, andere Vorstellungen bzw. Assoziationen hervorruft. In der folgenden Tabelle sind zentrale Begriffe vergleichend aufgeführt, wobei die Hypothese besteht, dass bis auf „Batterie“ jeweils der chinesische Begriff weniger zur Herausbildung typischer Schülervorstellungen beiträgt:

Deutsch	**Chinesisch**
Elektrischer Strom	電流 („Elektrizitäts-Fluss“)
„Strom verbrauchen“	消耗電 („Elektrizität verbrauchen“)
Elektrisches Potenzial	電位 („Elektrizitäts-Ort“)
Elektrische Spannung	電壓 („Elektrizitäts-Druck“)
Reihenschaltung	串聯 („in Reihe verbunden“, man beachte erstes Schriftzeichen)
Batterie	電池 („Elektrizitäts-Becken“)

Tab. 1: Gegenüberstellung deutscher und chinesischer Begriffe zum elektrischen Stromkreis

Forschungsstand

Die hier vorgestellte Arbeit hat einen explorativen Charakter, da der Kontext der betrachteten Forschungsfrage in der deutsch- und englischsprachigen Literatur bislang keine prominente Rolle einnimmt. Dies betrifft sowohl Studien zum konzeptionellen Verständnis in elektrischen Stromkreisen im Vergleich mit ostasiatischen Stichproben als auch Studien zur Untersuchung des sprachlichen Einflusses auf die Herausbildung von Schülervorstellungen. Bei dem konkreten Forschungsdesiderat dieser Arbeit, der vergleichenden Betrachtung des Einflusses der deutschen bzw. chinesischen Sprache auf Schülervorstellungen, handelt es sich daher um eine Forschungslücke, zu welcher keine unmittelbaren Vorarbeiten existieren. Allgemein liegen nur wenige länderübergreifende Vergleichsstudien zu Schülervorstellungen vor, was

möglicherweise auf die Herausforderungen zurückzuführen ist, die mit der Durchführung einer internationalen Studie einhergehen. Dazu gehören z. B. die Verortung der relevanten Inhalte in verschiedenen Jahrgangsstufen, die Auswahl repräsentativer Stichproben oder prinzipielle Unterschiede zwischen den Schulsystemen (Shipstone et al., 1988, S. 304). Beispiele für vergleichende internationale Studien zum konzeptionellen Verständnis des elektrischen Stromkreises von Schülerinnen und Schülern sind die Forschung von Shipstone et al. (1988) und die Arbeit von Müller (2014).

Methodisches Vorgehen und Testdurchführung

Aufgrund persönlicher Kontakte zu Schulen in Taiwan, wo das Chinesische wie in China Amts- und Verkehrssprache ist, wurden die Erhebungen mit Chinesisch-Muttersprachlern an taiwanischen Schulen durchgeführt. Im taiwanischen Lehrplan ist die elementare Elektrizitätslehre in der 9. Klasse verortet, weshalb taiwanischen Schülerinnen und Schülern dieser Jahrgangsstufe (N = 79) das ins Chinesische übersetzte Testinstrument von Urban-Woldron & Hopf (2012) vorgelegt wurde. Dabei wurde allerdings die um vier Spannungsitems erweiterte Version benutzt, die von Burde (2018) in dessen Dissertation verwendet wurde, womit der Test insgesamt aus 26 Items bestand. Bezüglich der deutschen Vergleichsgruppe wurde auf die Daten der Kontrollgruppe aus Burde (2018) zurückgegriffen, die mit dem gleichen Testinstrument an hessischen Gymnasien erhoben wurden (N = 357). Der Test ermöglicht insbesondere auch eine Erfassung typischer Schülervorstellungen zum elektrischen Stromkreis, wie sie in Burde (2018, S. 43ff) aufgeführt sind.

Das Forschungsdesiderat dieser Arbeit ist mit der Schwierigkeit verbunden, den sprachlichen Einfluss inmitten vieler anderer potenziell konfundierend wirkender Einflüsse wie z. B. der Unterrichtsqualität zu erfassen. Mit dem Ziel, diese Einflüsse zu reduzieren, wurde Schülerinnen und Schülern der 6. Klasse in Deutschland (N = 46) und in Taiwan (N = 71) ein etwa fünfminütiger Online-Fragebogen vorgelegt, der im Wesentlichen auf einer bildlichen Ebene Assoziationen zu zentralen Begriffen der elementaren Elektrizitätslehre abfragt. Zu diesem Zeitpunkt hatten die befragten Schülerinnen und Schüler noch keinen Physikunterricht besucht, weshalb angenommen werden kann, dass die erfassten Assoziationen überwiegend auf sprachlichen Einflüssen basieren. Dieser Fragebogen wurde vom Autor selbst entwickelt und ist psychometrisch nicht ausgereift. Um sicherzustellen, dass die Erkenntnisse sich mit den Erfahrungen von Physiklehrkräften aus der taiwanischen Unterrichtsrealität decken, wurden im Anschluss an beide mit Schülerinnen und Schülern durchgeführten Erhebungen sechs taiwanische Physiklehrkräfte interviewt.

Ergebnisse

Die Befragung von Schülerinnen und Schülern der 6. Klasse zeigte wenig überraschend das Vorliegen eines weitgehend diffusen Strom- und Spannungskonzepts. Jedoch scheinen sich einige eingangs formulierte Vermutungen bzgl. des sprachlichen Einflusses auf die Assoziationen der Schülerinnen und Schüler zu bestätigen. Insbesondere wurden in der taiwanischen Stichprobe bezüglich des Strom- und Spannungsbegriffes wesentlich häufiger physikalisch sinnvolle Antwortmöglichkeiten ausgewählt, beim elektrischen Potenzial sowie bei Reihen- und Parallelschaltungen zeigten sich hingegen kaum Unterschiede. Bei dem um Spannungsitems erweiterten Test von Urban-Woldron & Hopf (2012) war die taiwanische Stichprobe mit im Mittel M = 12,60 (SE = 0,77) korrekt beantworteten Items signifikant besser als die deutsche Stichprobe mit einem Mittelwert M = 8,63 (SE = 0,23). Lediglich bei vier der 26 Items konnte für die deutsche Stichprobe ein größerer Anteil korrekter Lösungen beobachtet

werden. Eine höhere Anzahl fehlerbehafteter Antworten erhöht die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Schülervorstellungen, weshalb insgesamt höhere Ausprägungen bei der deutschen Stichprobe zu erwarten waren. In der taiwanischen Stichprobe traten die Konstrukte „Erfassung von Parallelschaltungen“ (PS), „Konzeptionelle Schwierigkeiten mit der Spannung“ (KS), „Stromverbrauchsvorstellung“ (SV) und „Stromverbrauch proportional zu R“ (PR) signifikant geringer auf; die deutschen Schülerinnen und Schüler zeigten keine Vorstellung signifikant seltener (siehe Abb. 1).

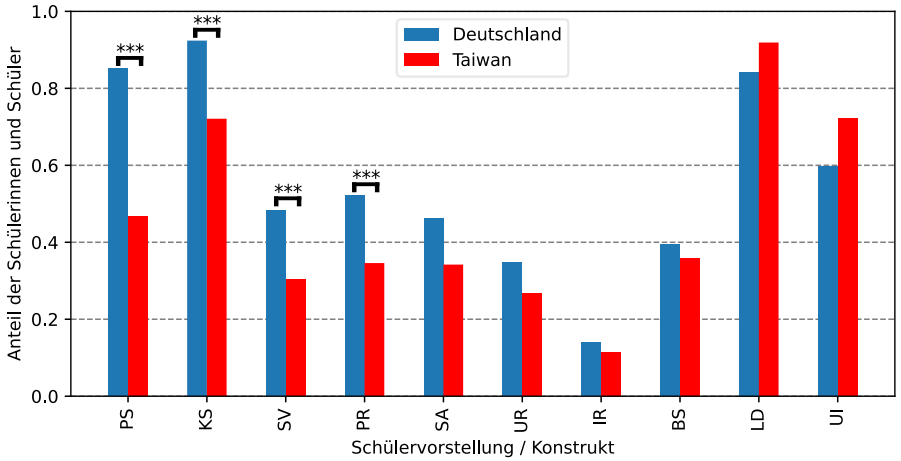


Abb. 1: Verteilung der Schülervorstellungen nach dem Elektrizitätslehreunterricht; für Kodiermanual siehe Burde (2018, S. 190f); SA=Sequenzielle Argumentation, UR=Stromstärke unabh. von R, IR=Inverse Widerstandsvorstellung, BS=Batterie als konstante Stromquelle, LD=Lokales Denken, UI=Spannung als Eigenschaft des Stroms (weitere Abkürzungen s. Text)

Die gleichzeitige Betrachtung der beiden beschriebenen Erhebungen in Kombination mit der Befragung taiwanischer Physiklehrkräfte liefert Hinweise darauf, dass die chinesische Sprache das Erlernen eines physikalisch zutreffenden Spannungskonzepts erleichtern kann und darüber hinaus die Herausbildung der Stromverbrauchsvorstellung im Vergleich zur deutschen Sprache möglicherweise weniger fördert. Die besseren Leistungen taiwanischer Schülerinnen und Schüler nach dem Elektrizitätslehreunterricht beim Erfassen von Parallelschaltungen lassen sich hingegen vermutlich nicht auf sprachbedingte Unterschiede zurückführen. Vielmehr kann angenommen werden, dass die intensive mathematisch-geometrische Ausbildung im taiwanischen Schulsystem hierbei begünstigend wirkt.

Ausblick

Auch wenn obige Ausführungen keinen unmittelbaren Bezug zur Unterrichtspraxis aufzeigen, birgt die konkrete Untersuchung des sprachlichen Einflusses auf die Herausbildung von Schülervorstellungen auch Potenzial für Verbesserungen in der schulischen Lehre. Aufgrund der zunehmenden sprachlichen Heterogenität in deutschen Klassenzimmern kann es für eine Physiklehrkraft von Nutzen sein, wenn Kenntnisse über den sprachlichen Hintergrund z. B. im Arabischen oder Türkischen bestehen. Im Sinne einer individuellen Berücksichtigung der sprachlichen Voraussetzungen einzelner Schülerinnen und Schüler könnte durch zukünftige Arbeiten die Grundlage gelegt werden, Lehrkräfte zu befähigen, individuell denjenigen Schülervorstellungen entgegenzuwirken, die auf sprachliche Einflüsse zurückzuführen sind.

Literatur

Burde, J.-P. (2018). Konzeption und Evaluation eines Unterrichtskonzepts zu einfachen Stromkreisen auf Basis des Elektronengasmodells. Berlin: Logos Verlag

Morris, L., Ivanjek, L., Burde, J., Dopatka, L., Haagen-Schützenhöfer, C., Schubatzky, T., Spatz, V., Wilhelm, T. & Hopf, M. (2018). Weiterentwicklung eines Testinstruments zum einfachen Stromkreis. PhyDid B - Didaktik der Physik – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung, 255-259

Müller, S., Burde, J. & Wilhelm, T. (2015). Vergleich von Schülervorstellungen zur Elektrizitätslehre in Hessen und Weißrussland. PhyDid B – Didaktik der Physik – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung

Schecker, H. & Duit, R. (2018). Schülervorstellungen und Physiklernen. In: H. Schecker, T. Wilhelm, M. Hopf & R. Duit (Hrsg.), Schülervorstellungen und Physikunterricht: Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis. Berlin: Springer, 1-21

Shipstone, D., Rhöneck, C., Jung, W., Kärrqvist, C., Dupin, J., Joshua, S. & Licht, P. (1988). A Study of Secondary Students' Understanding of Electricity in Five European Countries. International Journal of Science Education, 10(3), 303-316

Urban-Woldron, H. & Hopf, M. (2012). Entwicklung eines Testinstruments zum Verständnis in der Elektrizitätslehre. Zeitschrift für die Didaktik der Naturwissenschaften, 18, 201-227

Wilhelm, T. & Hopf, M. (2018). Schülervorstellungen zum elektrischen Stromkreis. In: H. Schecker, T. Wilhelm, M. Hopf & R. Duit (Hrsg.), Schülervorstellungen und Physikunterricht: Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis. Berlin: Springer, 115-138

Simon Kaulhausen[1]
Carolin Eitemüller[1]
Maik Walpuski[1]

[1]Universität Duisburg-Essen

Schwierigkeiten beim kompetenzorientierten Prüfen in Chemie an der Universität

Theoretischer Hintergrund

Im einführenden Modul *Allgemeine Chemie* an Universitäten lassen sich seit Jahren hohe Durchfallquoten beobachten. So liegen diese häufig über 30 % (Averbeck, 2020). Auch international bestehen viele Studierende dieses Modul nicht (Freeman, Haak & Wenderoth, 2011). Diese Beobachtung ist dahingehend problematisch, dass Klausurmisserfolg einen erheblichen Einfluss auf die Studienabbruchswahrscheinlichkeit von Studierenden hat (Heublein, Hutzsch, Schreiber, Sommer & Besuch, 2010). Die Ursachen für den mangelnden Erfolg in der Klausur *Allgemeine Chemie* lassen sich in zwei Bereiche gliedern. So hat Averbeck (2020) zeigen können, dass im Bereich der individuellen Faktoren besonders mangelndes Vorwissen und unzureichende mathematische Fähigkeiten zu Klausurmisserfolg führen. Ebenfalls stark prädiktiv wirken die Studienmotivation, die Abiturnote sowie die Kurswahl im Fach Chemie (Averbeck, 2020). In der Literatur finden sich jedoch auch einige Hinweise, die auf strukturelle Probleme im Modul hindeuten. So weist Ramsden (2003) darauf hin, dass Studierende vor allem das lernen, was vermeintlich in der Klausur abgefragt wird und nicht das, was in den Modulhandbüchern als Lernziel ausgewiesen wird. Roloff (2008) zeigt auf, dass aus Sicht der Studierenden in Klausuren häufig neuartige und unerwartete Aufgaben gestellt werden. Diese Erkenntnis wird von Schindler (2015) gestützt, welcher herausgefunden hat, dass Klausuraufgaben häufig von Lernzielen entkoppelt sind. Die Transparenz von Lernzielen in der Allgemeinen Chemie im Laborpraktikum hat Elert (2019) untersucht und herausgefunden, dass die von den Studierenden als wichtig empfundenen Lernziele deutlich von den intendierten Lernzielen der Lehrenden abweichen.

All diese Probleme lassen darauf schließen, dass eine gute Passung von Lernziel, Lehre und Prüfung nicht besteht. Im Modell des Constructive Alignments wird diese Passung beschrieben und als besonders wichtig herausgestellt (Kennedy, 2008; Romeike, 2010; Wildt & Wildt, 2011). Um Transparenz zu erzeugen, ist es im Sinne des Modells wichtig, Lernziele als outputorientierte Kompetenzbeschreibungen zu formulieren, welche so bei der Planung der Lehre und der Prüfung helfen (Frölich-Steffen & den Ouden, 2019). Aus Sicht der Studierenden sorgen diese Kompetenzbeschreibungen für Klarheit bei der Klausurvorbereitung und der Nachbereitung des Moduls (Brendel, Hanke & Macke, 2019; Kennedy, 2008). Ergänzend hierzu führt Romeike (2010) auf, dass diese als Kompetenzen formulierten Lernziele die Studienmotivation erhöhen und letztendlich so die Leistung der Studierenden steigern. Das Modell des Constructive Alignments stellt damit eine Passung von Prüfung und Modul dar, welche nur gegeben ist, wenn Prüfungen die Kompetenzen abfragen, die auch im Modul den Studierenden vermittelt wurden (Schaper, Hilkenheimer & Bender, 2013; Walzik, 2012).

Ziel der Studie

Die bereits beschriebenen strukturellen Probleme, welche als mangelnde Passung im Sinne des Constructive Alignments verstanden werden können, werden von den festgestellten Diskrepanzen innerhalb der transparenten Vermittlung von Lernzielen untermauert. Dies hat Elert (2019) für das Laborpraktikum in der *Allgemeinen Chemie* bereits festgestellt. Es zeigt sich somit, dass auf mehreren Ebenen von Problemen auszugehen ist. In der nun geplanten Studie sollen die vermuteten Probleme im Modul *Allgemeine Chemie* untersucht werden. Die hohen Durchfallquoten deuten auf vorliegende strukturelle Defizite neben Leistungsdefiziten als Ursache hin.

Forschungsfragen

Im Sinne des Constructive Alignments erfolgt die Untersuchung nicht nur zwischen den drei Bereichen Lernziele, Lehre und Prüfungen, sondern auch innerhalb des Bereichs Lernziele. So wird einerseits untersucht, ob die von den Lehrenden intendierten Lernziele zu den wahrgenommenen Lernzielen der Studierenden passen. Andererseits wird untersucht, ob die Prüfungen die Kompetenzen, die vermittelt und gewünscht bzw. wahrgenommen wurden, valide abprüfen.

FF1: Wie decken sich die von den Studierenden wahrgenommen 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?

Methode und Forschungsdesign

Zur Klärung der ersten Forschungsfrage wurden in einem ersten Schritt Lernziele für das Modul *Allgemeine Chemie* abgeleitet. Hierzu dienten das Vorlesungsskript und gängige Fachliteratur als Vorlage. Bei der Formulierung der Lernziele wurde darauf geachtet, dass diese in verschiedenen kognitiven Dimensionen aufgeführt wurden. Die Lernzieltaxonomie nach Anderson und Krathwohl (2001) half bei der richtigen Auswahl der Operatoren. Hier wurden vorrangig Lernziele in den kognitiven Stufen *verstehen*, *anwenden* und *analysieren* verwendet. Es wurden Lernziele zu allen Inhalten der Vorlesung abgeleitet. Um nun die Wichtigkeit der Lernziele zu ermitteln, werden diese zu Anfang der Vorlesung von den Dozierenden nach Wichtigkeit beurteilt. Hierzu dient ein Onlinefragebogen mit vierstufiger Likert-Skala von *unwichtig* bis *sehr wichtig*. Der gleiche Fragebogen wird nach dem Modul jedoch vor der Prüfung von den Studierenden bearbeitet. Über den Vergleich der Antworten lässt sich eine Aussage über die Deckung von intendierten und den als wichtig erachteten Lernzielen tätigen.

Die zweite Forschungsfrage wird durch einen externen Fachwissenstest überprüft. Hierbei werden bereits vorhandene Items (Freyer, 2013) durch neu entwickelte Items ergänzt. Der Fachwissenstest soll am Ende des Moduls eingesetzt werden. Über die externe Validierung der Klausur mit diesem Test soll überprüft werden, ob die eingesetzte Prüfung die Kompetenzen abprüft, die durch die Lernziele des Moduls beschrieben werden. Um Aufschluss darüber zu erhalten, ob die vorliegenden Probleme strukturell und/oder individuell gegeben sind, werden Kontrollvariablen miterhoben. So wird der Fachwissenstest auch zu Anfang des Moduls eingesetzt, um den Wissenszuwachs und das Vorwissen zu ermitteln.

Darüber hinaus wird die Lernzeit, die Abiturnote, die Kurswahl im Fach Chemie in der Oberstufe und die Studienmotivation erhoben.
Der Fachwissenstest sowie die Lernziele werden bereits in einer Pilotstudie getestet, bevor diese in der Hauptstudie verwendet werden. Die Testungen erfolgen in mehreren Veranstaltungen der Allgemeinen Chemie. So werden in der Pilotstudie Biologiestudierende im Bachelor getestet, welche im Rahmen ihres Studiums die Allgemeine Chemie belegen müssen. In der Hauptstudie sollen Studierende und Lehrende der Studiengänge Lehramt Chemie, Lehramt Biologie und Medizin getestet werden. Die Stichprobe beträgt so voraussichtlich N = ~350 Studierende und N = ~4 Lehrende.

Ertrag der Forschung und Ausblick

Aus der Studie sollen sich Verbesserungen für die Lehre im Studienfach Chemie ergeben. Hierbei liegt das Augenmerk besonders auf der Förderung der Kompetenzorientierung von Modulen und dazugehöriger Prüfung. Im Sinne des Bologna Prozesses ist dies auch politisch gefordert (Bechtold & Helferich, 2008; Kennedy, 2008). Die Transparenz für Studierende zu verbessern, indem die Modulhandbücher überarbeitet und um kompetenzorientierte Lernziele ergänzt werden, ist sicherlich ein weiteres Ziel dieser Studie. Verbessern sich Transparenz und Kompetenzorientierung, so lässt sich vermuten, dass sich die Leistung der Studierenden verbessert. Somit sollten sich durch die bessere Passung von Modul und Prüfung auch die Erfolgsquoten in den Prüfungen verbessern, was im weiteren zu niedrigeren Abbruchquoten im Studium führt.

Literaturverzeichnis

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.

Averbeck, D. (2020). *Zum Studienerfolg in der Studieneingangsphase des Chemiestudiums – Der Einfluss kognitiver und affektiv-motivationaler Variablen*.

Brendel, S., Hanke, U. & Macke, G. (2019). *Kompetenzorientiert lehren an der Hochschule*. Opladen et Toronto: Verlag Barbara Budrich; UTB.

Elert, T. (2019). *Course Success in the Undergraduate General Chemistry Lab* (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 284). Berlin: Logos Berlin.

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* (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 156). Zugl.: Universität Duisburg-Essen, Diss. Berlin: Logos Berlin.

Frölich-Steffen, S. & den Ouden, H. (2019). Hochschulprüfungen im Fokus. Vom autodidaktischen Abschauen zu didaktisch-gereifter Prüfungskompetenz. In H. den Ouden, S. Frölich-Steffen & U. Gießmann (Hrsg.), *Kompetenzorientiert prüfen und bewerten an Universitäten. Didaktische Grundannahmen, rechtliche Rahmenbedingungen und praktische Handlungsempfehlungen* (1. Auflage, S. 11–27). Leverkusen: Verlag Barbara Budrich.

Heublein, U., Hutzsch, C., Schreiber, J., Sommer, D. & Besuch, G. (2010). *Ursachen des Studienabbruchs in Bachelor- und in herkönnlichen Studiengängen*. Hannover.

Kennedy, D. (2008). *Lernergebnisse (Learning Outcomes) in der Praxis. Ein Leitfaden.* Bonn: DAAD.

Ramsden, P. (2003). *Learning to Teach in Higher Education*: Routledge. https://doi.org/10.4324/9780203507711

Roloff, S. (2008). Erfolge nachweisen. Prüfungen in der Hochschullehre. In T. Stelzer-Rothe & T. Brinker (Hrsg.), *Kompetenzen in der Hochschullehre. Rüstzeug für gutes Lehren und Lernen an Hochschulen* (Das Kompendium, 2., aktualisierte Aufl., S. 313–342). Rinteln: Merkur-Verl.

Romeike, R. (2010). *Output statt Input - Zur Kompetenzformulierung in der Hochschullehre Informatik*. Zugriff am 09.07.2019. Verfügbar unter https://www.computingeducation.de/pub/2010_Romeike_HDI2010.pdf

Schaper, N., Hilkenheimer, F. & Bender, E. (2013). *Fachgutachten - Umsetzungshilfen für kompetenzorientiertes Prüfen*.

Schindler, C. (2015). *Herausforderung Prüfen:. Eine fallbasierte Untersuchung der Prüfungspraxis von Hochschullehrenden im Rahmen eines Qualitätsentwicklungsprogramms*. München.

Walzik, S. (2012). *Kompetenzorientiert prüfen. Leistungsbewertung an der Hochschule in Theorie und Praxis* (UTB Schlüsselkompetenzen, Bd. 3). Opladen: Budrich.

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). Berlin: DUZ Verlags- und Medienhaus GmbH.

Julian Heeg[1]
Robert Marten Bittorf[1]
Sascha Schanze[1]

[1]Leibniz Universität Hannover

Vorstellungen zum chemischen Gleichgewicht – ein systematisches Review

Das chemische Gleichgewicht ist ein zentraler Themenkomplex des Chemieunterrichts der Sekundarstufe II. Das Wissen um das chemische Gleichgewicht wird benötigt, um weitere Inhalte (u.a. in der organischen Chemie sowie das Donator-Akzeptor-Prinzip bei Redox- bzw. Säure-Base-Reaktionen) vertiefend zu verstehen. Allerdings zeigen nationale wie internationale Studien seit Jahrzehnten beständig auf, dass Lehrende wie Lernende eine Vielzahl von alternativen Vorstellungen hierzu aufweisen können (z.B. Banerjee, 1991; Hackling & Garnett, 1985; Özmen, 2008). In Anlehnung an Ansätze des erfahrungsbasierten Verstehens können als mögliche Quellen für diese Vorstellungen sensomotorische wie soziale Erfahrungen angenommen werden (Gropengießer & Marohn, 2018; z.B. Gropengießer & Groß, 2019). Diese im Alltag stetig auf Viabilität geprüften Vorstellungen können sich entsprechend verfestigen. Zusätzliche Bestätigung findet sie im alltäglichen Sprachgebrauch, wenn bspw. von einem *emotionalen Gleichgewicht* die Rede ist. Aber auch das Wort *Gleichgewicht* selbst impliziert unmittelbar gleiche Gewichte (häufig verbunden mit der Vorstellung eine Balkenwaage). Eine Übertragung auf eine adäquate fachchemische Bedeutung gleicher Reaktionsgeschwindigkeiten ist entsprechend nicht für alle Lernenden naheliegend.

Mittlerweile existieren vielfache Erkenntnisse zu den alternativen Vorstellungen rund um das chemische Gleichgewicht. Diese liegen über eine größere Anzahl an wissenschaftlichen Publikationen verteilt vor. Wenngleich dies ein wünschenswerter Zustand ist, so geht damit dennoch der zentrale, schwierigkeitsgenerierende Aspekt einher, dass die meisten Lehrenden in Schule weder einen Zugriff auf diese Beiträge haben, noch die über die notwendigen zeitlichen Ressourcen verfügen, all diese Beiträge zu lesen (Galvin, Simmie & O'Grady, 2015; Taber, 2001). Aber auch für Forschende ist es mit einem gewissen Aufwand verbunden, noch bestehende Forschungsbedarfe zu identifizieren. Systematische Zusammenstellungen (Reviews) eines temporären Forschungsstandes können hierfür eine zielführende Maßnahme sein. Daher wurden in dem vorliegenden Beitrag Erkenntnisse aus insgesamt 18 Studien zum chemischen Gleichgewicht methodisch kontrolliert zusammengeführt (Heeg, Bittorf & Schanze, 2020).

Methodisches Vorgehen

Das vorliegende Review baut methodisch auf den PRISMA-Vorgaben auf (Moher, Liberati, Tetzlaff & Altman, 2009). Inhaltlich wurde sich an bereits existierenden Reviews im Bereich der Lernendenvorstellungen orientiert (u.a. Bain & Towns, 2016; Gurel, Eryilmaz & McDermott, 2015; Ünal, Çalık, Ayas & Coll, 2006). Aus einer Gesamtzahl an 284 Artikeln wurden in einem mehrstufigen Verfahren 18 Artikel im weiteren Prozess berücksichtigt (s. Abbildung 1). Das Publikationsjahr sowie der Publikationsort wurden mit erhoben. Ferner wurde dokumentiert, mittels welcher Erhebungsinstrumente die Vorstellungen diagnostiziert wurden. Auch die Zielgruppe (z.B. Lehrkräfte, Studierende) wurde den Beiträgen entnommen.

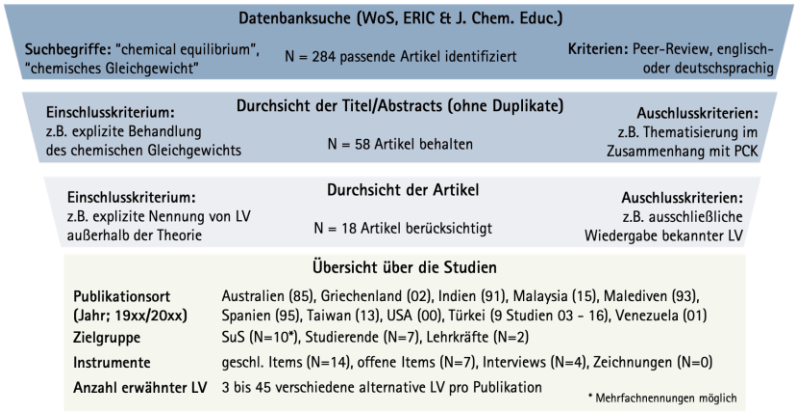


Abb. 1: Übersicht über den Reviewprozess sowie über die berücksichtigten Studien

Aus den Beiträgen wurden fünf fachliche Kategorien bestimmt, die für die nachfolgende Kategorisierung der alternativen Lernendenvorstellungen verwendet wurden. Diese fünf Kategorien umfassen: (1) Zeitraum der Einstellung des dynamischen Gleichgewichts, (2) Charakteristika des chemischen Gleichgewichts, (3) Änderung der Reaktionsbedingungen, (4) Beeinflussung des chemischen Gleichgewichts durch Zugabe eines Katalysators und/oder inerten Gases und (5) Heterogene Gleichgewichtssysteme. Alle identifizierten alternativen Lernendenvorstellungen wurden ins Deutsche übersetzt und in einem qualitativ inhaltsanalytischen Verfahren (in Anlehnung an Gropengießer, 2008) diesen fünf Kategorien zugewiesen und miteinander verglichen. Dabei wurden ähnliche Vorstellungen zur Erklärungsmustern zusammengefasst (s. Tabelle 1).

Tab. 1: Beispiel für die Zusammenführung ähnlicher Vorstellungen zur einem Erklärungsmuster

Übersetzung	**Erklärungsmuster inkl. Vorstellungen**
„Im Gleichgewicht ist die Konzentration der Reaktanten gleich der Konzentration der Produkte“ (Akkus, Kadayifci, Atasoy & Geban, 2003). „Wenn ein System das Gleichgewicht erreicht, entspricht die Masse des Reaktanten der Masse der Produkte. Denn laut Masseerhaltungssatz entspricht die Masse der Reaktanten der Masse der Produkte“ (Atasoy, Akkus & Kadayifci, 2009).	**Gleichheit vorliegender Entitäten** Im Gleichgewicht sind die Konzentrationen/Massen/Stoffmengen der Edukte und Produkte gleich.

Ergebnisse

Die 18 untersuchten Beiträge stammen aus neun Ländern und wurden in den Jahren 1985 – 2016 publiziert (s. Abb. 1). Hinsichtlich der verwendeten Instrumente zeigt sich, dass

überwiegend Fragebögen mit geschlossenen Items verwendet wurden. Lehrkräfte wurden in zwei Fälle, Schülerinnen und Schüler bzw. Studierende in zehn respektive sieben Studien untersucht.

Insgesamt konnten in den Beiträgen 239 Nennungen alternativer Lernendenvorstellungen identifiziert werden. Hierbei wurden in den untersuchten Beiträgen zwischen 3 und 45 verschiedene alternative Vorstellungen ermittelt. Die überwiegende Mehrheit der 239 identifizierten Vorstellungen wurde der Kategorie (3) Änderung der Reaktionsbedingungen zugeordnet (s. Tabelle 2). 204 der 239 der alternativen Vorstellungen konnten zu 32 Erklärungsmuster zusammengefasst werden. Diese Erklärungsmuster verteilen sich über alle fünf fachlichen Kategorien und enthalten bis zu 62 unterschiedliche alternative Vorstellungen (s. Tabelle 2).

Tab. 2: Übersicht über die identifizierten Vorstellungen sowie Erklärungsmuster

Kategorie	**Anzahl alternativer LV insgesamt[1]**	**Anzahl Erklärungsmuster**	**Anzahl alternativer LV pro Erklärungsmuster**
(1)	21	3	8
(2)	49	7	21
(3)	110	17	62
(4)	16	2	6
(5)	27	3	12

[1]: 16 der identifizierten Vorstellungen konnten keiner Kategorie zugewiesen werden.

Diskussion und Ausblick

Mit der vorliegenden Studie (Heeg, Bittorf & Schanze, 2020) konnte ein breiter und zugleich zielgerichteter Überblick über den aktuellen Forschungsstand hinsichtlich alternativer Lernendenvorstellungen zum chemischen Gleichgewicht geschaffen werden. Dieser kann u.a. von Lehrenden für die Gestaltung von Lehr-Lernprozessen genutzt werden (Reinfried, Mathis & Kattmann, 2009). Auch Forschende erhalten die Möglichkeit weitere inhaltliche wie methodische Forschungsbedarfe zu identifizieren. Diesbezüglich ist insbesondere auffällig, dass in keiner der untersuchten Studien Zeichnungen als Erhebungsinstrument eingesetzt wurde. Zeichnungen sich können jedoch als zielführend für bestimmte Erhebungszwecke herausstellen (z.B. Akaygun & Jones, 2014). Aufgrund der Auswahlkriterien wurden einzelne Studien (z.B. van Driel et al. 1998) ausgeschlossen, die weitere Erkenntnisse liefern könnten. Dementsprechend kann an dieser Stelle kein Anspruch auf Vollständigkeit erhoben werden. In der vorliegenden Studie wurden ferner keine Informationen aus den zugrundeliegenden Artikeln hinsichtlich der Entstehung bzw. Genese der alternativen Lernendenvorstellungen zusammengestellt. Die Kenntnis um die jeweilige Herkunft kann allerdings entscheidend für eine anschließende Entwicklung von Maßnahmen zur Weiterentwicklung der Vorstellungen sein (Reinfried, Mathis & Kattmann, 2009). In diesem Zusammenhang kann außerdem angemerkt werden, dass aufbauend auf den hier zusammengeführten Erkenntnissen, weitere systematische Reviews u.a. zu evaluativen Studien durchgeführt werden können, in denen derartige Maßnahmen zur Weiterentwicklung der alternativen Vorstellungen untersucht wurden. Auf diese Weise könnten bspw. bekannte Demonstrationsversuche, wie der Stechheber-Versuch, eine neue empirische Legitimation erhalten (Heeg et al., 2018).

Literaturverzeichnis

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.

Akkus, H., Kadayifci, H., Atasoy, B. & Geban, Ö. (2003). Effectiveness of instruction based on the constructivist approach on understanding chemical equilibrium concepts. *Research in Science & Technological Education*, *21*(2), 209–227.

Atasoy, B., Akkus, H. & Kadayifci, H. (2009). The effect of a conceptual change approach on understanding of students' chemical equilibrium concepts. *Research in Science & Technological Education*, *27*(3), 267–282.

Bain, K. & Towns, M. H. (2016). A review of research on the teaching and learning of chemical kinetics. *Chemistry Education Research and Practice*, *17*(2), 246–262.

Banerjee, A. C. (1991). Misconceptions of students and teachers in chemical equilibrium. *International Journal of Science Education*, *13*(4), 487–494.

Galvin, E., Simmie, G. M. & O'Grady, A. (2015). Identification of Misconceptions in the Teaching of Biology: A Pedagogical Cycle of Recognition, Reduction and Removal. *Higher Education of Social Science*, *8*(2), 1–8.

Gropengießer, H. (2008). Qualitative Inhaltsanalyse in der fachdidaktischen Lehr-Lernforschung. In P. Mayring & M. Gläser-Zikuda (Hrsg.), *Die Praxis der Qualitativen Inhaltsanalyse* (S. 172–189). Beltz Weinheim.

Gropengießer, H. & Groß, J. (2019). Lernstrategien für das Verstehen biologischer Phänomene: Die Rolle der verkörperten Schemata und Metaphern in der Vermittlung. In J. Groß, M. Hammann, P. Schmiemann & J. Zabel (Hrsg.), *Biologiedidaktische Forschung: Erträge für die Praxis* (S. 59–76). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Gropengießer, H. & Marohn, A. (2018). Schülervorstellungen und Conceptual Change. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 49–67). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

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 & Technology Education*, *11*(5).

Hackling, M. W. & Garnett, P. J. (1985). Misconceptions of chemical equilibrium. *European Journal of Science Education*, *7*(2), 205–214.

Heeg, J., Bittorf, R. M. & Schanze, S. (2020). Lernendenvorstellungen zum chemischen Gleichgewicht – ein systematisches Review. *CHEMKON*.

Heeg, J.; Steinich, R.; Hundertmark, S. (2018). Möglichkeiten zum Erkennen und Überwinden von Stolpersteinen auf dem Weg zum Verständnis des chemischen Gleichgewichts. In: *Unterricht Chemie 166*, 32–37.

Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J. & Altman, D. G. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *BMJ (Clinical Research Ed.)*, *339*, b2535.

Özmen, H. (2008). Determination of students' alternative conceptions about chemical equilibrium. A review of research and the case of Turkey. *Chemistry Education Research and Practice*, *9*(3), 225–233.

Reinfried, S., Mathis, C. & Kattmann, U. (2009). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion – eine innovative Methode zur fachdidaktischen Erforschung und Entwicklung von Unterricht. *Beiträge zur Lehrerbildung*, *27*(3), 404–414.

Taber, K. S. (2001). Constructing chemical concepts in the classroom? Using reasearch to inform practice. *Chemistry Education Research and Practice*, *2*(1), 43–51.

Ünal, S., Çalık, M., Ayas, A. & Coll, R. K. (2006). A review of chemical bonding studies: needs, aims, methods of exploring students' conceptions, general knowledge claims and students' alternative conceptions. *Research in Science & Technological Education*, *24*(2), 141–172.

Andreas Helzel[1]
Thorid Rabe[1]

[1]Universität Halle

Sprachbewusstheit unterstützen durch ein kasuistisches Lehrformat

Projektidee

Das Projekt KALEI² der Qualitätsoffensive Lehrerbildung des BMBF an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg (MLU) widmet sich der Heterogenitätssensibilisierung als einen zentralen Aspekt der Lehrkräfteprofessionalisierung in einer kasuistisch ausgestalteter Lehrkräftebildung. Ein Aspekt von Heterogenität im monolingualen deutschen Bildungssystem sind die sprachlichen Fähigkeiten von Lernenden und Lehrenden (Dirim & Mecheril, 2018). Das Teilprojekt *Sprache(n) im Physikunterricht* befasst sich dementsprechend nicht mit Möglichkeiten der Umsetzung von sprachsensiblem Fachunterricht und dessen Wirkung auf die Lernenden, sondern mit der Schaffung der Voraussetzungen bei (angehenden) Lehrkräften, sprachsensiblen Physikunterricht gestalten zu können. Der zentrale Begriff für das Teilprojekt ist die *Sprachbewusstheit*[1] als Teil von Lehrkräfteprofessionalität.

Im Vordergrund steht bei dieser Thematik oft ein linguistisches, sprachdidaktisches (Professions-)Wissen. Demgegenüber gilt Reflexivität als Voraussetzung von Lehrkräfte-pofessionalität (Häcker, Berndt & Walm, 2016, S. 262). Deshalb soll hier im Zusammenhang mit Sprachbewusstheit explizit zur Reflexion angeregt werden, in wie weit sprachliche Praktiken im Unterricht zu In- und auch Exklusion beitragen können (Thoma & Knappig, 2015). Dem trägt das Modell der Kritisch-reflexiven Sprachbewusstheit von Tanja Tajmel Rechnung (Tajmel, 2017, S. 265). Dazu unterscheidet das Modell nicht nur eine affektive, eine kognitiv-linguistische und eine rechtlich-soziale Dimension, die sich auch in der *Critical Language Awareness* finden (James & Garrett, 1991; Fairclough, 1992), sondern ergänzt eine in vier Teildimensionen gegliederte hegemoniale Machtdimension. Ein Überblick zu den Dimensionen und ihren Bedeutungen ist in Abb. 1 dargestellt.

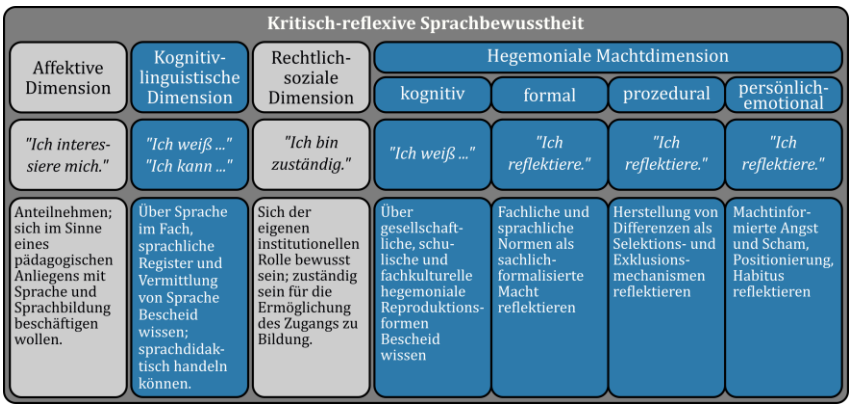


Abb. 1: Konzeptualisierung der Kritisch-reflexiven Sprachbewusstheit von Lehrenden im Kontext von Fachunterricht nach Tajmel (2017)

1 Der Begriff Sprachbewusstheit wird hier sehr allgemein und synonym mit Begriffen wie Sprachsensibilität und Sprachaufmerksamkeit verwendet. Eine ausführlichere Diskussion ist beispielsweise bei Tajmel (2017) oder Röttger (2019) zu finden.

Zur Anbahnung von Reflexivität bzw. eines reflexiven Habitus (Schmidt & Wittek, 2020) und einer Kritisch-reflexiven Sprachbewusstheit im Speziellen (Tajmel, 2017) eignen sich besonders gut rekonstruktive kasuistische Zugänge.
Im Rahmen des Projekts wird die physikdidaktische Begleitveranstaltung der Schulpraktika, die bereits reflektierende, fallbezogene Elemente enthielt, zu einem umfangreichen kasuistischen Lehr-Lern-Konzept iterativ erweitert.

Schulpraktika und fachdidaktische Begleitveranstaltung
Im Rahmen des Lehramtsstudiums aller Fächer der MLU absolvieren Studierende frühestens ab dem vierten Semester zwei vierwöchige Schulpraktika, SP 1 und SP 2. Beide Praktika setzen sich hälftig aus Hospitationen und aus eigenem Unterrichten für beide studierte Fächer zusammen, wobei sich SP 1 und SP 2 im Umfang der nachzuweisenden Hospitationen und eigenen Unterrichtsstunden unterscheiden. Die inhaltliche Ausgestaltung der Begleitveranstaltungen und des zu erbringenden Praktikumsberichts wird von den jeweiligen Fachdidaktiken verantwortet.
Die kasuistisch angelegte Begleitveranstaltung in der Physikdidaktik findet für Teilnehmende beider Praktika gemeinsam statt, um eine Kooperation zwischen Studierenden unterschiedlicher Erfahrungsstufen zu fördern. Die Lehrveranstaltung gliedert sich in drei Teile – eine Vorbereitungsveranstaltung, die Umsetzung einer Aufgabenstellung während des Praktikums und eine Nachbereitungsveranstaltung (Übersicht in Abb. 2). Darüber hinaus erstellen die Studierenden einen Praktikumsbericht, der im SP 1 eine ausführliche Darstellung und Diskussion eines Stundenentwurfs und im SP 2 einer ganzen Unterrichtssequenz mit mindestens drei Unterrichtseinheiten umfasst.
Ziel der zweistündigen Vorbereitungsveranstaltung ist zum einen die Wiederholung und Vertiefung von und Auseinandersetzung mit möglichen Zugängen sprachlicher Aspekte des Physiklernen, und zum anderen ein Kennenlernen von Fallanalysen unter fachdidaktischer Perspektive und einem ersten Einblick in den Möglichkeitsraum für unterrichtliche Fälle. Um diese Aspekte zu vereinen, wird speziell aufbereitetes Material geringen Umfangs in Kleingruppen subsumtiv analysiert.

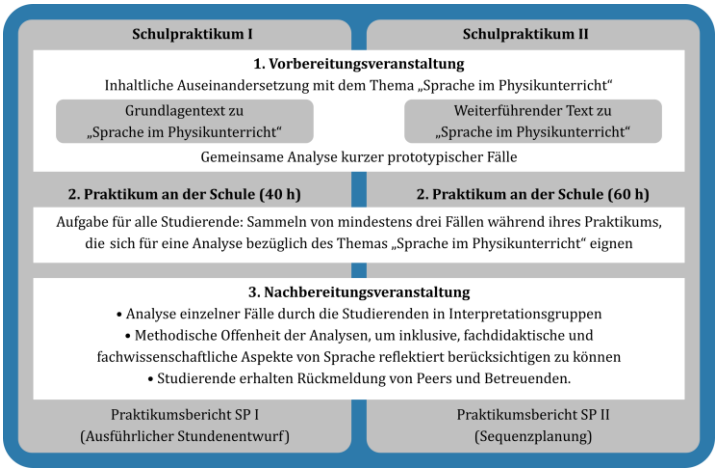


Abb. 2: Aufbau der Schulpraktika und der Begleitveranstaltungen

Für den Praktikumszeitraum erhalten die Studierenden die Aufgabe, drei Fälle zum Thema „Sprache im Physikunterricht“ zu dokumentieren, wobei mindestens einer aus ihrem eigenen Unterricht stammen soll. Das Ziel dieser Aufgabe ist ein erstes Reflektieren des Unterrichts.
Eine Auswahl dieser Fälle wird in der Nachbereitungsveranstaltung von den Studierenden in Interpretationsgruppen mit den Aufmerksamkeitsebenen Physik, Sprache und Lernen schriftlich innerhalb eines Zeitraums von zwei Wochen analysiert. Die Fälle sollen dabei rekonstruktiv und verstehend interpretiert werden, jedoch nicht streng nach einer Methode wie der objektiven Hermeneutik oder der dokumentarischen Methode. Es wird lediglich ein sequentielles Vorgehen vorgegeben, mit dem Ziel den Fall verstehend zu rekonstruieren, dabei jeweils möglichst viele Lesarten und Interpretationsmöglichkeiten gelten zu lassen und gleichzeitig fachdidaktische Gesichtspunkte mitzudenken. Damit die Studierenden darüber hinaus weitere Fallbeispiele und Interpretationen kennenlernen und ihre eigene Analyse reflektieren, erfolgt ein Peer-Review-Verfahren der Fallanalysen unter den Studierenden. Im Anschluss daran geben auch die Dozierenden Rückmeldungen zu den einzelnen Fallanalysen.

Erste Eindrücke/Ergebnisse, Zusammenfassung und Ausblick

Unser Forschungsinteresse fokussiert auf Perspektiven und Haltungen von Studierenden zu Sprache im Physikunterricht und inwieweit sie Aspekte der Kritisch-reflexiven Sprachbewusstheit zeigen. Art und Länge der Veranstaltung geben jedoch gewisse Einschränkungen bzw. Bedingungen für die Begleitforschung vor. Neben der Erhebung durch einen kurzen Fragebogen am Ende der Begleitveranstaltung sollen Haltungen und Perspektiven entweder durch Interviews einzelner Studierender oder durch Gruppendiskussionen erhoben werden. Weiterhin wird der Möglichkeit nachgegangen, durch qualitative Methoden die studentischen Fallanalysen auf eine latente Sinnstruktur zu untersuchen, um Rückschlüsse auf Aspekte von Reflexivität zu ziehen.
Eine erste Sichtung der studentischen Fallanalysen lässt verschiedene Dimensionen der Kritisch-reflexiven Sprachbewusstheit erkennen. Es deutet sich dabei nicht nur die kongitiv-linguistische Dimension an, sondern auch die rechtliche-soziale Dimension und die formale Machtdimension, also Dimensionen, die ein kritisches Reflektieren erfordern.
Abschließend sei noch angemerkt, dass ein solches kasuistisches Lehr-Lern-Format vermutlich sehr von der Einbettung in einen größeren Rahmen kasuistischer Lehre in einem Studiengang lebt. In den Erziehungswissenschaften an der MLU findet umfangreiche kasuistische Lehre statt, ohne die Studierende grundlegend anders und vermutlich weniger ertragreich in die Fallarbeit starten würden. Innerhalb eines solchen Gesamtcurriculums aus kasuistischen Veranstaltungsformaten bietet die umrissene Begleitung der Schulpraktika die Gelegenheit, die Methoden aus den Erziehungswissenschaften im Setting des eigenen Unterrichtsfaches anzuwenden und dafür zu adaptieren. Damit soll den Studierenden die Möglichkeit gegeben werden, im Laufe ihres gesamten Studiums tatsächlich Ansätze eines reflexiven Habitus zu entwickeln, der nicht getrennt von ihrer jeweiligen Fachkultur erscheint, sondern Teil ihrer Profession als Lehrkraft.

Literatur

Dirim, İnci & Mecheril, Paul (2018). Heterogenität, Sprache(n), Bildung: Eine differenz- und diskriminierungstheoretische Einführung. Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt.

Fairclough, N. (1992). Critical Language Awareness. London: Longman.

Häcker, T., Berndt, C., & Walm, M. (2016). Reflexive Lehrerinnen- und Lehrerbildung in ‚inklusiven Zeiten'. In B. Amrhein (Hrsg.), Diagnostik inklusiver Bildung. Theorien, Ambivalenzen, Akteure, Konzepte. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 261 – 278

James, C., Garret, P. (1991). Language Awareness in the Classroom. London: Longman.

Röttger, Evelyn (2019). Sprachsensibler Fachunterricht: Versuch einer Standortbestimmung. In ZIF – Zeitschrift für Interkulturellen Fremdsprachenunterricht 1(24), 87 – 105

Schmidt, Richard & Wittek, Doris (2020). Reflexion und Kasuistik. Systematisierung kasuistischer Lehr-Lern-Formate und deren Zieldimension der Reflexion. In Te Poel, Kathrin & Thomas, Christina (Hg.), Professionalisierung durch (Praxis-)Reflexion in der Lehrer_innenbildung? Themenheft der Zeitschrift Herausforderung Lehrer_innenbildung – Zeitschrift zur Konzeption, Gestaltung und Diskussion 2(3), 29 – 44

Tajmel, T. (2017). Naturwissenschaftliche Bildung in der Migrationsgesellschaft. Wiesbaden: Springer VS.

Thoma, Nadja, Knappik, Magdalena (2015). Sprache und Bildung in Migrationsgesellschaften. Machtkritische Perspektiven auf ein prekarisiertes Verhältnis. Bielefeld: transcript Verlag.

Renan Marcello Vairo Nunes[1]
Friederike Korneck[1]
Josephine Berger[2]
Birgit Ziegler[2]
Silke Rönnebeck[3]
Ilka Parchmann[3]

[1]Goethe-Universität Frankfurt am Main
[2]Technische Universität Darmstadt
[3]IPN Kiel

Arbeitssituation und Professionalisierungswege von MINT-Lehrkräften

Seit Jahren stellt der Lehrkräftemangel in Deutschland das Bildungssystem vor große Herausforderungen. Vor allem in den MINT-Fächern werden vermehrt Lehrkräfte eingesetzt, die nicht den regulären Professionalisierungsweg (mit Lehramtsstudium und anschließendem Vorbereitungsdienst) durchlaufen und somit gesonderte Berufseinstiegsvoraussetzungen aufweisen.

Ein Blick in die Einstellungsberichte der KMK zeigt, dass der prozentuale Anteil von Seiteneinsteigenden[1] an den Gesamteinstellungen von Lehrpersonen seit 2013 deutlich zugenommen hat. Zwischen 2013 und 2018 stieg die fächerübergreifende Seiteneinsteigendenquote kontinuierlich von 2,4 % auf 13,3 %, erst im Jahr 2019 fiel sie auf 9,2 % zurück (vgl. KMK, 2020). Dennoch sind dies mehr als 3000 Lehrkräfte, die im Jahr 2019 als Seiteneinsteigende eingestellt wurden. Bei Betrachtung der Seiteneinstiege in den MINT-Fächern wird erkennbar, dass die Anzahl in diesem Bereich bereits im Jahr 2018 etwas gesunken ist, aber trotzdem auf hohem Niveau blieb. Dabei ist besonders in den Naturwissenschaften eine hohe Anzahl von Seiteneinstiegen zu beobachten (vgl. Abb. 1).

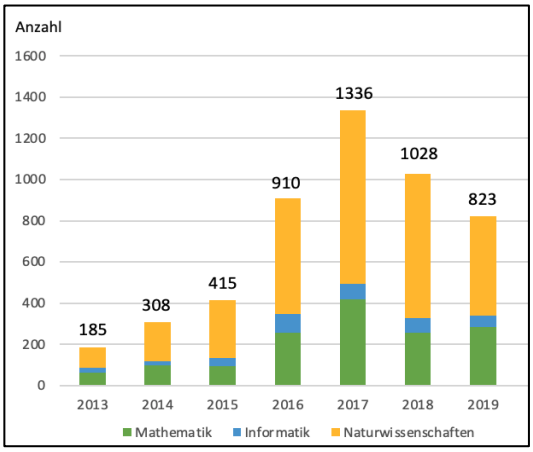


Abb. 1: Anzahl der Seiteneinstiege im MINT-Bereich (2013-2019, allgemeinbildende Schulen; in Anlehnung an KMK, 2020)

Ebenso gegenwärtig steigend ist im MINT-Bereich die Anzahl von fachfremd Unterrichtenden, d. h. von Lehrkräften, die mindestens ein MINT-Fach ohne die entsprechende Lehrbefähigung unterrichten. Laut IQB-Ländervergleich wird Mathematik besonders häufig fachfremd unterrichtet: Der Anteil von fachfremd Unterrichtenden an allgemeinbildenden Schulen im Fach Mathematik betrug im Jahr 2018 12,2 % (vgl. Richter et al., 2019, S. 394). In den Naturwissenschaften muss genauer zwischen den Schularten und Fächern differenziert werden. Der Anteil von fachfremd Unterrichtenden in den Naturwissenschaften war an Gymnasien mit weniger als 2 % eher gering. An nichtgymnasialen Schularten hingegen fiel dieser Anteil je nach Fach deutlich höher aus (7,6 % in Biologie, 6,2 % in Chemie und 10,4 % in Physik). Zu anderen Lehrkräftegruppen, die in den immer diverser werdenden MINT-Kollegien vertreten sind – etwa studentische Vertretungslehrkräfte oder sogenannte EU-Lehrkräfte[2] – gibt es keine belastbaren Statistiken, wobei von einer zum Teil hohen Dunkelziffer auszugehen ist. Insgesamt kann festgehalten werden, dass weder die Kultusministerien noch die lehrkräftebildenden Institutionen zuverlässig sagen können – oder wollen –, wer mit welcher Qualifikation an den Schulen MINT-Fächer unterrichtet.

[1] Beim Seiteneinstieg werden Bewerber*innen mit einem nicht-lehramtsbezogenen Hochschulabschluss direkt in den Schuldienst eingestellt. Beim Quereinstieg treten sie zunächst in den Vorbereitungsdienst ein.
[2] Eine EU-Lehrkraft ist eine Lehrkraft, deren Lehrbefähigung in einem anderen Staat der Europäischen Union erworben wurde. In der Regel müssen sie in Deutschland einen Anpassungslehrgang o. Ä. absolvieren.

Kompetenzunterschiede zwischen Lehrkräften unterschiedlicher Professionalisierungswege

Im Bereich der Mathematik und Physik wurde die professionelle Kompetenz der Quereinsteigenden in den Vorbereitungsdienst im Vergleich zu Lehramtsabsolvent*innen bereits genauer untersucht (vgl. hierzu die Projekte proϕ in Korneck, 2019; COACTIV-R in Lucksnat et al., 2020). Es hat sich gezeigt, dass weder die Quereinsteigenden noch die Lehramtsabsolvent*innen als homogene Gruppen betrachtet werden dürfen. In der COACTIV-R Studie wurde beobachtet, dass Quereinsteigende und Lehramtsabsolvent*innen hinsichtlich ihrer Kompetenzen vergleichbar sind. Beim Fachwissen wurde zusätzlich zwischen den Abschlüssen der Quereinsteigenden differenziert, mit dem Ergebnis, dass Quereinsteigende mit einem Mathematikdiplom signifikant bessere Werte in Fachwissenstests erreichen als diejenigen mit einem mathematiknahen Studium. Im Projekt proϕ wurden die Großgruppen der Quereinsteigenden und Lehramtsabsolvent*innen in weitere Gruppen geteilt: Bei den Quereinsteigenden wurde zwischen Absolvent*innen eines Physikstudiums und Absolvent*innen eines Chemie- und Ingenieursstudiums unterschieden; bei den Lehramtsabsolvent*innen zwischen Absolvent*innen des Haupt- und Realschullehramts und Absolvent*innen des Gymnasiallehramts. Es zeigte sich, dass die Großgruppen hinsichtlich ihrer Kompetenzen heterogen sind. In den Bereichen Fachwissen und fachdidaktisches Wissen etwa unterscheiden sich die Testergebnisse von Absolvent*innen des Gymnasiallehramts von denen der Absolvent*innen des Haupt- und Realschullehramts signifikant. Dabei lassen sich die Ergebnisse der Absolvent*innen des Gymnasiallehramts vielmehr mit denen von Absolvent*innen eines Physikstudiums vergleichen (Korneck, Lamprecht & Oettinghaus, 2020).

Die Datenlage zu den Auswirkungen solcher Kompetenzunterschiede auf den Berufsalltag und die Berufszufriedenheit der Lehrkräfte gilt weiterhin als prekär. Zudem fehlen weitere, über die Kompetenzen hinausgehende Auskünfte über die Arbeitssituation der Lehrkräfte, die im MINT-Bereich tätig sind. Es ist wenig bekannt, wie die Lehrkräfte des MINT-Personals (d. h. alle Lehrkräfte, die mindestens ein MINT-Fach unterrichten) selbst mit ihren verschiedenen beruflichen Voraussetzungen umgehen, wie sie ihre Arbeitssituation wahrnehmen und wie die Inklusion aller Lehrkräfte in ein funktionierendes Fachkollegium organisiert wird. Solche Erkenntnisse sind eine Voraussetzung für die Entwicklung geeigneter Maßnahmen, um die Berufsbedingungen von MINT-Lehrkräften attraktiver zu gestalten und so eine dem Bedarf entsprechende Lehrkräftegewinnung in Zukunft zu sichern.

Forschungsvorhaben

In einer Befragung an allgemein- und berufsbildenden Schulen wird folgenden Forschungsfragen nachgegangen: Wie nehmen MINT-Lehrkräfte ihre beruflichen Rahmenbedingungen wahr? Existieren diesbezüglich Gruppenunterschiede in Abhängigkeit von den jeweiligen Professionalisierungswegen, Schularten und Fachgruppen?

Ziel dabei ist es herauszufinden, ob sich aus bestehenden Unterschieden gruppenspezifische Maßnahmen für die Verbesserung der Berufsbedingungen von MINT-Lehrkräften ableiten lassen. Als Grundlagen zur Untersuchung der Arbeitszufriedenheit der Lehrkräfte werden das *Job Characteristics Model* (JCM) nach Hackman & Oldham (1980, nach van Dick et al., 2001) und der dazugehörige Fragebogen *Job Diagnostic Survey* (JDS) herangezogen. Das JCM beschreibt, wie sich die eigene Wahrnehmung von Tätigkeitsmerkmalen auf die Arbeit von Beschäftigten auswirkt (vgl. Abb. 2).

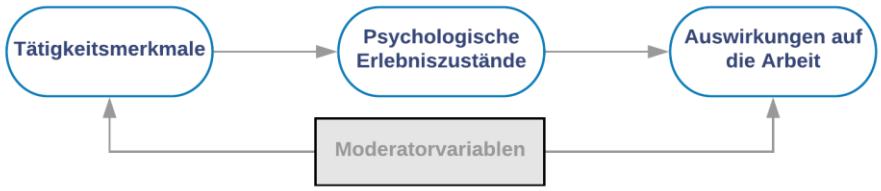


Abb. 2: Vereinfachte Darstellung des Job Characteristics Model (in Anlehnung an van Dick et al., 2001)

Demnach haben Tätigkeitsmerkmale einen Einfluss auf psychologische Erlebniszustände, die sich wiederum auf die Motivation und die berufliche Zufriedenheit des Individuums und letztendlich auch auf dessen Arbeit auswirken. So kann z. B. ein ausgeprägter Autonomiegrad in der eigenen Tätigkeit das erlebte Gefühl von Verantwortung positiv beeinflussen und damit die intrinsische Motivation einer Lehrperson erhöhen. Auch Moderatorvariablen, etwa die Zufriedenheit mit den Arbeitsbeziehungen oder den beruflichen Zukunftsaussichten, spielen dabei eine Rolle.
Als Arbeitszufriedenheitsmodell hat es sich in Untersuchungen mit Beschäftigten im Bildungsbereich (z. B. Erzieher*innen und Lehrpersonen) als geeignet erwiesen. Die geplante Untersuchung mit dem JCM wird erste Hinweise auf Maßnahmen zur Umgestaltung der Arbeitsbedingungen von MINT-Lehrkräften liefern. Die Dimensionen des JDS (s. Tab. 1) sollen auf das Projekt angepasst und um kompetenzbezogene Aspekte ergänzt werden.

Tab. 1: Dimensionen des Job Diagnostic Survey (in Anlehnung an van Dick et al., 2001)

Tätigkeitsmerkmale	**Psychologische Erlebniszustände**	**Auswirkungen auf die Arbeit**
Anforderungsvielfalt	Erlebte Bedeutsamkeit	Allgemeine Arbeitszufriedenheit
Ganzheitlichkeit der Aufgabe	Erlebte Verantwortung	Intrinsische Motivation
Bedeutsamkeit der Aufgabe	Wissen um die Resultate	Zufriedenheit mit den Entfaltungsmöglichkeiten
Autonomie	**Moderatorvariablen**	
Rückmeldung durch Andere	Bedürfnis nach persönlicher Entfaltung	
Zusammenarbeit mit Anderen	Zufriedenheit mit dem Kontext	

Geplanter Projektverlauf/Ausblick
Das Gesamtvorhaben ist eine Forschungskooperation zwischen der Goethe-Universität Frankfurt am Main (Vairo Nunes/Korneck), der Technischen Universität Darmstadt (Berger/Ziegler) und dem IPN Kiel (Rönnebeck/Parchmann). Die Befragung der Lehrkräfte soll anhand eines Online-Fragebogens erfolgen. Zudem sind Fallstudien in Form von Interviews geplant, die sowohl mit Lehrkräften als auch mit Schulleitungen durchgeführt werden sollen. Dadurch wird ergänzend zur Lehrkräfteperspektive auch die Perspektive der Schulleitungen erfasst.
Die Projektphasen werden auf folgende Weise strukturiert:

Sommer 2020: Konzeption des Fragebogens
Konzeption einer ersten Fragebogenversion an der Goethe-Universität Frankfurt und an der TU Darmstadt.

Herbst 2020: Pretest und Fallstudien
Qualitativer Pretest mit ausgewählten Lehrkräften zur Erprobung des Fragebogens und anschließende Umsetzung in ein Online-Format. Parallel dazu führt das IPN Kiel Fallstudien an ausgewählten Schulen durch.

Sommer 2021: Vorstudie
Einsatz des Online-Fragebogens im Rahmen einer Vorstudie mit einer Convenience-Stichprobe von Lehrkräften ausgewählter Schulen. Im Herbst 2021 soll eine deskriptive Auswertung der Vorstudie vorliegen.

Sommer 2022: Haupterhebung
Haupterhebung mit optimiertem Fragebogen in fünf Bundesländern. Die genauen Erhebungszeitpunkte sollen noch in Absprache mit den Bildungsministerien der teilnehmenden Länder festgelegt werden. In diesem Zeitraum werden auch weitere Fallstudien durchgeführt.

Literatur

KMK (2020). Einstellung von Lehrkräften – Tabellenauszüge aus den Jahren 2013-2019. Verfügbar unter: https://www.kmk.org/de/dokumentation-statistik /statistik/schulstatistik /einstellung-von-lehrkraeften.html Abgerufen am 19.10.2020.

Korneck, F. (2019). Sondermaßnahmen vs. nachhaltige Professionalisierung im Lehrerberuf. In: R. Porsch & B. Rösken-Winter (Hrsg.), *Professionelles Handeln im fachfremd erteilten Mathematikunterricht - Empirische Befunde und Fortbildungskonzepte* (49-77). Wiesbaden: Springer.

Korneck, F., Lamprecht, J. & Oettinghaus, L. (2020). Physiklehrkräfte: Gewinnung – Professionalisierung – Kompetenzen. Vortrag auf der virtuellen Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDCP) 2020. Vortrag gehalten am: 16.09.2020.

Lucksnat, C., Richter, E., Klusmann, U., Kunter, M. & Richter, D. (2020). Unterschiedliche Wege ins Lehramt – unterschiedliche Kompetenzen? Ein Vergleich von Quereinsteigern und traditionell ausgebildeten Lehramtsanwärtern im Vorbereitungsdienst. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie* 40, 1–16.

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* (385-410). Münster: Waxmann.

van Dick, R., Schnitger, C., Schwartzmann-Buchelt, C. & Wagner, U. (2001). Der Job Diagnostic Survey im Bildungsbereich: Eine Überprüfung der Gültigkeit des Job Characteristics Model bei Lehrerinnen und Lehrern, Hochschulangehörigen und Erzieherinnen mit berufsspezifischen Weiterentwicklungen des JDS. *Zeitschrift für Arbeits- u. Organisationspsychologie* 45 (2), 74-92.

Christopher Kurth[1]
Rita Wodzinski[1]

[1]Universität Kassel

Inwiefern gelingt es Studierenden, Schwierigkeiten zu antizipieren?

Ausgangslage

Unabhängig davon, mit welchem Ziel Experimente im Physikunterricht eingesetzt werden (Girwidz, 2015, S. 229-232) müssen (angehende) Lehrkräfte über die Fähigkeit verfügen, mögliche Schülerfehler und Lernschwierigkeiten bei der Bearbeitung von Experimenten zu diagnostizieren (Gramzow et al., 2013, S. 23). Defizite in dieser Hinsicht konnten durch die Untersuchung von Draude (2016) aufgedeckt werden. Bei den 25 untersuchten (i.d.R. erfahrenen) Lehrkräften traten teils große Schwierigkeiten auf, mögliche Schülerschwierigkeiten auf Grundlage einer experimentellen Aufgabe zum Hookeschen Gesetz vorherzusagen.
Nach einer von Kechel (2016) entwickelten Methodik können beobachtbare Schülerschwierigkeiten über die Teilziele charakterisiert werden, die für die erfolgreiche Bearbeitung eines Experimentierauftrags erforderlich sind. Bei Nichterreichen eines Teilziels liegt jeweils eine Schwierigkeit vor. Mittels eines an die qualitative Inhaltsanalyse nach Mayring (2010) angelehnten Vorgehens konnte Kechel die beobachtbaren Schwierigkeiten für die von Draude verwendete Aufgabe kategorisieren.

In einem Folgeprojekt wird den Fragen nachgegangen, inwiefern es Studierenden gelingt, Schülerschwierigkeiten beim eigenständigen Experimentieren auf Grundlage des Experimentierauftrags zu erkennen (FF1) und welche Erklärungsansätze für unterschiedlich gelungene Diagnosen abgeleitet werden können (FF2). Die hier referierte Teilstudie liefert Beiträge zu beiden Forschungsfragen auf der Grundlage einer Interviewstudie mit zehn Studierenden. Im Fokus steht dabei ein Experimentierauftrag zum Hebelgesetz. Dazu wurden in einer Vorstudie unter Verwendung der von Kechel vorgeschlagenen Methodik, Schwierigkeiten bei der Bearbeitung eines Experimentierauftrags kategorisiert (Kurth & Wodzinski, 2020).

Experimentierauftrag

Der in der Teilstudie verwendete Experimentierauftrag fordert die Schüler*innen auf, experimentell eine vereinfachte Form des Hebelgesetzes herzuleiten. Dazu haben sie einen zweiseitigen Hebel und zwei unterschiedliche Arten von Massestücken (50 g und 100 g) zur Verfügung. Die Aufgabe besteht darin, Gleichgewichtspositionen für zwei und für drei Massestücke zu finden und daraus eine allgemeine Regel abzuleiten, die beschreibt, wann sich der Hebel in Waage befindet.

Aufbau der Interviews

Die Studierenden-Interviews bestehen aus vier Phasen. In der ersten Phase (prädiktive Diagnose I) erhalten die Studierenden den Auftrag, mögliche Schülerschwierigkeiten zu benennen, welche Schüler*innen der achten Jahrgangsstufe ihrer Meinung nach bei der Bearbeitung des Experimentierauftrags haben könnten. Die Studierenden erhalten lediglich den schriftlichen Experimentierauftrag, nicht aber das Experimentiermaterial. Diese Phase liefert Informationen darüber, welche Schwierigkeiten ohne die vertiefte Auseinandersetzung mit dem Experimentierauftrag antizipiert werden. In der zweiten Phase (Aufgabenbearbeitung) erhalten die Studierenden das Experimentiermaterial, um den Experimentierauftrag so zu bearbeiten, wie

sie es im Optimalfall von Schüler*innen der achten Klasse erwarten würden. Parallel kommentieren sie ihre Handlungen. Das ermöglicht zum einen eine vertiefte Auseinandersetzung mit dem Experimentierauftrag, zum anderen wird deutlich, welche Schwierigkeiten die Studierenden bei der Bearbeitung haben. Um den Einfluss der vertieften Auseinandersetzung mit dem Experimentierauftrag zu untersuchen, erhalten die Studierenden in der dritten Interviewphase (prädiktive Diagnose II) ihre Notizen aus der ersten Interviewphase und den Auftrag, diese gegebenenfalls zu ergänzen, abzuändern oder zu verwerfen.
Die letzte Interviewphase kann losgelöst von den ersten drei Phasen betrachtet werden. In dieser Phase werden den Studierenden Textvignetten vorgelegt, in denen jeweils eine Schülerhandlung beschrieben wird. Die Studierenden begründen, warum ihrer Ansicht nach in der jeweiligen Situation eine bzw. keine Schwierigkeit vorliegt. Im Rahmen von identisch aufgebauten Interviews, in denen lediglich ein anderer Experimentierauftrag verwendet wurde, wurden induktiv Perspektiven herausgearbeitet, welche die Studierenden bei der Einordnung der Experimentiersituationen verwenden (Kurth & Wodzinski, 2019). Unter Verwendung des dabei erstellten Kategoriensystems wurden die Textvignetten zum Auftrag „Hebelgesetz“ so gestaltet, dass jede Vignette vielfältige Perspektiven zulässt und keine Perspektive nahelegt.

Auswertung & Ergebnisse
Die Phasen „prädiktive Diagnose I“ und „prädiktive Diagnose II“ wurden mittels qualitativer Inhaltsanalyse nach Kuckartz (2018) ausgewertet. Das Kategoriensystem wurde A-priori festgelegt. Die Grundlage bildet das Kategoriensystem, welches aus der Analyse der Schülerexperimentierprozesse (Kurth & Wodzinski, 2020) entstanden ist. Dieses Kategoriensystem wurde außerdem in leicht veränderter Form für die Analyse der Schwierigkeiten der Studierenden in der Phase „Aufgabenbearbeitung“ verwendet.
Zur Analyse der in der letzten Interviewphase verwendeten Sichtweisen wurde wie bereits erwähnt ein bestehendes Kategoriensystem genutzt (Kurth & Wodzinski, 2019).

Die untersuchten Studierenden antizipieren nur einen kleinen Teil möglicher Schwierigkeiten
Insgesamt konnten in der Analyse der Schülerexperimentierprozesse mehr als 30 verschiedene Schwierigkeitenkategorien unterschieden werden. Die Hälfte der untersuchten Studierenden benannte in der Phase „Prädiktiv I“ lediglich vier oder weniger dieser Kategorien (Abbildung 1). Auf Grund der sehr differenzierten Kategorisierung der Schwierigkeiten ist nicht davon auszugehen, dass alle Kategorien benannt werden. Drei der zehn Studierenden nannten jedoch nicht einmal zu jeder der Experimentierphasen Planung, Durchführung und Auswertung mindestens eine Schwierigkeit. Etwa die Hälfte der Kategorien wurde in keinem Interview benannt.

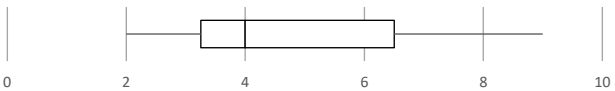


*Abb. 1: Anzahl antizipierter Schwierigkeiten pro Student*in*

Häufig auftretende Schwierigkeiten werden nur selten antizipiert
Vier der fünf Kategorien, welche bei der Auswertung der Schülerexperimentiervideos am häufigsten kodiert wurden, wurden in der Phase „prädiktive Diagnose I“ bei keinem Studierenden kodiert. Konkret handelt es sich dabei um die Kategorien „unsystematisches Probieren“,

„sprunghaftes Bearbeiten der Aufgabenstellung“, „keine Unterscheidung zwischen Masse bzw. Gewichtskraft und dem Drehmoment“ und „fehlende Aufbereitung der Daten“.

Studierende haben bei der Bearbeitung zahlreiche Schwierigkeiten
Bei der Bearbeitung des Experimentierauftrags durch die Studierenden wurden zwischen drei und zehn unterschiedliche Schwierigkeiten beobachtet (Abbildung 2). Ähnlich wie in der Untersuchung mit Schüler*innen hatten vermeintlich „kleine Schwierigkeiten“ teilweise große Auswirkungen auf den Experimentierprozess. Dies soll an einem Beispiel illustriert werden: Ein Student legt die Massestücke auf die Digitalwaage, um ihre Masse zu bestimmen. Da der Tariervorgang noch nicht abgeschlossen ist, zeigt die Waage ein zu geringes Gewicht an. Dem Studenten gelingt es daraufhin nicht, eine quantitative allgemeine Regel zu formulieren.



*Abb. 2: Anzahl verschiedener Schwierigkeiten pro Student*in*

Studierenden gelingt es zum Teil nicht, den Experimentierauftrag aus Sicht der Lernenden zu durchlaufen
Ein Großteil der Studierenden nutzt bei der Formulierung der allgemeinen Regel sein Vorwissen zum Hebelgesetz, ohne die aufgenommenen Messwerte auszuwerten. Das führt zum Teil dazu, dass die aufgestellte Regel einem Teil der Messwerte widerspricht, weil bei der Aufnahme der Messwerte ein Fehler passiert ist, oder die allgemeine Regel Aspekte beinhaltet, die sich aus den aufgenommenen Messwerten nicht ableiten lassen.

Studierende verwenden bei der Einordnung der Textvignetten prinzipiell die gleichen Sichtweisen wie beim Auftrag zum Hookeschen Gesetz
Bei der Einordnung der Textvignetten verwenden die Studierenden die gleichen Perspektiven wie die Studierenden in der Untersuchung zum Hookeschen Gesetz (Kurth & Wodzinski, 2019). Bei beiden Untersuchungen wurden die folgenden drei Perspektiven mit Abstand am häufigsten verwendet:
Ergebnisorientierte Sichtweise: Die Studierenden begründen ihre Einordnung mit Hilfe der Auswirkungen der Handlung auf das Ergebnis.
Prozessorientierte Sichtweise: Die Studierenden begründen ihre Einordnung mit Hilfe der Auswirkungen der Handlung auf den weiteren Experimentierprozess.
Verständnisorientierte Sichtweise: Die Studierenden begründen ihre Einordnung mit den Auswirkungen der Handlung auf das Verständnis der Schüler*innen oder mit Informationen über das Verständnis der Schüler*innen, die aus der Handlung gewonnen werden können.

Ausblick
Im Rahmen des Promotionsprojekts werden die Interviews zum Hookeschen Gesetz und zum Hebelgesetz detailliert ausgewertet. Dabei werden die Ergebnisse der einzelnen Interviewphasen in Verbindung gesetzt, um Erklärungsansätze für unterschiedlich gelungene Diagnosen aus dem erhobenen Material abzuleiten. Perspektivisch sollen aufbauend auf den Ergebnissen Lerngelegenheiten für Studierende entwickelt werden.

Literatur

Draude, Martin (2016): Die Kompetenz von Physiklehrkräften, Schwierigkeiten von Schülerinnen und Schülern beim eigenständigen Experimentieren zu diagnostizieren. Berlin: Logos (Studien zum Physik- und Chemielernen, 212).

Girwidz, Raimund (2015): Medien im Physikunterricht. In: Ernst Kircher, Raimund Girwidz und Peter Häußler (Hg.): Physikdidaktik. Theorie und Praxis. 3. Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum (Springer Lehrbuch), S. 193–246.

Gramzow, Yvonne; Riese, Josef; Reinhold, Peter (2013): Modellierung fachdidaktischen Wissens angehender Physiklehrkräfte. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 19, S. 7–30.

Kechel, Jan-Henrik (2016): Schülerschwierigkeiten beim eigenständigen Experimentieren. Eine qualitative Studie am Beispiel einer Experimentieraufgabe zum Hooke'schen Gesetz. Berlin: Logos Berlin (Studien zum Physik- und Chemielernen, 214).

Kuckartz, Udo (2018): Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung. 4. Auflage. Weinheim, Basel: Beltz Juventa (Grundlagentexte Methoden). Online verfügbar unter http://www.content-select.com/index.php?id=bib_view&ean=9783779946830.

Kurth, Christopher & Wodzinski, Rita (2019). Perspektiven von Studierenden auf Schwierigkeiten beim Experimentieren. 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. 173). Universität Regensburg

Kurth, Christopher & Wodzinski, Rita (2020). Schwierigkeiten beim eigenständigen Experimentieren am Beispiel Hebel . In: S. Habig (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Wien 2019. (S. 262). Universität Duisburg-Essen

Lehmann, Gabriele (1990): Die Vermittlung heuristischer Strategien im Mathematikunterricht. In: Martin Glatfeld (Hg.): Finden, Erfinden, Lernen. Zum Umgang mit Mathematik unter heuristischem Aspekt. Frankfurt am Main, Bern, New York, Paris: Lang (Europäische Hochschulschriften : Reihe 11, Pädagogik, Bd. 442), S. 19–37.

Mayring, P. (2010b). Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken (11. Aufl.). Weinheim: Beltz.

Hagen Schwanke[1]
Annika Kreikenbohm[1]
Thomas Trefzger[1]

[1]Universität Würzburg

Augmented Reality in Schülerversuchen der E-Lehre in der Sekundarstufe I

Kurzfassung
In dem vorgestellten Promotionsvorhaben wird der Einsatz von Augmented-Reality (AR)-Applikationen in der Schule als Ergänzung zum Realexperiment untersucht. Ziel ist es herauszufinden, wie sich Cognitive Load, Motivation, Interesse, Selbstkonzept und Fachwissen im Vergleich zu klassisch durchgeführten oder mit Simulationen angereicherten Experimenten verhalten.
Nach erfolgreichem Entwickeln der AR-Applikationen zum Thema Magnetismus werden diese mit Hilfe eines System Usability Scores evaluiert und mittels einer qualitativen Umfrage optimiert.
Eine erste Pilotierung mit diesen Applikationen findet im Rahmen eines Lehr-Lern-Labors an der Universität Würzburg statt. Dabei wird durch ein komplexes Studiendesign mit Prä-, Post- und drei Zwischentests ein Zurückführen auf die jeweils genutzte Intervention ermöglicht und untereinander verglichen.
Die darauffolgende Hauptstudie erfolgt in mehreren bayerischen Gymnasien in Form einer experimentellen Feldstudie mit ca. 200-300 SchülerInnen.

1. Einleitung

Das Experiment stellt nach wie vor die zentrale Erkenntnisquelle der naturwissenschaftlichen Forschung dar und nimmt somit auch eine zentrale Rolle im Unterrichtsgeschehen ein. Experimente sollen die Schüler motivieren, gleichzeitig fachliche Inhalte vermitteln und diese bestätigen. (Kircher et al., 2015; Körner & Erb, 2013; Lindlahr, 2014)
Das klassische Experiment kann man auch mit digitalen Medien wie einer Simulation oder einer Augmented Reality-Applikation auf einem Tablet verknüpfen. Diese digitalen Lernumgebungen benötigen Konzepte, um sie im naturwissenschaftlichen Unterricht gewinnbringend einzubringen. (Maxton-Küchenmeister & Meßinger-Koppelt, 2014)
Gleichzeitig besteht auch ein erheblicher Forschungsbedarf bei der richtigen Gestaltung der Lernumgebung, da Stand jetzt, nur gezeigt wurde, dass die digitalen Maßnahmen zur Zielerreichung führen, aber nicht geklärt ist, welches digitale Werkzeug bei einer Maßnahme welchen Beitrag leistet. (Roth, 2019) (Becker & Thyssen, 2020)
Der Artikel gibt einen Überblick über das weitere Vorgehen des geplanten Forschungsvorhabens. Zunächst werden die sechs Lernstationen vorgestellt. Anschließend wird auf den weiteren zeitlichen Verlauf eingegangen.

2. Durchführung

Die Durchführung der Pilotstudie nach dem bereits vorgestelltem Studiendesign (Schwanke & Trefzger, 2020) findet in den Lehr-Lern-Laboren der Universität Würzburg statt. Dort werden die Schülerinnen und Schüler von Studierenden des Fachs Physik betreut. Dies bringt zum einen die Möglichkeit die SchülerInnen in Kleingruppen und ungestört in mehreren verschiedenen Räumen experimentieren zu lassen und zum anderen sammeln die Studierenden dabei Berufsfelderfahrung. (Elsholz & Trefzger, 2020) (Matthias Völker & Thomas Trefzger, 2010)

Insgesamt gibt es sechs verschiedene Experimentierstationen. Alle Stationen können im klassischen Design, d.h. ohne Tablet oder sonstigen neuen Medien, durchgeführt werden. Um die Vergleichbarkeit für den Prä-Posttest zu erhöhen und zusätzlich einen Vergleich der Methode zu gewährleisten, werden alle Stationen auch mit zusätzlichen Simulationen oder eben mit AR-Applikationen angereichert durchführbar sein. Dafür wird es drei verschiedene Räume geben, wobei in jedem Raum jeweils zwei verschiedene Stationen für die SchülerInnen aufgebaut sind. Diese Stationen werden dann für die jeweilige Gruppe entsprechend dem Ablauf (vgl. Abb.1) von den Studierenden vorbereitet. Im Folgenden werden die verschiedenen Stationen ausführlicher dargestellt.

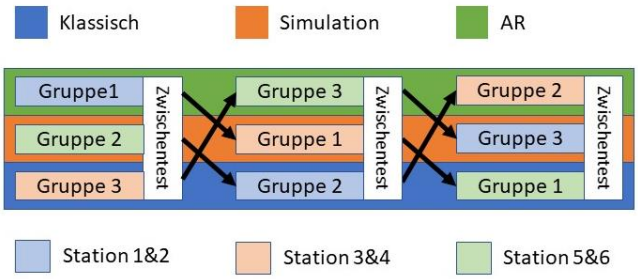


Abb.1: Ablauf der Studie

3. Stationen

Die Stationen, welche alle thematischer Bestandteil des neuen LehrplanPLUS in Bayern sind (Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung), sind in drei verschiedenen Räumen aufgeteilt. Wie in Abb.1 zu erkennen ist, sind Station 1&2, Station 3&4 und Station 5&6 zusammen in einem Raum. Für die Experimentiermaterialien der Versuche liegt der Experimentierkasten „Elektrik 2“ von Mekruphy (https://www.mekruphy.de/elektrik-2.html) zu Grunde. Dabei behandeln die Stationen folgende Versuche:

Station 1: Magnetfeldlinien

Die Station Magnetfeldlinien gliedert sich in vier Teilversuche auf. Dabei sollen die Magnetfeldlinien eines Stabmagnets, zwei Stabmagneten, welche parallel oder antiparallel ausgerichtet sind, und eines Hufeisenmagneten visualisiert werden. Dazu wird ein Kunststofftisch genutzt, auf dem Eisenfeilspäne verteilt werden. Die Simulation auf einem extra Tablet oder die AR-Applikation sollen das jeweilige dreidimensionale Feld darstellen.

Station 2: Magnetische Influenz

Bei der magnetischen Influenz wird ein Stabmagnet in ein Stativ eingespannt. An diesen werden nach und nach Eisenscheibchen gehangen. Die SchülerInnen sollen erkennen, dass ab einer gewissen Anzahl von Scheiben, die Magnetfeldstärke des Stabmagneten nicht mehr ausreicht, um alle Scheiben zu halten. Zusätzlich soll mit einem zweiten Stabmagneten untersucht werden, durch welchen Parameter eine Anziehung oder Abstoßung der Scheibenkette erfolgt. Mit der Simulation und der AR-Applikation werden zusätzlich die Magnetfeldlinien durch die Eisenscheiben, sowie des zusätzlichen Magneten dargestellt.

Station 3: Versuch von Oersted

Der Versuch von Oersted zeigt, dass ein stromdurchflossener Leiter ein konzentrisches Magnetfeld um den Leiter zur Folge hat. Anhand einer Magnetfeldnadel und deren veränderten Ausrichtung, sobald der Stromkreis geschlossen ist, soll dieses Magnetfeld

nachgewiesen werden. Durch die Simulation und die AR-Applikation werden diese konzentrischen Felder zusätzlich graphisch im Raum dargestellt.

Station 4: Elektromagnetische Induktion
Durch die Relativbewegung von Spule und Stabmagnet zueinander wird in der Spule ein Bewegungsfluss der Elektronen und somit eine Induktionsspannung erreicht. Diese hängt von der zeitlichen Änderung des magnetischen Flusses durch die Spule ab. Durch die Simulation und die AR-Applikation wird die sich ändernde Anzahl der Magnetfeldlinien durch die Spule, was der Änderung des magnetischen Flusses entspricht, und die darauffolgende Verschiebung der Elektronen in der Spule angezeigt.

Station 5: Die Regel von Lenz
Die Regel von Lenz entspricht der Tatsache, dass ein induziertes Magnetfeld stets der Änderung des magnetischen Flusses entgegenwirkt. Die meisten Versuche zur Regel von Lenz laufen in sehr kurzer Zeit ab, was für eine Erkennung mittels AR problematisch ist. Bei diesem Schülerversuch ist es jedoch möglich, das Gegenfeld in einem geschlossenem Aluminiumquadrat zu augmentieren, da durch die 12V-Wechselspannung, die Bewegung fast gleichförmig ist. Als zusätzliche Erklärung des Phänomens, kann eine zeitlich langsam ablaufende Animation direkt über das Objekt gelegt werden, sodass kein kognitiver Transfer stattfinden muss.



Abb.2:*Versuch zur Regel von Lenz*

Station 6: Selbstinduktion
Zum Thema der Selbstinduktion wird eine metallischer U-Block mit Joch genutzt, bei dem eine Spule auf einen Arm des Blockes, mittels eines kurzen Batteriestromes „geladen“ wird. Unterbricht man den Stromkreis blitzt eine Glimmlampe, welche zur Spule parallelgeschaltet ist, kurz auf. Die Stärke des Blitzes ist abhängig von der Menge des verwendeten Eisenmaterials. Dies kann experimentell durch verschiedene Anordnungen (nur Joch oder nur U-Block) überprüft werden. Durch den schnellen Ablauf des Versuches, kann hier die Simulation und die AR-Applikation nur zu Erklärungszwecken genutzt werden, um die Vorgänge im Versuch selbst darzustellen.

4. Ausblick
Die Entwicklung der Applikationen besitzt die höchste Priorität. Zusätzlich wird zur Verstärkung der Interaktion versucht, Messdaten von in dem Versuch implementierten Voltmetern direkt in der Applikation zu integrieren. Dazu wird eine Bluetooth-Verbindung zwischen Voltmeter und Tablet genutzt.
Um die fertig entwickelten Applikationen dann für die Pilotierung zu nutzen, werden diese einem Benutzerfreundlichkeitstest unterzogen. Für diesen wird der System Usability Score (kurz: SUS) von Brooke (Brooke, 1996) genutzt. Um zusätzlich mögliche individuelle Schwächen der einzelnen Applikationen auszuschließen, wird anschließend an den SUS ein fokussiertes Interview (Döring & Bortz, 2016, S. 377) durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Interviews werden analysiert und die Applikationen entsprechend angepasst. Ist diese Phase abgeschlossen, startet die Pilotstudie im Lehr-Lern-Labor.

Literaturverzeichnis

Becker, S. & Thyssen, C. (2020). Digitale Transformation - wie Digitales auch die analoge Realität verändert. In S. Becker & Meßinger-Koppelt, Jenny, Thyssen, Christoph (Hg.), *Digitale Basiskompetenzen: Orientierungshilfe und Praxisbeispiele für die universitäre Lehramtsausbildung in den Naturwissenschaften* (S. 9–13).

Brooke, J. (1996). SUS - A quick and dirty usability scale. In P. W. Jordan (Hg.), *Usability evaluation in industry: Based on the International Seminar Usability Evaluation in Industry that was held at Eindhoven, The Netherlands, on 14 and 15 September 1994]* (S. 189–194). Taylor & Francis.

Döring, N. & Bortz, J. (2016). *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften* (5. Aufl.). *Springer-Lehrbuch*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-41089-5

Elsholz, M. & Trefzger, T. (2020). Identitätsarbeit im Lehr-Lern-Labor-Seminar: Dimensionalität und Veränderung des akademischen Selbstkonzepts angehender Physiklehrkräfte während einer zentralen Praxisphase. In D. Bosse, M. Meier, T. Trefzger & K. Ziepprecht (Hg.), *Lehrerbildung auf dem Prüfstand: 1-2020. Professionalisierung durch Lehr-Lern-Labore in der Lehrerausbildung* (S. 78–100). Verlag Empirische Pädagogik.

Kircher, E., Girwidz, R. & Häußler, P. (Hg.). (2015). *Springer-Lehrbuch*. *Physikdidaktik: Theorie und Praxis* (3. Aufl.). Springer Spektrum.

Körner, H.-D. & Erb, R. (2013). Zur Bedeutung von Experimenten bei der Erkenntnisgewinnung. In S. Bernholt (Hg.), *Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik: Band 33. Inquiry-based Learning - Forschendes Lernen: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Hannover 2012 ; [Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Band 33* (S. 74–76). IPN.

Lindlahr, W. (2014). Virtual-Reality-Experimente für Interaktive Tafeln und Tablets. In J. Maxton-Küchenmeister & J. Meßinger-Koppelt (Hg.), *Naturwissenschaften. Digitale Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht* (S. 90–97). Joachim-Herz-Stiftung Verlag.

Matthias Völker & Thomas Trefzger. (2010). Lehr-Lern-Labore zur Stärkung der universitären Lehramtsausbildung. In *PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung; 2010: Hannover*. http://www.phydid.de/index.php/phydid-b/article/view/173 (Erstveröffentlichung 02.11.2010)

Maxton-Küchenmeister, J. & Meßinger-Koppelt, J. (Hg.). (2014). *Naturwissenschaften*. *Digitale Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht*. Joachim-Herz-Stiftung Verlag.

Roth, J. (2019). Digitale Werkzeuge im Mathematikunterricht – Konzepte, empirische Ergebnisse und Desiderate. In A. Büchter, M. Glade, R. Herold-Blasius, M. Klinger, F. Schacht & P. Scherer (Hg.), *Vielfältige Zugänge zum Mathematikunterricht* (S. 233–248). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-24292-3_17

Schwanke, H. & Trefzger, T. (2020). Augmented Reality in Schulversuchen der E-Lehre in der Sekundarstufe I. In Nordmeier, V. Grötzebauch, H. (Hg.), *PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung; 2020: Bonn.* http://phydid.physik.fu-berlin.de/index.php/phydid-b/article/view/1052 (Erstveröffentlichung 09.2020)

Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung. *LehrplanPLUS: Fachlehrplan - Gymnasium Physik.* https://www.lehrplanplus.bayern.de/fachlehrplan/gymnasium/10/physik

Ahmad Asali[1]
Sebastian Staacks[1]
Christina Lüders[1]
Heidrun Heinke[1]

[1]RWTH Aachen University

Möglichkeiten zur Online-Selbsteinschätzung im Physikstudium

Motivation Eine typische Physik-Lehrveranstaltung (LV) im ersten Bachelorstudienjahr an der RWTH Aachen ist so aufgebaut, dass die Studierenden wöchentlich Vorlesungen und Übungen jeweils im Umfang von 4 bzw. 2 Semesterwochenstunden besuchen. Die LVen Experimentalphysik 1 und 2 werden von Studierenden der Bachelorstudiengänge Physik, Lehramt Physik sowie Informatik und Mathematik mit Nebenfach Physik besucht. Vor den durch COVID-19 verursachten Änderungen wurden wöchentliche Übungen in Gruppen von 2 bis 3 Studierenden bearbeitet und eingereicht. Beim Erreichen einer Mindestpunktzahl für die Übung im Verlauf des Semesters wird ein Studierender zur Klausur zugelassen. Seit einigen Jahren sind die Erfolgsquoten für die Teilnahme an den Klausuren zur Experimentalphysik 1 und 2 relativ niedrig gewesen (Abb. 1). Die Abbildung illustriert, dass hierzu drei Effekte beitragen: Nicht alle aktiven Studierenden erhalten eine Zulassung zur Klausur, nicht alle zugelassenen Studierenden schreiben die Klausur, und nicht alle Klausurteilnehmer bestehen die Klausur.

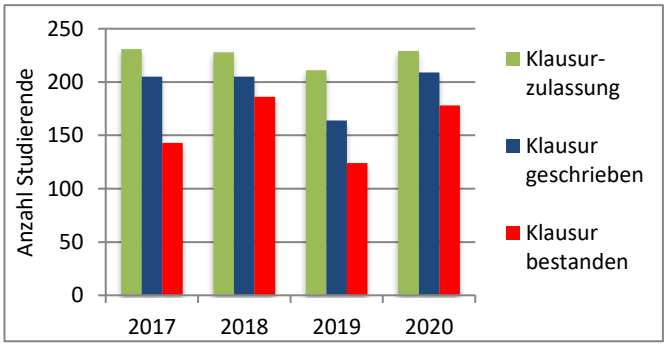


Abb. 1, Die Anzahl der Studierenden, die zur Klausur zugelassen wurden (grün), die die Klausur geschrieben haben (blau) und die die Klausur bestanden haben (rot), am Beispiel der LV Experimentalphysik 2 (Sommersemester).

Konzept Von semesterbegleitenden Online-Selbsttests (im Folgenden auch als E-Test bezeichnet) wird erwartet, dass sie auf verschiedene Weise zur Erhöhung der Bestehensquote von Klausuren beitragen können. Sie können Studierende zu einer kontinuierlichen semesterbegleitenden Beschäftigung mit dem Vorlesungsstoff motivieren (Erhöhung der Anzahl der zur Klausur zugelassenen Studierenden), für die Studierenden Selbstvertrauen schaffen (Erhöhung der Anzahl der Klausurteilnahmen) und das fachliche Verständnis der Studierenden fördern (Erhöhung der Anzahl der bestandenen Klausur). Somit können die Online-Selbsttests helfen, die in Abb. 1 illustrierten Effekte, die zu einer niedrigen Bestehungsquote der Klausuren führen, abzumindern. Lenz et al. zeigen exemplarisch für eine Vorlesung zu Datenbanken, dass begleitende E-Tests in Kombination

mit Anreizsystemen zur Nutzung der E-Tests zu einer Senkung der Durchfallquoten geführt haben (Lenz et al., 2020).

Das Ziel der hier beschriebenen Entwicklungsarbeit war, eine effektive Möglichkeit zur digitalen Selbsteinschätzung der Studierenden in einer Anfängervorlesung zur Experimentalphysik 2 im zweiten Semester zu schaffen. Der Fokus lag dabei auf E-Tests über die Plattform Moodle. Nicht beschrieben sind die zusätzlichen Online-Tutorien sowie eine Probeklausur mit digitalem und anonymem Peer-Review-Prozess.
Wichtige Vorteile der angebotenen E-Tests sind wie folgt:
- Ihr Einsatz kann parallel zur LV stattfinden, wobei der Aufwand für Dozierende, insbesondere bei der Nutzung bereits vorliegender E-Tests gering bleibt.
- Die E-Tests können leicht bearbeitet und geändert werden, so dass eine hohe Akzeptanz bei wechselnden Dozierenden erwartet wird. Sie sind immer und über allen gängigen Browsern verfügbar und bei Bedarf beliebig oft wiederholbar. Die Bewertung erfolgt automatisch und die Teilnehmenden erhalten eine sofortige Rückmeldung zu ihrer Leistung.
- Die E-Tests können als eine freiwillige Einschätzungsmöglichkeit angeboten werden, aber auch als Teilkriterium für die Klausurzulassung oder -note.
- Die E-Tests können eine große Anzahl von Aufgaben beinhalten (Aufgabensammlung), so dass jeder Studierende bei jedem E-Test zufällig zugewiesene Aufgaben zu einem Thema erhält (auch bei Wiederholung). Bird und Rathmann zeigten, dass man auf diese Weise die mathematischen Rechenfähigkeiten von Erstsemesterstudierenden verbessern kann (Bird und Rathmann 2019).
- Nicht nur die Auswahl der Fragen, sondern auch die Reihenfolge der Fragen und der Antworten im Multiple-Choice-Formt kann randomisiert erfolgen.
- Die E-Tests können zur Überprüfung des Wissensstands, zur Wiederholung von Begriffen, aber auch zur Schulung von Rechentechniken eingesetzt werden.
- Es ist bei Rechenfragen möglich, die Zahlenwerte, Funktionen, Vektoren oder Matrizen dynamisch ändern zu lassen. In diesem Fall bleibt das Niveau einer Frage gleich, aber das numerische Ergebnis ändert sich.
- Über die Jahre kann die Aufgabensammlung sukzessiv ausgebaut werden.
- Es besteht die Möglichkeit, die entwickelten Aufgabensammlungen unter unterschiedlichen Dozenten und Fachgruppen, aber auch verschiedenen Hochschulen auszutauschen. Die Autoren haben Aufgabensammlungen aus der Fachgruppe Mathematik der RWTH Aachen sowie aus der TU Darmstadt erhalten.

Zu den wichtigsten Nachteilen von E-Tests gehört die häufig niedrige Komplexität im Vergleich zu typischen Klausuraufgaben, die zu einer Überschätzung der Fähigkeiten eines Studierenden führen kann. Andererseits zeigte sich, dass computergestützte Tests gegenüber vergleichbaren Paper-Pencil-Tests signifikant schlechter ausfielen, was auf negative Effektive durch das verwendete Medium hindeutet (Backes et al., 2018). Zudem sind bei den hier eingesetzten E-Tests die Feedbacks oft allgemein und nicht spezifisch für jede mögliche Antwort. Das kann bewirken, dass ein Studierender bei falscher Lösung nicht unterscheiden kann, ob er nur an kleinen Rechenfehlern, oder an grundlegend falschen physikalischen Vorstellungen bei der Aufgabenlösung gescheitert ist.

Umsetzung Im Sommersemester 2020 wurden 23 E-Tests angeboten, die über 400 Aufgaben erhielten. Dabei wurden 7 Aufgabentypen benutzt: Multiple-Choice Fragen,

STACK-Fragen (Sangwin 2013), Lückentexte, Rechenaufgaben, Drag–&–Drop- und Zuordnungsaufgaben sowie Freitext-Aufgaben mit einem Kurzantwortfeld. Aufgaben, deren Antwort eine mathematische Schreibweise benötigte, wurden mithilfe von STACK erstellt. Dabei handelt es sich um ein Open Source Plugin für Moodle. STACK erlaubt es den Nutzern, Zahlen, Parameter, Funktionen, griechische Buchstaben, Wurzeln Ableitungen, Potenzen, Vektoren und Matrizen im Eingabefeld zu schreiben. Besonders wertvoll ist dabei, dass STACK die eingegebene Antwort des Nutzers in Echtzeit durch mathematische Symbole zeigt, so dass der Nutzer sofort erkennen kann, ob das System seine Eingabe so versteht, wie er diese gemeint hat. Außerdem werden die Schreibweisen mit einer falschen Syntax durch Fehlermeldungen gekennzeichnet. Diese Prüfmöglichkeit reduziert die Wahrscheinlichkeit, dass die Antwort eines Nutzers rein auf Grund der Schreibweise als falsch bewertet wird. Nichtsdestotrotz benötigt STACK eine spezifische Schreibweise, die sich auch von der weitverbreiteten LATEX Notation unterscheidet. Deshalb sollten die Nutzer vor dem Test in die Schreibweise eingewiesen werden.

Prinzipiell haben alle Aufgabentypen in Moodle–Tests die Funktion einer automatisierten Bewertung der Abgaben. Das Plugin STACK erlaubt jedoch eine komplexere und detailliertere Struktur für die Bewertung und das Feedback, besonderes durch einen so genannten Rückmeldebaum. Hier kann man die Abgabe eines Nutzers in mehreren Schritten beurteilen und bewerten. Beispiel: Matrizen A und B sind gegeben. Der Teilnehmer soll die Matrix C berechnen, so dass AC=B, und den größten Eigenwert von C finden. Das sind zwei unterschiedliche Rechentechniken. Falls der Teilnehmer die Matrix C falsch berechnet, wird er auch den falschen Eigenwert finden. Man kann die Bewertung so einstellen, dass das System den Eigenwert der vom Nutzer angegebenen Matrix C* errechnet und erkennt, ob der vom Nutzer errechnete Eigenwert für seine Matrix C* richtig war oder nicht.

Erste Evaluation und Ausblick Die E-Tests wurden über 2000-mal von 178 Studierenden bearbeitet (Wiederholungen nicht gezählt). 102 Studierende haben an mehr als 7 E-Tests (d.h. über 1/3) teilgenommen. Am Ende des Sommersemesters 2020 wurden die Studierenden in einer Online-Umfrage befragt, wie hilfreich sie die E-Tests fanden (Skale 1 bis 5) und ob sie Kommentare zu den E-Tests haben (Freitext). An der Umfrage haben 83 Studierende teilgenommen. 32% davon fanden die E-Tests „sehr hilfreich“ (5 aus 5) und 48% fanden sie „eher hilfreich“ (4 aus 5). Die zwei am häufigsten erwähnte Probleme waren einerseits die komplizierte Schreibweise in STACK-Aufgaben und andererseits, dass sich zu viele Aufgaben auf Wiederholungen bezogen haben statt auf ein physikalisches Verständnis des Vorlesungsstoffs. Basierend auf dieser Umfrage und dem Feedback der Dozierenden fokussieren wir im nächsten Semester auf die folgenden Punkte:

- Die Aufgaben sollen noch dynamischer und abwechslungsreicher gestaltet werden.
- Es soll eine einfachere Schreibweise im Eingabefeld ermöglicht werden, indem die Fragestellungen angepasst bzw. andere mögliche Funktionen von STACK verwendet werden.
- Die Anzahl der Aufgaben soll weiter erhöht werden, damit die Studierenden bei einer Wiederholung eines E-Tests nicht die gleichen Aufgaben gestellt bekommen.
- Der Austausch der Fragensammlung mit anderen Fachgruppen und Universitäten soll verstärkt werden.

Literatur

Backes, B. & Cowan, J. (2018). Is the Pen Mightier Than the Keyboard? The Effect of Online Testing on Measured Student Achievement. CALDER Working Paper No. 190, American Institute for Research, April 2018.

Bird, A., Rathmann, W. (2019). Online-Trainingscenter Rechenfertigkeiten. In: Contributions to the 1st International STACK conference 2018. Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg: Fürth, Germany. DOI 10.5281/zenodo.2563076.

Lenz, R., Haller, D., Wahl, A. (2020). Maßnahmen zur Verbesserung der Effektivität von Blended Learning bei Datenbank-Vorlesungen. In: Zender, R., Ifenthaler, D., Leonhardt, T. & Schumacher, C. (Hrsg.), DELFI 2020 – Die 18. Fachtagung Bildungstechnologien der Gesellschaft für Informatik e.V. Bonn: Gesellschaft für Informatik e.V. (S. 223-228).

Sangwin, C. (2013). Computer aided assessment of mathematics. Oxford: Oxford University Press.

Novid Ghassemi[1] [1]Freie Universität Berlin
Volkhard Nordmeier[1]

Evaluation des ‚Lehramtsmaster mit Profil Quereinstieg' im Fach Physik

Ausgangslage

Auf Grundlage der „Sondermaßnahmen zur Gewinnung von Lehrkräften zur Unterrichtsversorgung" (KMK, 2013) sind die Kultusministerien der Bundesländer bemüht, die Differenz zwischen Lehrkräfteeinstellungsbedarf und dem Neuangebot regulär ausgebildeter Lehrkräfte durch Quer- und Seiteneinsteiger*innen auszugleichen. Einen Überblick über Quer- und Seiteneinstiegsprogramme der Länder bieten Abs, Kuper & Martini (2020) (nicht vollständig). Zwar ist eine gute Unterrichtversorgung unverzichtbar, die aktuell hohen Quoten neueingestellter Quer- und Seiteneinsteiger*innen werden jedoch als Widerspruch zu Bemühungen um die Professionalisierung der Lehrkräftebildung gesehen (Rothland & Pflanzl, 2016; Ramseger, 2017). Grundlage der Kritik bilden unter anderem empirische Forschungsbefunde, welche einen Aufbau professioneller Kompetenzen im Zuge der universitären Phase der Ausbildung nachweisen (vgl. Kunina-Habenicht (2020) für eine aktuelle Zusammenfassung). Da ein Mangel an grundständig ausgebildeten Lehrer*innen auch für die nähere Zukunft angenommen wird (KMK, 2019), wird die Einführung von (Mindest-)Standards für die Qualifizierung von nicht-grundständig ausgebildeten Lehrkräften angeregt (Terhart, 2020; GFD, 2018).

Der ‚Lehramtsmaster mit Profil Quereinstieg' an der Freien Universität Berlin

Eine stärker an den Standards für die Lehrerbildung und den Fachprofilen orientierte Alternative zum Quer- und Seiteneinstieg stellen von Universitäten und Fachverbänden konzipierte Unterstützungs- und Qualifizierungsmaßnahmen dar. Im Land Berlin bieten inzwischen alle vier Universitäten nicht-grundständige Qualifikationsstudiengänge für das Lehramt an. An der Freien Universität Berlin (FUB) wird seit dem Wintersemester 2016/17 der Masterstudiengang für das Lehramt an Integrierten Sekundarschulen und Gymnasien mit dem Profil Quereinstieg (Q-Master) als Modellversuch erprobt[1]. Der auf vier Semester (120 ECTS) ausgelegte Studiengang wird unter anderem für die Fächer Mathematik, Informatik und Physik angeboten. In den ersten vier Jahrgängen schrieben sich 23 Studierende in den Q-Master für das Fach Physik ein. Der Lehrplan des Q-Masters stimmt in hohem Maße mit dem des regulären Lehramtsmasters *(Masterstudiengang für das Lehramt an Integrierten Sekundarschulen und Gymnasien)* überein. Er beinhaltet ebenso ein Praxissemester sowie fachdidaktische und bildungswissenschaftliche Studienanteile (FUB, 2018, 2019).

Gesamtevaluation

Erste Ergebnisse der Gesamtevaluation des Q-Masterstudiengangs zeigen, dass die Q-Masterstudierenden älter als die Studierenden des regulären Lehramtsmasters sind (Ghassemi & Nordmeier, 2020). Sie verfügen häufig über *pädagogische Vorerfahrungen* und gut

[1]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 Autoren.

die Hälfte ist neben dem Studium erwerbstätig (ebd.) Bezüglich der *Abschlussnoten* und der *Studiendauer* scheinen die Q-Masteranden etwas besser bzw. schneller zu sein als die regulären Lehramtsmasterstudierenden. Diese Ergebnisse sind allerdings nur vorläufig. Die Auswertung erhobener Berufswahlmotive (Watt & Richardson, 2007; Watt et al., 2012) steht noch aus.

Exemplarischer Fokus auf das Fach Physik

Ein exemplarischer Fokus der Begleitforschung liegt auf dem Fach Physik. Dabei wird der Frage nachgegangen, welche Professionalisierungsprozesse die Q-Masterstudierenden durchlaufen. Zur Einordung dieses Prozesses sind die Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen den Studierenden des Q-Masters und den regulären Lehramtsmasterstudierenden von Interesse. Über ein Pre-Post-follow-Up-Design werden quantitativ das *fachdidaktische Wissen* (Riese, 2009), das *Fachwissen* (Riese, 2009; Korneck, Krüger & Szogs, 2017) und die *Überzeugungen zum Lehren und Lernen von Physik* (Lamprecht, 2011) erhoben.

Erste Ergebnisse bezüglich der Entwicklung des fachdidaktischen Wissens (FDW) sowie der Überzeugungen zum Lehren und Lernen von Physik lassen bislang keine interferenzstatistisch schlüssigen Aussagen über die Q-Masterstudierenden zu. Bei gemeinsamer Betrachtung der Q-Masterstudierenden und regulären Lehramtsmasterstudierenden zeigt sich ein Zuwachs des fachdidaktisches Wissens (Ghassemi, Milster & Nordmeier, 2019) sowie eine Veränderung der Überzeugungen hin zu stärker konstruktivistischen Auffassungen zum Lehren und Lernen (Ghassemi & Nordmeier, 2020).

Im Rahmen der Begleitforschung konnten mehr als die Hälfte der immatrikulierten Q-Masterstudierenden (n_{pre}=13, n_{post}=12) der ersten drei Jahrgänge befragt werden. Für die gleichen Jahrgänge liegen auch Daten von regulären Lehramtsmasterstudierenden im Fach Physik vor (n_{pre}=43, n_{post}=35). Es wird davon ausgegangen, dass die vorliegenden Daten eine gewisse Repräsentativität für die spezifischen Gruppen bzw. deren Vergleich besitzen[2]:

Zu Beginn des Masters scheinen die Studierenden beider Studiengänge ein gleichhohes FDW zu besitzen. Die verfügbaren Daten deuten darauf hin, dass am Ende des Q-Masters FDW mindestens in gleichem Maße erworben wurde wie im regulären Lehramtsmaster Physik (Abb. 1).

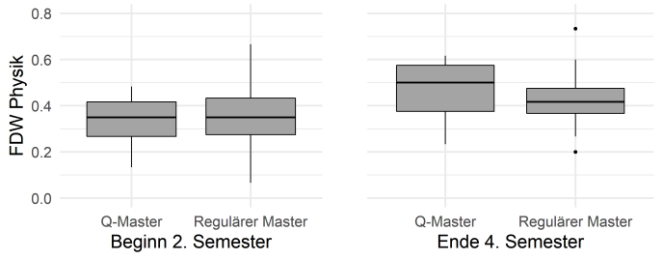


Abb. 1: Fachdidaktisches Wissen im Fach Physik zu Beginn und Ende der Lehramtsmasterstudiengänge an der Freien Universität Berlin.

[2] Für die folgenden Darstellungen und Beschreibungen wurden alle verfügbaren Daten genutzt, ein Pre-Post-Matching wurde nicht vorgenommen.

Bezüglich der Überzeugungen zum selbstständigen Lernen zeigt sich bei beiden Gruppen ein Trend hin zu einer stärkeren Befürwortung eines konstruktivistischen Lehr-Lern-Verständnisses (Abb. 2). Das rezeptartige (transmissive) Lehr-Lernverständnis erfährt dagegen von beiden Gruppen am Ende des Masterstudiums geringeren Zuspruch als zu Beginn. Die Überzeugungen der Studierenden des regulären Lehramtsmasters scheinen zu beiden Erhebungszeitpunkten stärker konstruktivistisch und weniger transmissiv ausgeprägt zu sein als jene der Q-Masterstudierenden. Hinsichtlich der betrachteten Konstrukte deuten die verfügbaren Daten darauf hin, dass beide Masterstudiengänge auf die jeweiligen Studierenden-Gruppen etwa den gleichen positiven Einfluss hinsichtlich des Aufbaus professioneller Kompetenzen haben.

Zur Einordnung dieser Befunde sind insbesondere die Zulassungsvoraussetzungen für den Q-Masterstudiengang zu beachten. So werden fachwissenschaftliche Leistungen, welche den *Ländergemeinsamen inhaltlichen Anforderungen* (KMK, 2008) entsprechen, insbesondere im Erstfach vorausgesetzt (FUB, 2019).

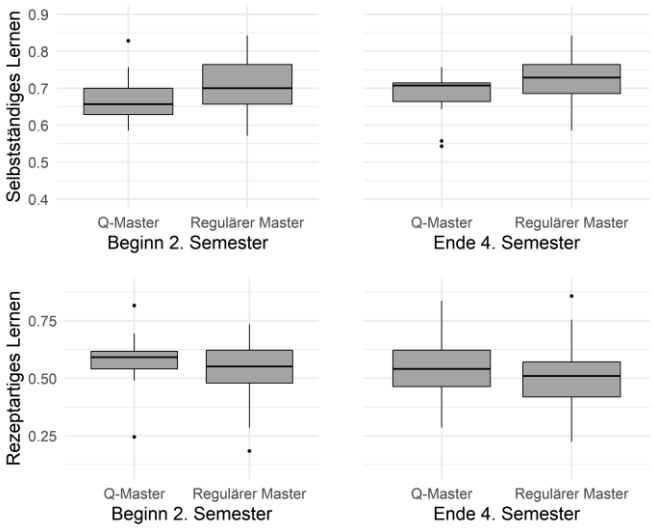


Abb. 2: Überzeugungen zum Lernen und Lernen von Physik zu Beginn und Ende der Lehramtsmasterstudiengänge an der Freien Universität Berlin.

Ausblick

Im Wintersemsester 2020/21 wird bereits der fünfte Q-Masterjahrgang an der Freien Universität Berlin immatrikuliert. Neben dem in diesem Beitrag thematisierten quantitativen Anteil der Begleitforschung, wird im Fach Physik auch eine qualitative Interviewstudie fortgesetzt. Nach der Aufbereitung und Deskription der erhobenen Daten, werden derzeit Möglichkeiten zur Überführung der Daten in ein statistisches Modell geprüft.

Literatur

Abs, H.J., Kuper, H. & Martini, R. (Hrsg.) (2020). *Datenreport Erziehungswissenschaft 2020*, Opladen, Berlin, Toronto: Verlag Barbara Budrich.

FUB (2019). Zugangssatzung der Freien Universität Berlin für den Masterstudiengang für das Lehramt an Integrierten Sekundarschulen und Gymnasien mit dem Profil Quereinstieg. Amtsblatt der Freien Universität Berlin. https://www.fu-berlin.de/service/zuvdocs/amtsblatt/2019/ab132019.pdf.

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. (2019). Qualifizierung von Quereinsteiger*innen. Begleitforschung zum Kompetenzerwerb von Q-Masterstudierenden im Land Berlin. In Nordmeier, V. & Grötzebauch, H. (Hrsg.), *PhyDid B. Didaktik der Physik*. Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung (S. 99–103). Berlin.

Ghassemi, N. & Nordmeier, V. (2020). Professionelle Kompetenzen von Studierenden im Lehramtsmaster mit Profil Quereinstieg‘ im Fach Physik. In Nordmeier, V. & Grötzebauch, H. (Hrsg.), *PhyDid B. Didaktik der Physik*. Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung (S. 115–120). Berlin.

KMK (2008). *Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung*. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.10.2008.

KMK (2013). *Gestaltung von Sondermaßnahmen zur Gewinnung von Lehrkräften zur Unterrichtsversorgung*. *Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 05.12.2013*.

KMK (2019). *Lehrereinstellungsbedarf und -angebot in der Bundesrepublik Deutschland 2019 – 2030*. *Zusammengefasste Modellrechnungen der Länder.* STATISTISCHE VERÖFFENTLICHUNGEN DER KULTUSMINISTERKONFERENZ Nr. 221.

Korneck, F., Krüger, M. & Szogs, M. (2017). Professionswissen, Lehrerüberzeugungen und Unterrichtsqualität angehender Physiklehrkräfte unterschiedlicher Schulformen. In Fischler, H. & Sumfleth, E. (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften der Chemie und Physik* (Band 200) (S. 113–133). Berlin: Logos Verlag Berlin.

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.

Lamprecht, J. (2011). *Ausbildungswege Und Komponenten Professioneller Handlungskompetenz*. *Vergleich Von Quereinsteigern Mit Lehramtsabsolventen Für Gymnasien Im Fach Physik,* Berlin: Logos Verlag Berlin.

Ramseger, J. (2017). Fachliche Stellungnahme anlässlich der Anhörung im Berliner Abgeordnetenhaus zur Problematik der Quereinsteiger/innen im Lehramt. https://www.parlament-berlin.de/ados/18/BildJugFam/vorgang/bjf18-0098-v-st-FU%20Berlin.pdf (22.10.2020).

Riese, J. (2009). *Professionelles Wissen und professionelle Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften*, Berlin: Logos Verlag Berlin.

Rothland, M. & Pflanzl, B. (2016). Zur Einführung in das Themenheft. Editorial. In Rothland, M. & Pflanzl, B. (Hrsg.), *Quereinsteiger, Seiteneinsteiger, berufserfahrene Lehrpersonen. Auswahl, Qualifizierung und Bewährung im Beruf* (S. 1–4). Landau in der Pfalz: Verlag Empirische Pädagogik.

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.

Watt, H.M., Richardson, P.W., Klusmann, U., Kunter, M., Beyer, B., Trautwein, U. & Baumert, J. (2012). Motivations for choosing teaching as a career: An international comparison using the FIT-Choice scale. *Teaching and Teacher Education, 28*(6), 791–805.

Watt, H.M.G. & Richardson, P.W. (2007). Motivational Factors Influencing Teaching as a Career Choice: Development and Validation of the FIT-Choice Scale. *The Journal of Experimental Education, 75*(3), 167–202.

Luisa Zimmermann
Friederike Korneck
Jan Lamprecht
Michael Szogs

Goethe-Universität Frankfurt am Main

Verstehenselemente: Analyse physikdidaktischer Unterrichtsqualität

Bereits Helmke und Weinert haben 1997 den Eindruck geäußert, dass es so erscheint, als sei „im Unterricht […] alles und jedes irgendwie wichtig und zugleich auch wieder unwichtig“ (Helmke & Weinert 1997, 125). Während sich bis heute viele Studien zur Unterrichtsqualitätsforschung auf die Betrachtung generischer Qualitätsmerkmale (kognitive Aktivierung, konstruktive Unterstützung und Klassenführung) beschränken, wird in der aktuellen fachdidaktischen Forschung zunehmend die Operationalisierung fachlicher Aspekte im Unterricht in Form einer möglichen vierten Dimension diskutiert. Diesem Ansatz folgend, werden in der vorgestellten Arbeit durch detaillierte Videoanalysen von Unterrichtsminiaturen methodologische Ansätze erörtert, um unter Hinzunahme von Verstehenselementen (VE) und Repräsentationsformen (RF) die Erfassung fachlicher und fachdidaktischer Unterrichtsqualitätsmerkmale zu überprüfen, zu analysieren und weiter zu entwickeln (vgl. Lipowsky, 2017).

Verstehensmodell und Teilkonzepte

Die Analyse von Verstehenselementen, die kleinste erforderliche Verstehenseinheit, um Konzepte zu begreifen, dient als Zugang zur Beurteilung der Qualität naturwissenschaftlichen Unterrichts. Das von Drollinger-Vetter (2011) für den Mathematikunterricht entwickelte Verstehensmodell wurde erstmalig 2018 auf dessen Übertragbarkeit auf den Physikunterricht ertragreich überprüft (Pupillo, 2018). Zur genaueren phänomenspezifischen Analyse naturwissenschaftlichen Unterrichts wird nun das bisher dreistufige Modell um eine weitere Ebene, der sog. „Teilkonzepte“, ergänzt (vgl. Abb. 1). Die detaillierte Analyse der fachlichen Grundlagen zu einem ausgewählten Gesamtkonzept ermöglicht das Aufgliedern in dessen Teilkonzepte, wobei sich diese wiederum in relevante VE untergliedern lassen. Die VE können dann in Abhängigkeit von Phänomen, Elementarisierungsgrad und Lernziel im Unterricht passgenau eingesetzt werden.

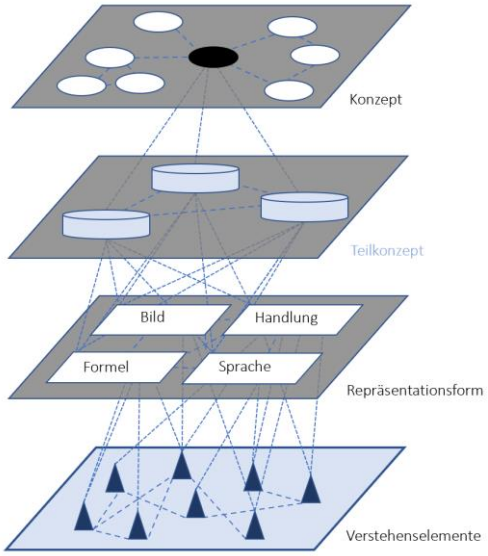


Abb. 1: Verstehensmodell in 4 Stufen in Anlehnung an das Verstehensmodell in 3 Ebenen von Drollinger-Vetter (2011).

Verstehenselemente im Physikunterricht

Die Analyse von Unterrichtsvideos auf den Umgang mit VE und RF bedarf vorab einer detaillierten Sachanalyse, die zur Identifikation der Teilkonzepte führt und daraufhin die Zusammenstellung der relevanten VE innerhalb des Teilkonzeptes erlaubt. Für das untersuchte Gesamtkonzept „Zustände von Festkörpern in Fluiden“ wurden die Teilkonzepte Verdrängung, Dichte, Schweredruck und Auftrieb herausgearbeitet, welche einzeln oder in Kombination miteinander zur Erklärung der Zustände und Zustandsänderungen (Schwimmen, Steigen, Schweben, Sinken) herangezogen werden können (vgl. Bienioschek, 2003). Die Analyse des Teilkonzeptes Dichte lässt sich in 17 Gruppen von VE zusammenfassen (Auszug s. Abb. 2), welche sich in Einzelelemente der verschiedenen RF aufsplitten lassen (exemplarisches Beispiel Abb. 3).

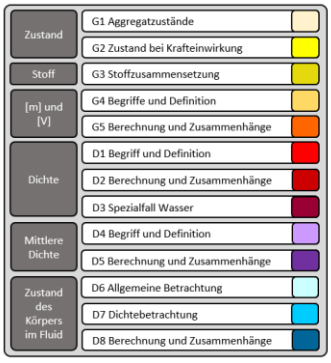


Abb. 2: Auszug der identifizierten Gruppen der VE.

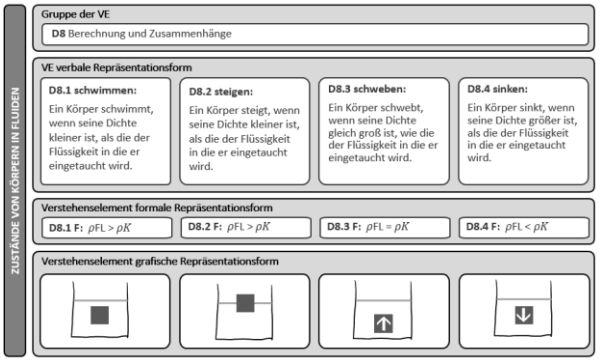


Abb. 3: Beispiel einer aufgesplitteten Gruppe von VE aus dem Manuals zur Unterrichtsanalyse.

Fallanalysen der Verstehenselemente im Unterricht

Die Analyse der im Microteaching Seminar aufgezeichneten Unterrichtsminiaturen (Korneck & Kunter 2012) umfasst vier Lehrpersonen (LP), die Freihandversuche zu dem Konzept „Zustände von Festkörpern in Fluiden“ behandeln und sich in ihrer Erarbeitung auf das Teilkonzept Dichte stützen. Dabei wird von LP 203, LP 180 und LP 173 das Phänomen „Cola oder Cola light“ untersucht, wohingegen LP 190 das Phänomen „Die U-Boot Mandarine“ analysiert (vgl. Berthold et al., 2012). Die Unterrichtsminiaturen zeigen kontrastierende Herangehensweisen, drei Lehrpersonen zeigen einen stark lehrkraftzentrierten Unterricht (LP 203, LP 180, LP 173) und eine Lehrperson baut ihren Unterricht kognitiv aktivierend auf (LP 190). Für die Untersuchung werden die Unterrichtsminiaturen als detaillierte Fallanalysen minutiös auf VE und RF untersucht, wobei deren Vorkommen, die Dauer des Vorkommens, die Häufigkeit und die Reihenfolge beobachtet werden. Die Beobachtungen werden dazu genutzt, um den Umgang mit VE, die Unterrichtsqualität aus den Ratingdaten der Microteachings (Szogs, 2016) und die tatsächliche fachliche Korrektheit der Lehrpersonen in Zusammenhang zu stellen.

Die Fallanalysen verdeutlichen, dass alle vier LP einen äußerst unterschiedlichen Umgang mit den VE aufweisen. Während sich LP 203 auf Berechnungen und Zusammenhänge (D8) fokussiert, legen die anderen drei Lehrpersonen den Schwerpunkt auf die Stoffzusammensetzung (G3). Im direkten Vergleich zeigt LP 203 den schlüssigsten und zugänglichsten Umgang mit den VE und deckt dabei eine große, zeitlich gleichmäßig aufgeteilte Anzahl an VE ab. LP 180

hingegen spricht die geringste Anzahl an VE an und zeigt den größten Anteil an sonstigen Unterrichtsgesprächen. Keine LP spricht die mittlere Dichte an, obwohl deren Betrachtung besonders bei LP 180, LP 173 und LP 190 essentiell für das Verständnis der Lernenden ist, weil die im Unterrichtszentrum stehende Stoffzusammensetzung in direktem Zusammenhang zu der mittleren Dichte gesehen werden muss. Daraus wird deutlich, dass die Elementarisierung dieser drei Lehrpersonen nicht auf das Phänomen abgestimmt wurde. Außerdem können in der Fallanalyse bei LP 203 trotz der in Unterrichtsqualitätsratings besonders hoch eingeschätzten fachlichen Korrektheit (vgl. Szogs, Krüger & Korneck, 2017) fachliche Fehler identifiziert werden. Diese Erkenntnis spricht für eine gesonderte Betrachtung der fachlichen Aspekte des Unterrichts.

Generalisierte Ergebnisse der Fallanalysen

Teilkonzepte

Die Unterrichtsanalyse zeigt, dass das Verstehensmodell in vier Ebenen als fruchtbar beurteilt werden kann. Die Teilkonzepte helfen, sofern auf das zu untersuchende Phänomen abgestimmt, einzelne Phänomene genauer und dadurch komplexreduziert zu betrachten. Dieses Ergebnis könnte durch die Analyse weiterer Teilkonzepte oder auch anderer Gesamtkonzepte weiter validiert werden.

Verstehenselemente und Repräsentationsformen

Ein Indiz für einen wirksamen Umgang mit VE auf fachdidaktischer Ebene ist deren möglichst vollständiges Vorkommen. Je umfassender die Vernetzung der einzelnen Elemente im Unterricht dargeboten wird, desto greifbarer wird das Phänomen und das Teilkonzept. „Vollständig" muss aber nicht heißen, dass jedes einzelne VE im Unterricht erörtert wird, vielmehr ist eine Auswahl von VE nötig, die gemeinsam das Phänomen kohärent beschrieben. In den Fallanalysen zeigt sich, dass Unterricht mit einer „vollständigen" Auswahl an VE mit einer hohen Unterrichtsqualität eingeschätzt wird.

Die Unterrichtsqualität ist ebenfalls bei guter Darbietung verschiedener RF hoch. Ein vielfältiger Einsatz ermöglicht es den Lernenden ein Konzept besser und vollständiger zu begreifen. Dadurch entsteht für die Lernenden ein schärferes, besser verknüpftes und tieferes Bild des Konzeptes.

Unterrichtsqualität und Unterrichtsplanung

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass der Umgang mit VE und RF Rückschlüsse auf die Unterrichtsqualität zulässt. Dabei ist zu beachten, dass die dargebotene Unterrichtsform (zu lehrkraftzentriert, kognitiv aktivierend, …) und der Umgang mit VE sich gegenseitig bedingen. Kognitiv aktivierende Sequenzen sind einerseits vorab in der Unterrichtsplanung schwieriger zu antizipieren und andererseits durch ihren häufig diskursiven Charakter schwieriger auf VE zu untersuchen. Außerdem lässt sich aus der Analyse schließen, dass die Unterrichtsqualitätsratings prinzipiell auch fachdidaktische Unterrichtsqualität und Korrektheit abbilden können, eine detaillierte Analyse der fachlichen Aspekte von Unterricht nach der vorgestellten Art allerdings zuverlässiger fachliche Fehler aufzeigen kann, die in Ratings generischer Merkmale gegebenenfalls unbeobachtet bleiben.

Die angemessene Orchestrierung von VE und RF sollte bereits in der Unterrichtsplanung berücksichtigt werden. Durch den engen Zusammenhang der dargebotenen VE in der entsprechenden RF ist der Ansatz entstanden diese beiden direkt in ein Manual zu vereinen, um deren Vorkommen einfacher zu identifizieren (vgl. Abb. 3). Zukünftige Untersuchungen könnten an dieser Stelle den Zusammenhang vom Einsatz der VE und RF in der Unterrichtsplanung und den damit verbundenen Elementarisierungsentscheidungen betrachten.

Literatur

Bienioschek, Dr. H. (2003). *DUDEN SMS Schnell-Merk-System Physik 5.-10. Klasse*. Mannheim: Bibliographisches Institut & F.A. Brockhaus AG.

Berthold, C., Christ, D., Braam, G., Haubrich, J. Herfert, M., Hilscher, H., Kraus, J. & Möller, C. (2012). *Physikalische Freihandexperimente*. Band1: Mechanik (4.Aufl.). Hannover: Aulis Verlag in Friedrich Verlag GmbH.

Drollinger-Vetter, B. (2011). *Verstehenselemente und strukturelle Klarheit: Fachdidaktische Qualität der Anleitung von mathematischen Verstehensprozessen im Unterricht*. Münster: Waxmann.

Helmke, A. & Schrader, F.-W. (2008). Merkmale der Unterrichtsqualität: Potenzial, Reichweite und Grenzen. *SEMINAR – Lehrerbildung und Schule*, 3, 17-47.

Korneck, F. & Kunter, M. (2012). *Frankfurter Arbeitsgruppe zur Kompetenz angehender Physiklehrkräfte. Projekt Φactio - Professionelles Handeln von angehenden Physiklehrkräften*. Zuletzt aufgerufen am 12.11.2019. abrufbar unter: https://www.uni-frankfurt.de/52878070/Φactio

Lipowsky, F. (2017). *Kognitive Aktivierung und fachliche Unterrichtsqualität – Die gleiche Seite der Medaille?* – Vortrag auf der Tagung der Kommission Schulforschung und Didaktik der DGfE und der Goethe-Universität: Sache – Dinge – Aufgaben? Zur Konstruktion und Bedeutung von Fachlichkeit in der Unterrichtsforschung. 6.3. 2017, Frankfurt a.M.

Pupillo, A. (2018). *Verstehenselemente als Merkmal fachdidaktischer Unterrichtsqualität*. Wissenschaftliche Hausarbeit im Rahmen der 1. Staatsprüfung, Goethe Universität. Frankfurt a.M.

Szogs, M. (2016). *Entwicklung und Erprobung eines Manuals zur Erhebung kognitiver Aktivierung in videografierten Physikunterrichtssequenzen.* Wissenschaftliche Hausarbeit im Rahmen der 1. Staatsprüfung, Goethe Universität. Frankfurt a.M.

Szogs, M., Krüger, M. & Korneck, F. (2017). Erhebung von Unterrichtsqualität mittels hoch-inferenter Videoratings - das Ratingmanual der Φactio-Studie. In C. Maurer (Hrsg.), *Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis* (GDCP 2017 - Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Bd. 37, S. 256–259). Regensburg: Universität Regensburg.

Sarah Zloklikovits[1] [1]Universität Wien
Martin Hopf[1]

Didaktische Rekonstruktion EM-Strahlung

Einleitung

Wie kann elektromagnetische Strahlung bereits in der Sekundarstufe I unterrichtet werden? Diese Frage wird im Rahmen eines Dissertationsprojektes erörtert. EM-Strahlung stellt dabei ein anspruchsvolles Thema dar, das es erst lernwirksam für die Sek. I aufzubereiten gilt. Unsere Arbeiten orientieren sich am Modell der didaktischen Rekonstruktion, bei dem fachlicher Inhalt und die Perspektiven der Lernenden gleichberechtigt bei der Rekonstruktion des Themenbereichs berücksichtigt werden (Duit et al., 2012). Die hier präsentierte Rekonstruktion baut dabei auf bestehenden Forschungsarbeiten zu Schülervorstellungen und Lernprozessen zu EM-Strahlung (Neumann, 2013; Plotz, 2017a) sowie auf didaktischen Entwicklungsarbeiten zur geometrischen Optik (Haagen-Schützenhöfer, 2016; Wiesner et al., 1995) auf. Im Zuge des Rekonstruktionsprozesses wurden grundlegende Erklärungsangebote entwickelt, mit einzelnen Schüler*innen mit der Methode der Akzeptanzbefragungen evaluiert und anhand der daraus resultierenden Forschungsergebnissen adaptiert. Die hier präsentierte Arbeit stellt die vierte Überarbeitungsschleife im Entwicklungsprozess dar.

Der Unterrichtsansatz

Während die Entwicklung eines Unterrichtskonzeptes zu EM-Strahlung am Anfang steht, gibt es zur geometrischen Optik bestehende Konzepte, die auf langjähriger Forschung basieren und deren Lernwirksamkeit bereits nachgewiesen ist. In den Arbeiten von Wiesner et al. (1995), die von Haagen-Schützenhöfer (2016) fortgeführt wurden, kommt die Behandlung von Licht in der Sek. I ohne das Wellen- oder Teilchenmodell aus. Licht wird im Lichtbündel-Modell eingeführt, Vorgänge stets vom Sender zum Empfänger verfolgt und die Ausbreitung mittels Lichtkegel nachempfundenen Pfeilen dargestellt. Unser Unterrichtskonzept baut auf diesen didaktischen Modellen der geometrischen Optik auf. In vorangegangenen Studien konnten wir zeigen, dass sich diese Vorgehensweise bewährt (Zloklikovits & Hopf, 2019, 2020). Die hier präsentierte Studie deckt die Themenbereiche „Was ist Strahlung?“, Ausbreitung, Wechselwirkung mit Materie, EM-Spektrum und Omnipräsenz ab. Die Auswahl der Themen erfolgte auf Basis der Empfehlungen von Plotz (2017b).

Neuerungen

Um zwischen den verschiedenen Strahlungsarten zu unterscheiden, wurde in vorangegangenen Forschungszyklen Energie als charakterisierende Größe verwendet. Unsere Hypothese war es, dass die Rekonstruktion *„Durch Absorption von Strahlung wird Energie aufgenommen und dadurch können verschiedene Prozesse im menschlichen Körper verursacht werden. Energiereichere Strahlung ist gefährlicher.“* plausibel für Schüler*innen sei. Während die Vorstellung, dass energiereichere Strahlung gefährlicher ist, sehr einleuchtend für die Schüler*innen war, zeigten sie Hemmungen, den Begriff der Energie selbst zu verwenden (Zloklikovits & Hopf, 2020). Nachdem hier auch die Variation, Strahlung als eine Form von Energie zu präsentieren, erfolglos war, wurde entschieden, in der vierten Version auf den Energiebegriff zu verzichten. Stattdessen wird das Wort „Wellenlänge“ als charakterisierende Größe eingeführt, ohne allerdings näher auf das zugrundeliegende Konzept einzugehen. Das Sender-Empfänger-Modell wurde bereits in den Vorgängerversionen um die Idee erweitert, dass man für die verschiedenen Strahlungsarten unterschiedliche Empfänger

benötigt. Diese Idee wurde weiter geschärft und als eigenständiges Erklärungsangebot eingeführt.

Methode

Die Erklärungsangebote wurden mit der Methode der Akzeptanzbefragungen evaluiert (Jung, 1992; Wiesner & Wodzinski, 1996). Bei dieser Methode wird einem*einem Schüler*in eine Erklärung präsentiert und an Beispielen illustriert. Die Schüler*innen geben an, ob diese Erklärung verständlich war – hier können Hemmnisse oder divergierende Vorstellungen sichtbar werden. Anschließend wiederholen die Proband*innen die Erklärung – Auslassungen und Transformationen geben hier Aufschluss darüber, welche Aspekte des Erklärungsangebotes nicht angenommen werden. Anschließend lösen die Schüler*innen ein bis zwei Aufgaben. Hier wird analysiert, ob sie auf das zuvor präsentierte Erklärungsangebot zurückgreifen, inwiefern das Gelernte angewendet werden kann und welche Probleme dabei auftreten. Ziel dieser Methode ist es Instruktionen zu entwickeln, die von Lernenden gut „akzeptiert" werden – also die von Schüler*innen als verständlich und plausibel empfunden werden und die sie auch auf neue Fragestellungen anwenden können.

In der hier präsentierten Studie wurden 17 Akzeptanzbefragungen mit Schüler*innen der 8. und 9. Schulstufe aus verschiedenen deutschsprachigen Schulen durchgeführt. Coronabedingt wurden die Befragungen online durchgeführt. Demonstrationsversuche wurden in Form von Videos vorbereitet. Die Adaptierung von experimentellen Aufgaben stellte eine Herausforderung dar. Die Experimente wurden als interaktive Bildschirmexperimente (IBE) mittels tet.folio (Haase et al., 2016) realisiert und von der Interviewerin gesteuert: Die Schüler*innen gaben an, was sie machen würden, wenn sie das Experiment real vor sich hätten, und die Interviewerin stellte dies mittels IBE nach (vgl. Abb. 1). Die Akzeptanzbefragungen wurden audiografiert und anschließend codiert. Um sichtbar zu machen, welche Schritte der Akzeptanzbefragung (Bewertung, Paraphrase, Aufgabe) gelungen sind und welche nicht, wurden die Aufzeichnung in Anlehnung an Haagen-Schützenhöfer (2016) und Burde (2018) anhand eines deduktiv formulierten Codiermanuals codiert und die Ergebnisse in einer Profilmatrix dargestellt (Kuckartz, 2014). Um die Ergebnisse übersichtlich darstellen zu können, wurde das arithmetische Mittel der verschiedenen Codierungen für jedes Erklärungsangebot berechnet (vgl. Abb. 2).

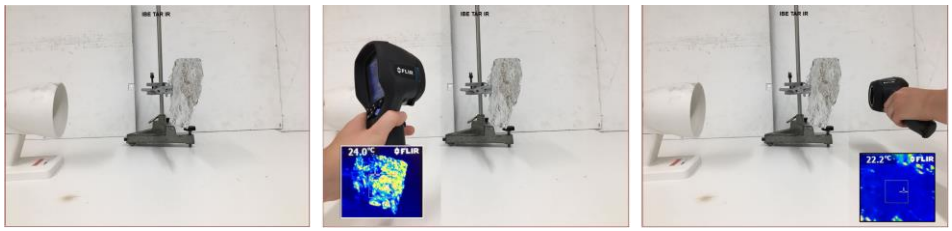


Abb.1 Interaktives Bildschirmexperiment: mithilfe eines IR-Messgeräts wird die Wechselwirkung von IR-Strahlung mit Materie untersucht

Ergebnisse

Die Ergebnisse der Analyse sind in Abb. 2 dargestellt. Die Überarbeitung des Erklärungsangebotes zum Sender-Empfänger-Modell hat die erwünschten Verbesserungen erzielt. Das Einführen einer abstrakten Größe namens „Wellenlänge" wurde von den Schüler*innen ebenfalls gut akzeptiert. Die meisten Lernenden gaben an, dieses Wort auch schon aus dem Unterricht zu kennen. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Ordnung der Strahlungsarten im Spektrum durchaus anhand der Wellenlänge geschehen kann.

Auffallend war, dass viele Schüler*innen IR-Strahlung mit Wärme verbinden, obwohl durch das virtuelle Format die Wahrnehmung von IR-Strahlung als „warm" im Zuge der Erhebung

nicht möglich war. Auch die Assoziation von IR-Strahlung als rotes Licht kam vereinzelt vor, obwohl mit IR-Lampen gearbeitet wurde, die kein sichtbares Licht ausstrahlen. Nach Angabe der Schüler*innen lässt sich dies in vielen Fällen nicht auf den Unterricht zurückführen, weshalb wir davon ausgehen, dass sie sich hier auf Erfahrungen aus Alltag und Medien beziehen.
Ein ebenfalls interessanter Befund ist, dass manche Schüler*innen, wenn sie damit konfrontiert werden, dass unterschiedliche Materialien unterschiedlich mit Strahlung wechselwirken, sofort erwähnen, dass dies wohl an der Dichte liegen muss. Wir vermuten, dass dies daran liegt, dass Schüler*innen in der Sek. I (nur) das Konzept der Dichte als Größe kennengelernt haben, durch die sich Stoffe und ihre Eigenschaften unterscheiden, beispielsweise im Themenbereich „Schwimmen, schweben, sinken“.
Einen interessanten Einzelfall stellt Patricia dar, dessen genauere Analyse noch aussteht. Sie zeigte größere konzeptionelle Schwierigkeiten zum Thema Licht und Optik, was ein Anknüpfen an diesem Themenbereich schwierig machte.

	Alice	Barbara	Cecilia	Daphne	Emmy	Florence	Gladys	Henry	Ida	Jane	Katherine	Lewis	Marie	Nettie	Orna	Patricia	Quinn
Strahlung ist anders als Materie. Sie breitet sich mit Lichtgeschwindigkeit aus.	3	3	3	3	3	2,7	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3
Die verschiedenen Strahlungsarten benötigen unterschiedliche Empfänger	3	3	2,8	2,6	2,8	2,8	2,8	3	2,6	2,8	3	3	2,8	2,8	3	2,4	3
Strahlt Strahlung auf Materie, wird ein Teil absorbiert, ein Teil durchgestrahlt, ein Teil zurückgestrahlt; dies hängt von Strahlungsart und Materie ab.	3	2,6	2,8	2,6	3	2,4	2,8	3	3	2,6	2,9	3	2,6	3	3	2	3
Die verschiedenen Strahlungsarten unterscheiden sich durch ihre Wellenlänge. Sie werden im Spektrum angeordnet.	2,8	3	2,8	2,8	3	2,8	3	3	3	2,8	3	2,8	3	3	2,5	2	2,8
Wir werden alltäglich von allen Strahlungsarten in unterschiedlichen Mengen angestrahlt.	3	3	2,8	2,8	3	2,8	3	3	2,8	3	2,3	3	3	3	3	2,5	3
EM-Strahlung hat bei Absorption unterschiedliche Wirkungen auf den menschlichen Körper. EM-Strahlung mit kleiner Wellenlänge ist für den Menschen gefährlich.	3	3	2,8	2,8	2,5	3	3	2,7	3	2,7	3	2,8	3	3	3	2,3	2,8

Abb.2 Darstellung der Mittelwerte der Ergebnisse (3: gelungen, 2: befriedigend, 1: mangelhaft)

Fazit

Die didaktische Rekonstruktion des Begriffes „elektromagnetischer Strahlung“ ohne explizit auf den Wellen- oder Teilchencharakter einzugehen ist für die Sek. I ist für Schüler*innen plausibel. Auch auf das Energiekonzept kann verzichtet werden, die Einführung der abstrakten Größe „Wellenlänge“ wird von Schüler*innen akzeptiert.
Die Adaption bewährter Rekonstruktionen aus der geometrischen Optik für das restliche Spektrum funktioniert sehr gut. Insbesondere das Sender-Empfänger-Modell mit der Erweiterung auf unterschiedliche Empfänger für unterschiedliche Strahlungsarten hat sich sehr bewährt.

Literaturverzeichnis

Burde, J.-P. (2018). *Konzeption und Evaluation eines Unterrichtskonzepts zu einfachen Stromkreisen auf Basis des Elektronengasmodells*. Logos Verlag Berlin. https://doi.org/10.30819/4726

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 *Science education research and practice in Europe* (S. 13–37). Springer.

Haagen-Schützenhöfer, C. (2016). *Lehr- und Lernprozesse im Anfangsoptikunterricht der Sekundarstufe I* [Habilitationsschrift]. Universität Wien, Wien.

Haase, S., Kirstein, J. & Nordmeier, V. (2016). tet.folio: Neue Ansätze zur digitalen Unterstützung individualisierten Lernens. *PhyDid B-Didaktik der Physik-Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*. Advance online publication. https://doi.org/10.17169/REFUBIUM-24768

Jung, W. (1992). Probing acceptance, a technique for investigating learning difficulties. In *Research in Physics Learning: Theoretical Issues and Empirical Studies. Proceedings of an International Workshop at the University of Bremen. Kiel: IPN*.

Kuckartz, U. (2014). *Qualitative Text Analysis: A Guide to Methods, Practice & Using Software*. Sage.

Neumann, S. (2013). *Schülervorstellungen zum Thema "Strahlung": Ergebnisse empirischer Forschung und Konsequenzen für den naturwissenschaftlichen Unterricht* [Dissertation]. Universität Wien, Wien.

Plotz, T. (2017a). *Lernprozesse zu nicht-sichtbarer Strahlung: Empirische Untersuchungen in der Sekundarstufe 2. Studien zum Physik- und Chemielernen: Bd. 240*. Logos Verlag Berlin.

Plotz, T. (2017b). Students' conceptions of radiation and what to do about them. *Physics Education*, *52*(1), 14004.

Wiesner, H., Engelhardt, P. & Herdt, D. (1995). *Unterricht Physik, Optik I: Lichtquellen, Reflexion* (2. Aufl.). *Unterricht Physik: Bd. 1*. Aulis-Verlag Deubner.

Wiesner, H. & Wodzinski, R. (1996). Akzeptanzbefragungen als Methode zur Untersuchung von Lernschwierigkeiten und Lernverläufen. *Lernen in den Naturwissenschaften*, 250–274.

Zloklikovits, S. & Hopf, M. (2019). Elektromagnetische Strahlung in der Sek. I unterrichten. In C. Maurer (Vorsitz), *Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik*, Kiel.

Zloklikovits, S. & Hopf, M. (2020). Akzeptanzbefragungen zu elektromagnetischer Strahlung. In S. Habig (Vorsitz), *Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen*. https://gdcp-ev.de/?p=3802

Paul Schlummer[1]
Philipp Wichtrup[1]
Jenny Meßinger-Koppelt[2]
Stefan Heusler[1]
Daniel Laumann[1]

[1]WWU Münster
[2]Joachim Herz Stiftung

Digitale Medien und Experimente – Perspektiven aus der Schulpraxis

Die Einstellungen von Lernenden gegenüber naturwissenschaftlichen Fächern entwickeln sich im Verlauf der Mittel- und Oberstufe negativ (Williams et al., 2003). Dies erscheint problematisch, da eben diese Einstellungen (Trumper, 2006) neben dem Interesse (Singh, Granville, & Dika, 2002) und der Selbstwirksamkeit (Kahu, 2013) entscheidend für das Engagement der Lernenden und damit u.a. die Kurswahl sind. Als Folge lässt sich häufig auch eine negative Entwicklung der Belegung naturwissenschaftlicher Fächer gegenüber anderen Fächern in höheren Jahrgangsstufen beobachten (Köller & Klieme, 2000).

Hintergrund und Zielsetzung

Im Allgemeinen werden Einstellungen im Sinne von Breckler (1984) sowie Millar und Tesser (1989) eine kognitive, eine affektive sowie eine verhaltensbezogene Dimension zugewiesen. Weiterhin wird mit Blick auf die Objektebene davon ausgegangen, dass sich z.B. die Einstellungen gegenüber Naturwissenschaften aus folgenden drei Komponenten ergeben: die Person des Lernenden, die Lehrenden, sowie die Lehr-Lernumgebung (Haladyna, Olsen, & Shaughnessy, 1982). Die nachfolgenden Aspekte des Artikels beziehen sich insbesondere auf die affektive und verhaltensbezogene Dimension der Einstellungen von Lernenden gegenüber Elementen von Lehr-Lernumgebungen im Physikunterricht. Da das Nutzungsverhalten von Lernenden jedoch ebenso durch die Unterrichtsgestaltung der Lehrkräfte beeinflusst wird, richten sich ausgewählte Forschungsfragen auch an Lehrende.

Nutzung von und Einstellungen zu Unterrichtsmedien – Allgemein

Die Wahrnehmung spezifischer Lehr-Lernaktivitäten durch die Lernenden wurde bislang häufig für verschiedene Sozialformen des Unterrichtens sowie klassische Lehr-Lernmedien, wie Arbeitsblätter, untersucht (Owen et al., 2008). Es existieren auch erste Befunde, die darauf hinweisen, dass Simulationen als Unterrichtsmedien die Einstellungen von Lernenden gegenüber den Naturwissenschaften potentiell positiv beeinflussen (Zacharia, 2003; Chen & Howard, 2010; Smetana & Bell, 2012). Es existieren jedoch nur in Ansätzen Studien zur Beschreibung der Einstellungen gegenüber Experimenten. Da beide Medien sehr unterschiedliche Eigenschaften besitzen, erscheint es von Interesse die affektive Dimension der Einstellungen von Lernenden bezogen auf die genannten Medien zu erheben: Welches Medium nutzen Lernende lieber und warum (Forschungsfrage 1, nf. FF1 – Lernende). Bei den bestehenden Untersuchungen und FF1 wird jedoch die verhaltensbezogene Dimension nicht bzw. nur in Teilen berücksichtigt. Bezogen auf die Nutzung zeigen Studien allgemein, dass der Einbezug vielfältiger Instruktionsmethoden die Einstellungen von Lernenden gegenüber den Naturwissenschaften positiv beeinflussen können (Myers & Fout, 1992; Piburn, 1993). Dabei lässt sich Vielfalt sowohl durch die Variation von Medien als auch durch die spezifische Art und Weise der Nutzung eines Mediums herstellen. Studien deuten jedoch an, dass Lehrkräfte Simulationen eher einseitig nutzen (Bo et al., 2018) und die Nutzung häufig nicht

den intendierten Zielen der Entwickler entspricht (Perkins, Moore, & Chasteen, 2015). Es ergeben sich folgende Fragen: Welche methodischen Ziele verfolgen Lehrkräfte beim Einsatz von Simulationen und Experimenten? (FF2 – Lehrende), Wozu nutzen Lernende eigenständig Experimente und Simulationen? (FF3 – Lernende, Lehrende).

Nutzung von und Einstellungen zu Unterrichtsmedien – Bezug Schülerexperimente
Ein besonderes und für den naturwissenschaftlichen Unterricht spezifisches Medium stellen Experimente dar. Dabei ist bekannt, dass die Effizienz beim Lernen mit praktischen Tätigkeiten, wie dem Experimentieren im Schülerexperiment, durch begleitende Unterrichtsmaterialien gesteigert werden kann (Abrahams & Millar, 2008). Häufig werden Schülerexperimente mit Anleitungen im „Rezeptstil" durchgeführt (Clackson & Wright, 1992; Kirschner, 1992), da Lehrkräfte davon ausgehen, nur auf diese Weise ihre Schülerinnen und Schüler dazu befähigen können innerhalb einer Unterrichtsstunde ein Experiment aufzubauen, das zu untersuchende Phänomen zu erzeugen und Daten aufzuzeichnen. Da diese Vorgehensweise nicht zwangsläufig als ideal hinsichtlich der Einstellungen von Lernenden scheint, stellt sich die Frage, welche alternativen Instruktionsformen und -medien im Unterricht präsent sind: Welche Medien kommen im Unterricht bei der Vor- und Nachbereitung von Experimenten zum Einsatz? (FF4 – Lernende, Lehrende), Welche Medien wünschen sich Lernende und Lehrkräfte zur Vor- und Nachbereitung von realen Experimenten im Unterricht? (FF5 – Lernende, Lehrende).

Methode
Die Datenerhebung erfolgte im Rahmen der LEIFIphysik Nutzerbefragung 2019 als anonyme Online-Befragung im Herbst 2019. Die Anzahl teilnehmender Lernender bzw. Lehrender variierte (Angaben siehe Abschnitt „Ergebnisse"). Die Schulform *Gymnasium* überwiegt bei der großen Mehrheit der Schülerinnen und Schüler sowie der Lehrkräfte, die an der Umfrage teilgenommen haben.

Ergebnisse
Auf die Frage nach der Präferenz für Experimente oder Simulationen gab die Mehrheit (58 %) der 988 *Lernenden* an, lieber Simulationen zum Lernen zu nutzen. Das MC-Item mit der Frage, wie die Lernenden die Simulationen inhaltlich vorwiegend nutzen, wurde von 624 Lernenden beantwortet. Hiervon gaben 36 % an, die Simulationen zur Veranschaulichung bereits bekannter Inhalte zu nutzen. Weitere 29 % nutzen die Simulationen zur theoretischen Erarbeitung neuer Inhalte. 21 % gaben an, dass sie die Simulationen nutzten, um das Ergebnis von Experimenten besser zu verstehen. Nur 8 % gaben an, die Simulation zu nutzen, um auch ohne Experiment Ergebnisse zu bekommen, während 2 % die Simulation als Hilfe beim realen Experimentieren nutzen.
Die *Lehrkräfte* wurden zunächst nach der Art des Einsatzes (Ergänzung oder Ersatz) in Bezug auf ein Realexperiment, und danach je nach Antwort spezifischer zu ihren jeweiligen didaktischen Zielen befragt. Es überwiegt der Einsatz von Simulationen als Ergänzung zu einem Realexperiment (37 % von N = 409), sowie ein Wechsel zwischen Ergänzung und Ersatz (34 %). Während 23 % angaben, Simulationen nur als Ersatz zu nutzen, nutzen 5 % der Lehrkräfte gar keine Simulationen im Unterricht. Die Gruppe von 787 Lehrkräften, die Simulationen als Ergänzung im Unterricht einsetzen, nutzt diese am häufigsten zur Erklärung der Beobachtungen aus dem Experiment (28 %), zur Wiederholung eines bereits durchgeführten Experiments (26 %) und zur Untersuchung zusätzlicher Parameter (14 %). Die

meistgenannten Ziele beim Einsatz als Ersatz (560 Lehrkräfte) waren das Veranschaulichen von theoretischen Zusammenhängen (33 %), das Zeigen eines Phänomens (33 %), sowie das Aufnehmen von Messdaten (16 %). Zur allgemeinen Einsatzweise unabhängig vom Realexperiment befragt, überwiegen der Demonstrationseinsatz (33% von N=1078), zur Erarbeitung durch die Lernenden (21 %) und der Einsatz zur Zusammenfassung und Wiederholung (20 %). Seltener werden dagegen Hausaufgaben zu Simulationen gestellt (11 %). 14% der Lehrkräfte nutzen die Simulationen auch zur eigenen Vorbereitung auf den Unterricht.
In einer Umfrage sollten Physiklehrkräfte und Lernende angeben, wie sie das letzte Schülerexperiment im Physikunterricht angeleitet haben bzw. wie sie angeleitet worden sind. Folgende Methoden und Medien standen zur Auswahl: „mündliche Anleitung“, „schriftliche Anleitung ohne Abbildungen“, „schriftliche Anleitung mit Abbildungen“, „Powerpointpräsentation mit Text und Abbildungen“, „Videoanleitung“, „interaktive Simulation“, „Tafelbild“ und „nichts davon“. Die Befragten konnten mehrere Antworten geben. Die Mehrzahl der 472 Lehrkräfte (59 %) verwendeten eine „schriftliche Anleitung mit Abbildungen“. Nur 5 % nutzen eine „interaktive Simulation“ und gerade mal 3 % eine „Videoanleitung“. Die Mehrheit (42 %) der 1.002 Lernenden wurde mithilfe einer „mündlichen Anleitung“ angeleitet. Auf die Frage, wie die Lehrkräfte die Lernenden bei freier Auswahl der genannten Methoden und Medien angeleitet hätten, nannte der größte Teil (56 %) eine „schriftliche Anleitung mit Abbildungen“ an. Die meisten Lernenden (41 %) hätten sich ebenfalls eine „schriftliche Anleitung mit Abbildungen“ gewünscht. Sowohl die Lehrkräfte als auch die Lernenden sollten zudem benennen, wie sie die physikalischen Prozesse des Experiments erklärt haben bzw. diese erklärt wurden. Folgende Methoden und Medien waren zur Auswahl: „mündliche Erklärung“, „schriftliche Erklärung ohne Abbildungen“, „schriftliche Erklärung mit Abbildungen“, „Powerpointpräsentation mit Text und Abbildungen“, „Erklärvideo“, „interaktive Simulation“, „Tafelbild“ und „nichts davon“. Die meisten Lehrkräfte (60 %) nutzen eine „mündliche Erklärung“. Nur 12 % nutzen eine „Powerpointpräsentation“ und lediglich 5 % eine „schriftliche Anleitung ohne Abbildungen“. Der Mehrheit der Lernenden (50 %) wurde das Experiment mündlich erklärt. Zudem wurden die Lehrkräfte als auch die Lernenden gefragt, welche Methoden oder Medien sie bei freier Auswahl der genannten Methoden und Medien genutzt bzw. welche sie sich gewünscht hätten. Die meisten Lehrenden (46 %) gaben an, dass sie eine „interaktive Simulation“ verwendet hätten. Die Mehrheit der Lernenden (34 %) gab an, dass sie sich eine „schriftliche Erklärung mit Abbildungen“ gewünscht hätten.

Fazit

Die Ergebnisse zeigen, dass Simulationen im Physikunterricht primär zur Aufarbeitung bekannter und seltener zur Erarbeitung neuer Inhalte eingesetzt werden. Zudem werden Simulationen oft als Ergänzung zu Experimenten genutzt, insbesondere zur Erarbeitung und Veranschaulichung theoretischer Zusammenhänge. Dies deutet darauf hin, dass Lehrkräfte in den genannten Funktionen spezifische Stärken von Simulationen gegenüber Experimenten sehen. Das Potential einer integrativen Nutzung beider Medien scheint aber in der Praxis noch nicht ausgeschöpft. Darauf deutet der von Lehrenden und Lernenden geäußerte Wunsch nach mehr digitalem Zusatzmaterial zur Vor- und Nachbereitung von Experimenten hin, dem durch die Weiterentwicklung von Unterrichtsmaterial und -konzepten Rechnung getragen werden sollte.

Literatur

Abrahams, I., & Millar, R. (2008). Does Practical Work Really Work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science. International Journal of Science Education, 30(14), 1945-1969

Bo, W.V., Fulmer, G., Lee C.K.-E., & Chen, V.D.-T. (2018). How Do Secondary Science Teachers Perceive the use of Interactive Simulations? The Affordance in Singapore Context. Journal of Science Education & Technology, 27(6), 550-565

Breckler, S.J. (1984). Empirical validation of affect, behavior, and cognition as distinct components of attitude. Journal of Personality and Social Psychology, 47(6), 1191-1205

Chen, C.-H., & Howard, B. (2010). Effect of live simulation on middle school students' attitudes and learning toward science. Journal of Educational Technology & Society, 13(1), 133-139

Clackson, S.G., & Wright, D.K. (1992). An appraisal of practical work in science education. School Science Review, 74(266), 39-42

Haladyna, T., Olsen, R., & Shaughnessy, J. (1982). Relations of student, teacher, and learning environment variables of attitudes toward science. Science Education, 66(5), 671-687

Kahu, E.R. (2013). Framing student engagement in higher education. Studies in Higher Education, 38(5), 758-773

Kirschner, P.A. (1992). Epistemology, practical work and academic skills in science education. Science and Education, 1, 273-299

Köller, O., & Klieme, E. (2000). Geschlechtsdifferenzen in den mathematisch-naturwissenschaftlichen Leistungen. In J. Baumert, W. Bos & R. Lehmann (Eds.), Dritte Internationale Mathematik- und Naturwissenschaftsstudie (Vol. 2, pp. 373-404). Opladen: Leske und Budrich

Millar, M. G., & Tesser, A. (1989). The effects of affective and cognitive focus on the attitude— Behavior relation. Journal of Experimental Social Psychology, 25, 189-202

Myers, R.E., & Fouts, J.T. (1992). A cluster analysis of high school science classroom environments and attitudes towards science. Journal of Research in Science Teaching, 29(9), 929-937

Owen, S., Dickson, D., Stanisstreet, M., & Boyes, E. (2008). Teaching physics: Students' attitudes towards different learning activities. Research in Science & Technological Education, 26(2), 113-128

Perkins, K.K., Moore, E., & Chasteen, S.V. (2015). Beliefs, Attitudes, and Intentions of Science Teachers Regarding the Educational Use of Computer Simulations and Inquiry-Based Experiments in Physics. Conference Paper, Minneapolis, MN: Physics Education Research Conference 2014

Piburn, M.D. (1993). Evidence from meta-analysis for an expertise model of achievement in science. Conference Paper, Atlanta, GA: Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching 1993

Sing, K., Granville, M., & Dika, S. (2010). Mathematics and Science Achievement: Effects of Motivation, Interest, and Academic Engagement. The Journal of Educational Research, 95(6), 323-332

Smetana, L.K., & Bell, R. L. (2012). Computer Simulations to Support Science Instruction and Learning: A critical review of the literature. International Journal of Science Education, 34(9), 1337-1370

Trumper, R. (2006). Factors Affecting Junior High School Students' Interest in Physics. Journal of Science Education and Technology, 15(1), 47-58

Williams, C., Stanisstreet, M., Spall, K., & Boyes, E. (2003). Why aren't secondary students interested in physics? Physics Education, 38(4), 324-329

Zacharia, Z. (2003). Beliefs, Attitudes, and Intentions of Science Teachers Regarding the Educational Use of Computer Simulations and Inquiry-Based Experiments in Physics. Journal of Research in Science Teaching, 42(8), 792-823

Simon Goertz[1]
Heidrun Heinke[1]

[1]RWTH Aachen University

Module zum Umgang mit Messdaten als Unterstützungsangebot für Lehrkräfte

Motivation

Vom heutigen Physikunterricht wird auch die Vermittlung prozessbezogener und damit auch experimenteller Kompetenzen gefordert (vgl. Theyßen et al., 2016). Beim Experimentieren ist es wichtig, mit den Messdaten adäquat umzugehen. Zu diesem Umgang gehören neben den Kenntnissen der Variablenkontrollstrategie insbesondere auch Aspekte zum Bereich Messunsicherheiten. Diese Kompetenzen spielen bei der Planung, Durchführung und Auswertung von Experimenten eine entscheidende Rolle.
Der expliziten Förderung solcher Kompetenzen ist eine neue Plattform gewidmet, die an der RWTH Aachen konzipiert wurde und entsprechende Unterrichtsmaterialien bereitstellt (vgl. Goertz et al., 2019 und Goertz et al., 2020). Die Plattform trägt den Namen FLexKom für **F**ördern und **L**ernen **ex**perimenteller **Kom**petenzen, ist webbasiert zu erreichen und stellt verschiedene Module bereit, die jeweils eine experimentelle Teilkompetenz fokussieren[1].
In diesem Beitrag werden verschiedene Modul-Beispiele zum Themengebiet Messunsicherheiten vorgestellt. Dazu wird zunächst eine Auswahl bekannter Schülervorstellungen diskutiert, bevor die konkreten Modulideen und -inhalte präsentiert werden.

Schülervorstellungen zum Thema Messunsicherheiten

Der Bereich Messunsicherheiten ist sehr vielfältig. Genauso verschieden und breit gefächert zeigen sich die Schülervorstellungen hierzu. Zunächst einmal gibt es häufig den Glauben an einen „wahren" Messwert (vgl. Hellwig, 2012 und Coelho und Séré, 1998). Dadurch werden häufig keine Unsicherheiten oder Abweichungen von Messwerten erwartet oder beschrieben. Digitale Messwerte werden zudem als exakt bewertet, vor allem wenn sie mehrere Nachkommastellen aufweisen. Schülerinnen und Schüler beurteilen gewöhnlich digitale Messgeräte als den analogen überlegen. Zur Einschätzung der Unsicherheiten werden häufig Messwiederholungen durchgeführt. Dieses Vorgehen wird von Lernenden entweder gar nicht angewandt oder mit einer anderen Intention verwendet. Viele Schülerinnen und Schüler setzen Wiederholungen dafür ein, um den ersten Messwert zu reproduzieren, was mit der Überzeugung von der Existenz eines „wahren" Messwertes in Zusammenhang gebracht werden kann (vgl. Lubben und Millar, 1996 und Heinicke und Riess, 2011).
In den Modulen werden Aspekte aus der Schülervorstellungsforschung integriert und konkret angesprochen, um diesen zu begegnen und eine Auseinandersetzung bei den Schülerinnen und Schülern zu aktivieren. Nachfolgend werden drei ausgewählte Module zum Thema Messunsicherheiten vorgestellt.

FLexKom-Modulbeispiele zum Umgang mit Messunsicherheiten

Das erste Modul beschäftigt sich mit dem Aspekt der Messwiederholung. Mittels der App *phyphox*[2] wird eine einfache Form einer Messwiederholung vorgenommen. In dem Modul wird die Erdbeschleunigung durch den Beschleunigungssensor gemessen, was durch einen einfachen Button-Klick erfolgt. Die Wiederholung dieses Messprozesses kann sekundenschnell durchgeführt werden, indem weitere Buttons in der App gedrückt und die Messwerte angezeigt werden (vgl. Abb. 1). Dies soll auch explizit die Schwankungen digitaler Messwerte

[1] Die Plattform kann über den Link www.sciphylab.de/flexkom erreicht werden.

[2] Weitere Informationen sind unter www.phyphox.org/ zu finden.

demonstrieren. Mit den erhobenen Messwerten soll nun weitergearbeitet werden. Konkret lauten die Lernziele für dieses Modul:

Die Schülerinnen und Schüler…

- … berechnen den Mittelwert aus mehreren Messwerten.
- … benennen ein erstes Maß für die Streuung der Messwerte.
- … geben das Ergebnis in der Form Mittelwert ± Abweichung an.

Unter dem leicht humorvollen Titel „Wo ist die Mitte?“ wird der Bezug zum Mittelwert schon zu Beginn hergestellt. Mit einem eher niederschwelligen Zugang soll für das Thema sensibilisiert werden. Auf dem Arbeitsblatt werden die Lernenden zunächst bei der Messwertaufnahme angeleitet. Daran schließt sich die händische grafische Darstellung der Messwerte auf einem Zahlenstrahl an, um die Streuung visuell wahrnehmen zu können. Nach der Berechnung des Mittelwerts soll der Bereich abgeschätzt werden, indem vermutlich ein weiterer Messwert liegen würde. Hierbei können die Schülerinnen und Schüler die Maximal- und Minimalwerte einbeziehen oder sich auch diskursiv mit der Fragestellung auseinandersetzen.



Abb.1: Ansicht der Messwertaufnahme in phyphox zum Modul „Wo ist die Mitte?“

Zum Abschluss wird die wissenschaftliche Schreibweise eines Messergebnisses in der Form Mittelwert ± Abweichung eingeführt. Diese soll auf die Grenzen und den berechneten Mittelwert der Schülerinnen und Schüler angewandt werden. Bei schneller Bearbeitung des Arbeitsblattes stehen den Lernenden Zusatzaufgaben zur Verfügung, die sich mit der mittleren Abweichung des Mittelwerts als alternatives Maß für die Streuung beschäftigen. Als letzter und komplizierterer Schritt folgt die Anwendung der Formel für die Standardabweichung, die sich bei entsprechenden mathematischen Fähigkeiten als intensivere Auseinandersetzung mit der Thematik anbietet.

Ein zweites Modul zum Thema Messunsicherheiten soll die Schülerinnen und Schüler dafür sensibilisieren, dass jeder einzelne Messwert mit einer Unsicherheit behaftet ist. Zudem soll ihnen damit eine Möglichkeit der Berücksichtigung der Messunsicherheit im Ergebnis gegeben werden. Für dieses Modul lauten die Lernziele:

Die Schülerinnen und Schüler...

- … geben einen Messwert mit einem Unsicherheitsintervall an, indem sie dessen Unter- und Obergrenze bestimmen.
- … bestimmen die Messgenauigkeit von digitalen Messgeräten mit Hilfe der Daten in der Bedienungsanleitung.



Abb.2: Experimentiermaterial für ein Modul, in dem Schülerinnen und Schüler Messunsicherheiten von Messgeräten bewusst wahrnehmen sollen, mit zwei Digitalthermometern GTH 175/Pt mit Messfühler Pt1000 und einem Digitalthermometer LT80, einem Behälter für Wasser und einem Handtuch.

Für dieses Modul sind die konkreten Unterrichtsmaterialien ebenfalls auf der Webseite von FLexKom kostenfrei abrufbar. Das Modul trägt auf dem Arbeitsblatt der Schülerinnen und

Schüler den Titel „Wie heiß ist das Wasser?“. Wie der Titel schon andeutet, sollen die Schülerinnen und Schüler zunächst die Temperatur von Wasser bei Raumtemperatur messen.
Dabei bestimmen die Schülerinnen und Schüler die Temperatur des Wassers mit zwei identischen Thermometern. Hierfür wurden zwei digitale Widerstandsthermometer GTH/175Pt der Firma Greisinger Electronic GmbH genutzt (Abb. 2). Nach der Messung vergleichen die Schülerinnen und Schüler die beiden Mess-werte. Dabei haben die Widerstandsthermometer eine Genauigkeit von ± 0, 1% vom Messwert ± 2 Digits, wobei auf dem Arbeitsblatt die prozentuale Unsicherheit im Ergebnis zunächst vernachlässigt wird.
Nachdem die Schülerinnen und Schüler durch das Arbeitsblatt angeleitet wurden, wie sie die Genauigkeit der beiden Widerstandsthermometer bestimmen können, üben sie die Angabe des Ergebnisses mittels eines Intervalls. Danach messen sie mit dem LT80 von BASETech (Abb. 2) die Lufttemperatur und geben mit Hilfe der Angaben der Bedienungsanleitung die Grenzen des Intervalls an, in dem der Temperaturwert mit hoher Wahrscheinlichkeit liegt. Dabei hat das LT80 eine Genauigkeit von ± 1 °C. Im Sinne der Differenzierung zwischen verschiedenen Schülerinnen und Schülern schließt sich daran eine optionale Zusatzaufgabe an, die eine Anwendung der Erkenntnisse in einem weiteren Themengebiet beinhaltet.

In dem dritten Modulbeispiel werden anhand von Zielscheiben die Begriffe Verlässlichkeit und Genauigkeit thematisiert. Zielscheiben wurden bereits in einem anderen FLexKom-Modul als Alltagsverknüpfung und als Analogie für die Unsicherheit digitaler Messwerte verwendet (vgl. Goertz et al., 2020). Die Lernziele für das Beispiel-Modul lauten:

Die Schülerinnen und Schüler…

- … erklären verschiedene Streumuster auf den Zielscheiben.
- … unterscheiden die Begriffe Verlässlichkeit und Streuung.

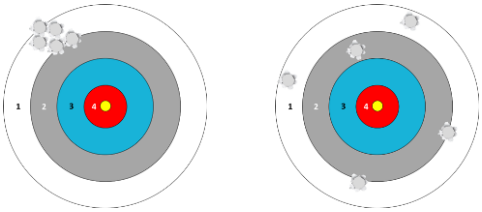


Abb.3: Zielscheiben, die in zwei Arbeitsaufträgen als Beispiel für (links) verlässliche, aber ungenaue Treffer und (rechts) Treffer mit großer Streuung genutzt werden.

Auf dem Arbeitsblatt werden verschiedene Treffermuster auf Zielscheiben gezeigt, die die Schülerinnen und Schüler beschreiben und analysieren (vgl. Abb. 3). Ausgehend von diesen Beschreibungen sollen die Schülerinnen und Schüler die Leistungen der jeweiligen Schützen einschätzen und mögliche Trainingstipps geben. Zuletzt werden den Trefferbildern u.a. die Begriffe „große Streuung“ und „hohe Verlässlichkeit“ zugeordnet. In der optionalen Zusatzaufgabe sollen durch Voraussagen weiterer Treffer die Muster vertieft betrachtet und bestimmte Eigenschaften herausgestellt werden.

Zusammenfassung und Ausblick

Mit den verschiedenen Modulen der Plattform FLexKom werden Lehrkräften sowie Schülerinnen und Schülern wichtige Unterstützungsmöglichkeiten beim Vermitteln bzw. Erlernen eines adäquaten Umgangs mit Messdaten, insbesondere eine Sensibilisierung für Messunsicherheiten, angeboten. Mit der Plattform werden modulare Materialien bereitgestellt, die verschiedene Teilaspekte ansprechen, eine Diskussion über das Themengebiet ermöglichen und wichtige Erkenntnisse zusammenfassen.
Zukünftig soll das Angebot an Modulen stetig und systematisch erweitert werden, sodass eine wachsende Vielfalt geboten wird, die die Lehrpersonen für ihren Unterricht nutzen können. Dabei sollen auch speziell Module für Oberstufen-Kurse konzipiert werden, in denen u.a. auf fortgeschrittenen mathematischen Fähigkeiten aufgebaut wird, um Themen wie die Fortpflanzung von Messunsicherheiten und graphische Auswertungen thematisieren zu können.

Literatur

Coelho, S. M. und Séré, M.-G. (1998). Pupil's Reasoning and Practice during Hands-on Activities in the Measurement Phase. In: Research in Science & Technological Education 16(1), S. 79–96.

Goertz, S., Klein, P., Riese, J. & Heinke, H. (2019). Die Plattform „FLexKom" zur Förderung experimenteller Kompetenzen – Konzept und Einsatzbeispiele. In: PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung 2019, Aachen.

Goertz, S, Götze, B. D. und Heinke, H. (2020). Unterstützung für Lehrkräfte beim Umgang mit Messdaten im Physikunterricht. In: S. Habig (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Wien 2019. Universität Duisburg-Essen, S. 114–117.

Heinicke, S. und Riess, F. (2011). Mach das nochmal! Über das Verständnis von Messwiederholungen. In: D. Höttecke (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Bildung als Beitrag zur Gestaltung partizipativer Demokratie - Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik - Jahrestagung in Potsdam 2010. Münster: LIT Verlag, S. 357–359.

Hellwig, J. (2012). Messunsicherheiten verstehen. Entwicklung eines normativen Sachstrukturmodells am Beispiel des Unterrichtsfaches Physik. Dissertation, Fakultät für Physik und Astronomie der Ruhr-Universität Bochum.

Lubben, F. und Millar, R. (1996). Children's ideas about the reliability of experimental data. In: International Journal of Science Education 18(8), S. 955–968.

Theyßen, H., Schecker, H., Neumann, K., Eickhorst, B. & Dickmann, M. et al. (2016). „Messung experimenteller Kompetenz - ein computergestützter Experimentiertest". In: Physik und Didaktik in Schule und Hochschule (PhyDiD) 15(1), S. 26-48.

Anna Henne[1]
Anja Beuter[1]
Axinja Hachfeld[1,2]
Stephan Schumann[1]
Philipp Möhrke[1]

[1]Universität Konstanz
[2]PH Thurgau (CH)

Naturwissenschaftlicher Unterricht während der Corona-Pandemie

Ausgangslage

Anfang des Jahres 2020 führte die Ausbreitung von Covid-19 zu einem weltweiten Ausnahmezustand, der Mitte März in Deutschland in einer kurzfristigen Schließung aller Bildungseinrichtungen mündete. De facto von heute auf morgen standen Lehrkräfte vor der Aufgabe, ihren Unterricht, methodisch und medial, an die neuen Gegebenheiten anzupassen und Fernunterricht zu implementieren, der in den Schulgesetzen der Länder praktisch nicht vorkommt (vgl. Landtag BW, 2019). Zwar gehören mobile Endgeräte mehr und mehr zum Alltag der Schülerinnen und Schüler, wenn es allerdings um den Einsatz digitaler Medien im Schulunterricht geht, liegt Deutschland auf den hinteren Plätzen (Eickelmann et al., 2019). Dabei gehört ein Teil der Lehrkräfte, die an deutschen Schulen unterrichten, bereits der Gruppe der sog. „Digital Natives“ an, wohingegen die älteren als „Digital Immigrants“ zu werten sind (vgl. Prensky, 2001). Die Herausforderungen für die einzelnen Fächer waren dabei in Teilen unterschiedlich: Durch die eingeschränkten Möglichkeiten, während des Fernunterrichts Praktikumsräume an der Schule für das Experimentieren zu nutzen, standen dabei naturwissenschaftliche Lehrkräfte vor der Herausforderung, den experimentellen Teil ihres Unterrichts in digitalen Lernumgebungen umzusetzen.

Vor diesem Hintergrund ergaben sich folgende Forschungsfragen:

- Wie wurde naturwissenschaftlicher Fernunterricht während der Schulschließung umgesetzt und welche Rolle spielte hierbei das Experimentieren?
- Welche Einflüsse hat das Alter der Lehrkräfte auf die Realisierung des Fernunterrichts und die damit verbundenen Herausforderungen?
- Worin unterscheiden sich Lehrkräfte mit und ohne MINT-Fach in Bezug auf die Umsetzung des Fernunterrichts und der Wahrnehmung der Chancen, Herausforderungen und Probleme des Unterrichtens aus der Ferne?

Studiendesign und Stichprobe

An einem 15-minütigen Onlinefragebogen ohne Teilnahmeanreiz nahmen 394 Lehrende überwiegend weiterführender Schulen in Baden-Württemberg teil, welche über ein regionales Partnerschulnetzwerk sowie Social Media rekrutiert wurden. 106 Lehrkräfte unterrichteten dabei mindestens ein MINT-Fach, davon 59 mindestens ein naturwissenschaftliches Fach. Der Fragebogen wurde drei Wochen nach den Schulschließungen bis zu den Osterferien freigeschaltet.

Abgefragt wurden neben sozio-demografischen Daten und Arbeitserfahrung die Herangehensweise an den Fernunterricht sowie die Bereitschaft zu Fernunterricht. Welche Technologien eingesetzt wurden, um die Lernenden einzubeziehen, wie stark die Eltern miteingebunden wurden und wie der Lernfortschritt überwacht wurde, war ebenso Gegenstand der Erhebung.

Gezielt wurde nach der Umsetzung von naturwissenschaftlichem Unterricht gefragt, wobei insbesondere die Rolle des Experimentierens betrachtet wurde. Der Fragebogen enthielt überwiegend 6-stufige likert-skalierte oder nominalskalierte Items. Für die Betrachtung der Fachzugehörigkeit und des Alterseinflusses wurden Mann-Whitney-U-Tests durchgeführt.

Ergebnisse

Umsetzung naturwissenschaftlichen Unterrichts

Der Frage, wie naturwissenschaftlicher Unterricht während der Schulschließung umgesetzt wird, wurden im Fragebogen mit 9 Items begegnet, welche nur Lehrkräften mit naturwissenschaftlichem Fach gestellt wurden. Es zeigte sich, dass bei gut einem Drittel der Lehrenden das Experiment eine untergeordnete Rolle zur Zeit des Fernunterrichts spielte (vgl. Abb. 1). Rund die Hälfte der Befragten gab an, die Schülerinnen und Schüler nicht oder überhaupt nicht zum verstärkten Experimentieren mit Alltagsgegenständen anzuregen. Wenig Beliebtheit fanden auch Simulations- und Modellbildungsprogramme zur Auswertung anstelle von Experimenten, denn lediglich ein Viertel stimmt der Verwendung eher zu, wobei niemand voll und ganz zustimmt. Ebenso unbeliebt waren Apps, mit denen die Schülerinnen und Schüler Experimente selbständig durchführen konnten. Vorhandene Videos von Experimenten wurden zum Teil verwendet, jedoch erstellte nur eine kleine Gruppe von Lehrkräften eigene Lernvideos. Das Experimentieren rückte also in den Hintergrund. Größte Zustimmung fanden die Aussagen, dass mehr Rechen- bzw. mehr Text- und Argumentationsaufgaben gestellt wurden.

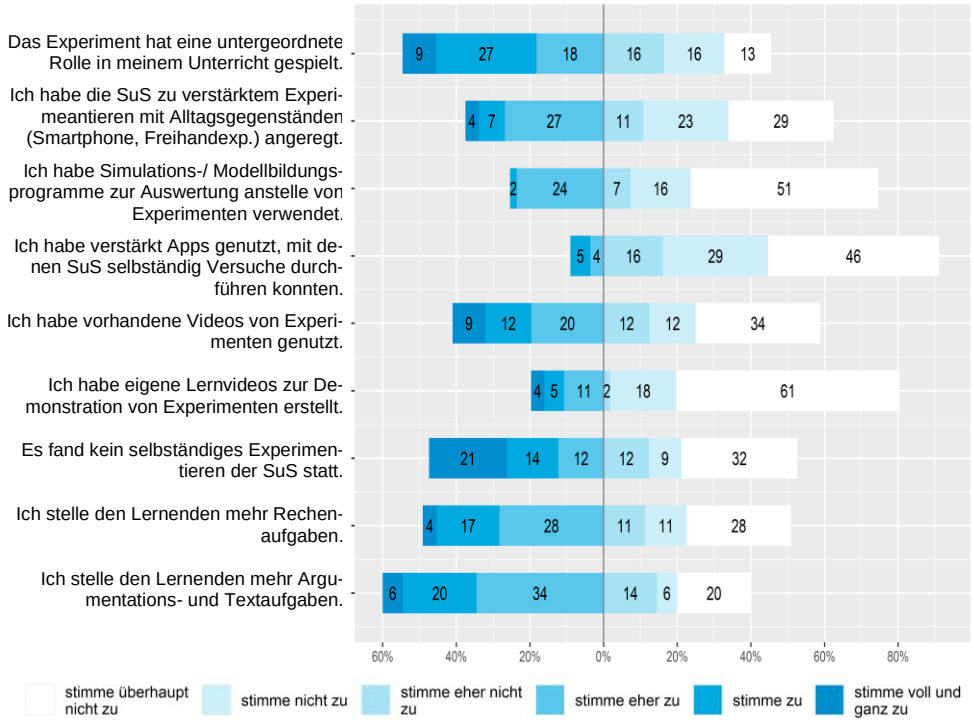


Abb. 1: Antworten auf die Frage nach der Umsetzung naturwissenschaftlichen Unterrichts während der Corona-Pandemie.

Altersunterschiede bei MINT-Lehrkräften
Bei der Angabe des Alters konnten die Befragten zwischen fünf Kategorien wählen: jünger als 30 Jahre, 31-40 Jahre, 41-50 Jahre, 51-60 Jahre oder über 60 Jahre. Gut die Hälfte der unter 40-Jährigen MINT-Lehrkräfte verwendeten nie Simulationen oder virtuelle Experimente, bei den Älteren waren es hingegen drei Viertel ($p < 0{,}001$). Außerdem erstellten jüngere Lehrkräfte häufiger eigene Lernvideos ($p < 0{,}001$). Weitere Unterschiede konnten beim Kompetenzerwerb für den Einsatz digitaler Lernmedien im Unterricht festgestellt werden. Während die Jüngeren sehr häufig den Umgang mit digitalen Medien im Selbststudium erlernten, nutzte nur die Hälfte der Älteren diese Möglichkeit ($p < 0{,}001$). Ein ähnliches Bild zeigt sich bei der Recherche nach geeigneten Hilfsmitteln und Tools: Während diese drei Viertel der Jüngeren leichtfällt, waren es bei den über 40-Jährigen nur die Hälfte ($p < 0{,}001$). Dabei stiegen auch die Schwierigkeiten im technischen Umgang mit diesen Medien mit dem Alter. Ein Viertel der Jüngeren gab hier Schwierigkeiten an, bei den Älteren waren es 38% ($p < 0{,}001$). Es zeigten sich jedoch auch Bereiche, in denen die älteren Lehrkräfte besser zurechtkamen. Zum einen fällt die Überprüfung des Lernstandes und der Fortschritte aus der Ferne 78% der Jüngeren schwer, hingegen aber nur 66% der Älteren ($p < 0{,}001$). Des Weiteren konnten 7 von 10 jungen Lehrkräften ihren Unterrichtsstoff mindestens „eher nicht“ wie geplant durchnehmen. Bei den über 40-Jährigen waren es nur 54% ($p < 0{,}01$).

Unterschiede zwischen Lehrkräften mit und ohne MINT-Fach
Die Teilnahme von Lehrkräften aus allen Fachbereichen erlaubt einen Vergleich der Unterrichtsgestaltung von MINT-Lehrkräften und Lehrkräften anderer Fachrichtungen während der Schulschließungen. Die Ergebnisse zeigen, dass MINT-Lehrkräfte im Fernunterricht öfter Selbstlernprogramme einsetzten ($p < 0{,}01$). Während des Fernunterrichts wurden von ihnen häufiger Arbeitsaufträge erstellt, um komplett neue Themen zu erarbeiten ($p < 0{,}01$). Auch rechneten MINT-Lehrende während des Homeschoolings öfter damit, dass viele ihrer Lernenden die Unterstützung der Eltern zur Bewältigung der Aufgaben benötigen ($p < 0{,}01$).

Fazit
Das Experiment spielt bei über der Hälfte der Lehrkräfte im Fernunterricht eine untergeordnete Rolle. Insbesondere der Einsatz digitaler Möglichkeiten (Apps, Videoexperimente, Simulations- und Modellbildungsprogramme), aber auch Hands-On-Varianten (Experimente mit Alltagsgegenständen) bleiben weitestgehend ungenutzt. Ein besonders großer Zusammenhang besteht zwischen dem Alter der MINT-Lehrkräfte und der Umsetzung des Fernunterrichts sowie den damit verbundenen Herausforderungen (vgl. Klein, 2017). Während jüngere Lehrkräfte häufiger digitale Medien einsetzten und ihnen der technische Umgang mit den eingesetzten Tools leichter fiel, konnten ältere Lehrkräfte ihren Unterricht häufiger wie geplant durchführen und die Überprüfung der Fortschritte fiel ihnen nicht ganz so schwer wie den jüngeren Lehrkräfte. Bei der Umsetzung des Fernunterrichts unterscheiden sich Lehrkräfte mit und ohne MINT-Fach bezüglich der Themenauswahl und der Häufigkeit des Einsatzes von Selbstlernprogrammen. Da auch in Zukunft stärker mit hybriden Unterrichtsformaten zu rechnen ist (Präsenz- und Fernunterricht), sollten Weiterbildungen konzipiert und angeboten werden, die sowohl den Umgang mit digitalen Medien als auch die Möglichkeiten und Chancen digitaler Medien behandeln und die diagnostischen Kompetenzen fördern.

Literatur

Eickelmann, B., Bos, W., Gerick, J., Goldhammer, F., Schaumburg, H., Schwippert, K., Senkbeil, M., & Vahrenhold, J. (2019). ICILS 2018 #Deutschland. Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern im zweiten internationalen Vergleich und Kompetenzen im Bereich Computational Thinking.

Klein, A. (2017) Der Weg ins digitale Netz – Eine Frage des Alters und der Generation? Ergebnisse einer qualitativen Studie zur Bedeutung von Alters- und Generationsstereotypen für den Umgang mit digitalen Medien. In: Mayrberger, K., Fromme, J., Grell, P., & Hug, T. Jahrbuch Medienpädagogik 13. Springer Fachmedien Wiesbaden.

Landtag BW (Hrsg.) (2019) Landtag von Baden-Württemberg. Drucksache 16/6145. Kleine Anfrage und Antwort des Ministeriums für Kultus, Jugend und Sport. Hausunterricht und Freilernen in Baden-Württemberg.

Prensky, M. (2001) Digital Natives, Digital Immigrants Part I, On the Horizon, 9, S. 1-6

Frederic Bonin[1] [1]Universität Bielefeld
Gisela Lück[1]

Wissenschaftsverständnis und *Nature of Science* – Kritik und Entwicklungsvorschläge

Hintergrund

Der Umgang mit Entwicklungen in den Wissenschaften stellt ebenso wie die Akzeptanz neuer Technologien für Teile der Bevölkerung von jeher eine Herausforderung dar. Als historische Paradigmenwechsel aus den Wissenschaften können das heliozentrische Weltbild und die Evolutionstheorie genannt werden. Auf Seite der Technologien sind die Nutzung von Dampfkraft und die damit einhergehende Industrialisierung sowie die Einführung von modernen Medien wie Radio, Fernsehen und Internet eindrückliche Beispiele. All diese Veränderungen wirkten sich grundlegend auf das Selbstbild des Menschen aus und erfuhren deshalb – zum Teil scharfe – Kritik. Auch gegenwärtig demonstrieren die Corona-Leugnung, die Debatte um Luftverschmutzungswerte oder die Akzeptanz des Klimawandels einen weiterhin bestehenden Mangel an Wissenschaftsverständnis (Arndt, Billion-Kramer, Wilhelm & Rehm 2019). Schwierigkeiten bestehen bspw. in der Unterscheidung zwischen Sachfragen, die wissenschaftlich untersucht werden können, und normativen Entscheidungen, die politisch-gesellschaftlich ausgehandelt werden. Ferner werden Kontroversen zwischen Wissenschaftler*innen oft nicht als immanente Eigenschaft des Erkenntnisprozesses anerkannt, sondern stattdessen als Grund angeführt, Expert*innenaussagen die Geltungskraft abzusprechen.

Dem Zustand eines unzureichenden Wissenschaftsverständnisses wird in verschiedener Hinsicht begegnet: Einerseits sind öffentliche Wissenschaftskommunikation und Journalismus sowie die Medienkompetenz der Bürger*innen gefordert (Ruhrmann, Guenther & Kessler 2016). Hierbei handelt es sich um Maßnahmen, die Erwachsene in den Blick nehmen. Andererseits kann am Zeitpunkt des ersten Kontaktes mit den Wissenschaften angesetzt werden – in der Schule. Wenn Kinder und Jugendliche die (Natur-)Wissenschaften von vornherein adäquat erlernen, könnten die skizzierten Missverständnisse gar nicht erst entstehen. In dieser Richtung wird seit längerem eine naturwissenschaftliche Grundbildung (*scientific literacy*) angestrebt (Gräber & Nentwig, 2002). Abseits von inhaltlichem Fachwissen und methodisch-praktischen Fähigkeiten ist dabei besonders ein Lernen über Naturwissenschaften vorgesehen. Diese Metaebene meint „*eine Reflexion über Methoden in Form einer Methodologie, die Wertvorstellungen der Forschergemeinschaft, die zur Entwicklung des wissenschaftlichen Wissens führen, ein Nachdenken über den epistemologischen Status naturwissenschaftlichen Wissens sowie kulturelle und gesellschaftliche Implikationen"* (Hofheinz 2008, S. 62).

Für eine Implementierung liegen zahlreiche Konzepte vor. Während Ansätze international unter der Bezeichnung *Nature of Science* (*NoS*) diskutiert werden, liefern die Psychologie und die deutsche Naturwissenschaftsdidaktik weitere Vorschläge. Die folgende Auswahl von Konzeptualisierungen illustriert die große Diversität des Feldes:

- ***NoS*-Konsens** (*NOSK, NOSI*): Lederman, Abd-El-Khalick, Bell & Schwartz 2002 (*NOScientists* in Wentorf, Höffler & Parchmann 2017)

- ***Whole Science***: Allchin 2013 (*NOSInSociety* in Höttecke & Allchin 2020)
- ***Family Resemblance Approach (FRA)*:** Erduran & Dagher 2014 (*Reconceptualised* in Kaya, Erduran, Aksoz & Akgun 2019)
- ***Features of Science (FOS):*** Matthews 2012
- **Bildungsstandards in den USA:** NGSS Lead States 2013
- **Wissenschaftstheoretische Reflexion** als Teil des Kompetenzbereichs ‚Erkenntnisgewinnung': Wellnitz, Fischer, Kauertz, Mayer, Neumann, Pant, Sumfleth & Walpuski 2012
- **Niveaustufen der Entwicklungspsychologie:** Carey, Evans, Honda, Jay & Unger 1989 (Grygier, Günther, Kircher, Sodian & Thoermer 2003: BIQUA-Projekt)
- **Dimensionen der Kognitionspsychologie**: Hofer & Pintrich 1997 (Kremer 2010)
- **Natur der Naturwissenschaften:** Kircher & Dittmer 2004
- weitere Konzepte: Bildungsstandards GB, narrativer Ansatz von Adúriz-Bravo …

Forschungsprogramm
Das Dissertationsvorhaben beschäftigt sich mit dem Stellenwert von Wissenschaftstheorie und den Auswirkungen auf den naturwissenschaftlich-chemischen Unterricht. Die bestehenden Konzeptionen werden systematisiert und in ihrer wechselseitigen Kritik analysiert. Als bisherige Ergebnisse wurden drei Prinzipien für Konzepte zur Verbesserung des Wissenschaftsverständnis sowie zwei Fragestellungen formuliert, die im Folgenden vorgestellt werden. Zusätzlich ergeben sich aufschlussreiche Perspektiven auf Kernthemen der Didaktik der Naturwissenschaften.

Ein früher Diskussionspunkt in der *NoS*-Debatte wird in aktuellen deutschsprachigen Beiträgen kaum mehr behandelt: Weil in der Wissenschaftstheorie sehr unterschiedliche Meinungen vertreten werden (Alters 1997), ist fraglich, was im Lernbereich *NoS* inhaltlich vermittelt werden soll. Das dominierende Konzept des Konsens-Ansatzes plädiert an dieser Stelle für eine Beschränkung und Auswahl anhand des Übereinstimmungsgrades. Diese Herangehensweise wird aber fortdauernd als verkürzend und verzerrend stark kritisiert (z.B. van Dijk 2011; Hodson & Wong 2017). Zwar wählen konkurrierende Ansätze (*Whole Science, FRA, FOS*) explizit einen vielfältigeren Zugang, doch greifen selbst sie noch zu kurz. Die **beiden ersten Prinzipien** fordern deshalb, alle Elemente (**Vollständigkeit**) in einer undogmatischen Weise (**Offenheit**) zu berücksichtigen. Die Themen und einzelnen Aussagen der verschiedenen Ansätze sollten ungeachtet ihrer numerischen Übereinstimmung inkorporiert sowie die Pluralität von Positionen durch offene Erläuterungen vorbereitet und zugelassen werden.

Die meisten Konzeptionen geben die zu erlernenden Inhalte lediglich als Zielvorstellung zum Ende der Pflichtschulzeit an. Ein überzeugender Vorschlag müsste jedoch den Entwicklungsprozess verständlich machen. Analog zum fachlichen Spiralcurriculum (Barke, Harsch, Marohn & Krees 2015, S. 87) wäre gemäß einem **dritten Prinzip** das Durchlaufen eines hermeneutischen Zirkels plausibel (**spiralcurricular**). Bisher existierende Konzepte mit einer Lernprogression (Niveaustufenmodell, NGSS, Kompetenzmodell ‚Erkenntnisgewinnung') verfolgen nicht explizit den Spiralgedanken.

Des Weiteren wirft die Analyse der verschiedenen Ansätze zwei fundamentale Fragen auf, die einer ausführlichen Erörterung bedürfen, und voraussichtlich zwei weitere Prinzipien ergeben:
- Ist die Metaebene als Wissenselement (analog zu fachwissenschaftlichen Konzepten) oder als epistemische Überzeugung zu begreifen? (Neumann & Kremer 2013)

- Ist es zweckmäßig von einer generellen, fächerübergreifenden Natur der Naturwissenschaften zu sprechen oder sind disziplinenspezifische Bearbeitungen geeigneter? (Parchmann, Lienau, Klüner, Drögemüller & Al-Shamery 2010; Reiners, Großschedl, Meyer, Schadschneider, Schäbitz & Struve 2018)

Außerdem werden anhand von chemisch-naturwissenschaftlichen Beispielen entscheidende Elemente des didaktischen Handels untersucht. Es werden angemessene Begriffsbestimmungen von „Erklären“ und „Verstehen“ konstruiert und dabei eine ältere Debatte aufgegriffen (Jung 1975; Buck 1993). Auch die Diskrepanz zwischen Forschungsexperiment und Schulversuch wird umfassend ausgeleuchtet und Bewältigungsstrategien zu deren Auflösung kritisch geprüft (vgl. Streller, Bolte, Dietz & Noto La Diega 2019, S. 63-74; Metzger & Sommer 2010). Insgesamt werden in der Dissertation somit grundlegende Einsichten in die Voraussetzungen eines wissenschaftstheoretisch fundierten Unterrichtes entwickelt.

Literatur

Allchin, D. (2013). Teaching the nature of science – Perspectives & resources. Saint Paul: Ships Education Press

Alters, B. (1997). Whose nature of science? Journal of Research in Science Teaching, 34 (1), 39-55

Arndt, L., Billion-Kramer, T., Wilhelm, M. & Rehm, M. (2019). Antinomien der Naturwissenschaft – Chance zum produktiven und reflektierten Meinungsbildungsprozess im naturwissenschaftlichen Unterricht. CHEMKON, 26 (8), 355-359

Barke, H-D., Harsch, G., Marohn, A. & Krees, S. (2015). Chemiedidaktik kompakt – Lernprozesse in Theorie und Praxis. Berlin: Springer Spektrum

Buck, P. (1993). Läßt sich ‘Verstehen‘ beobachten? In W. Ulrich & P. Buck (Hrsg.), Video in Forschung und Lehre. Weinheim: Deutscher Studien-Verlag, 213-227

Carey, S., Evans, R., Honda, M., Jay, E. & Unger, Ch. (1989). ‘An Experiment is when you try it and see if it works‘: a study of grade 7 students’ understandings of the construction of scientific knowledge. International Journal of Science Education, 11 (5), 514-529

Erduran, S. & Dagher, Z.R. (2014). Reconceptualizing the nature of science for science education – Scientific knowledge, practices and other family categories. Dordrecht: Springer

Gräber, W. & Nentwig, P. (2002). Scientific Literacy – Naturwissenschaftliche Grundbildung in der Diskussion. In W. Gräber, P. Nentwig, T.R. Koballa & R.H. Evans (Hrsg.), Scientific Literacy - Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, 7-20

Grygier, P., Günther, J., Kircher, E., Sodian, B. & Thoermer, C. (2003). Unterstützt das Lernen *über* Naturwissenschaften das Lernen *von* naturwissenschaftlichen Inhalten im Sachunterricht? In D. Cech & H.-J. Schwier (Hrsg.), Lernwege und Aneignungsformen im Sachunterricht. Bad Heilbrunn: Klinkhardt Verlag, 59-76

Hodson, D. & Wong, S.L. (2017). Going beyond the consensus view: broadening and enriching the scope of NOS-oriented curricula. Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education, 17 (1), 3-17

Hofer, B.K. & Pintrich, P.R. (1997). The development of epistemological theories: beliefs about knowledge and knowing and their relation to learning. Review of Educational Research, 67 (1), 88-140

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. Dissertation (Universität Siegen). Online verfügbar: https://dspace.ub.uni-siegen.de/handle/ubsi/357 (Zugriff am 25. Sep. 2020)

Höttecke, D. & Allchin D. (2020). Reconceptualizing nature-of-science education in the age of social media. Science Education, 104 (4), 641-666

Jung, W. (1975). Erklären als wissenschaftstheoretisches und didaktisches Problem. In M- Ewers (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Didaktik zwischen Kritik und Konstruktion. Weinheim: Beltz, 159-202

Kaya, E., Erduran, S., Aksoz, B. & Selin, A. (2019). Reconceptualised family resemblance approach to nature of science in pre-service science teacher education. International Journal of Science Education, 41 (1), 21-47

Kircher, E. & Dittmer, A. (2004). Lehren und Lernen über die Natur der Naturwissenschaften - ein Überblick -. In C. Hößle, D. Höttecke & E. Kircher (Hrsg.), Lehren und Lernen über die Natur der Naturwissenschaften. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren, 2-22

Kremer, K. (2010). Die Natur der Naturwissenschaften verstehen – Untersuchungen zur Struktur und Entwicklung von Kompetenzen in der Sekundarstufe I. Dissertation (Universität Kassel). Online verfügbar: https://kobra.uni-kassel.de/handle/123456789/2010091734623 (Zugriff am 25. Sep. 2020)

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

Matthews, M.R. (2012). Changing the focus: From nature of science (NOS) to features of science (FOS). In Khine, M.S. (Ed.) Advances in nature of science research – Concepts and methodologies. Dordrecht: Springer, 3-26

Metzger, S. & Sommer, K. (2010). >>Kochrezept<< oder experimentelle Methode? Eine Standortbestimmung von Schülerexperimenten unter dem Gesichtspunkt der Erkenntnisgewinnung. MNU, 63 (1), 4-11

Neumann, I. & Kremer, K. (2013). Nature of Science und epistemologische Überzeugungen – Ähnlichkeiten und Unterschiede. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 19, 209-232

NGSS Lead States (2013). Next generation science standards – for states, by states. Appendix H. Online verfügbar: https://www.nextgenscience.org/ (Zugriff am 25. Sep. 2020)

Parchmann, I., Lienau, Ch., Klüner, Th., Drögemüller, S. & Al-Shamery, K. (2010). „Kann man Atome sehen?“ – Eine Reflexion aus Sicht verschiedener Wissenschaften.

Reiners, Ch.S., Großschedl, J., Meyer, M., Schadschneider, A., Schäbitz, F. & Struve, H. (2018). Zum Gebrauch der Begriffe Experiment, Theorie, Modell und Gesetz in den mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächern. CHEMKON, 25 (8), 324-333

Ruhrmann, G., Guenther, L. & Kessler, S.H. (2016). Wissenschaftskommunikation zwischen Risiko und (Un-)Sicherheit. Köln: Herbert von Halem Verlag

Streller, S., Bolte, C., Dietz, D. & La Noto Diega, Ruggero (2019). Chemiedidaktik an Fallbeispielen – Anregungen für die Unterrichtspraxis. Berlin: Springer Spektrum

van Dijk, E.M. (2011). Portraying real science in science communication. Science & Education, 95 (6), 1086-1100

Wellnitz, N., Fischer, H.E., Kauertz, A., Mayer, J., Neumann, I., Pant, H.A., Sumfleth, E. & Walpuski, M. (2012). Evaluation der Bildungsstandards – eine fächerübergreifende Testkonzeption für den Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 18, 261-291

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

André Große[1]
Michael Szogs[1]
Jan Lamprecht[1]
Friederike Korneck[1]

[1]Goethe-Universität Frankfurt am Main

Rating der Qualität kollegialer Reflexionen im Prä-/Post Vergleich

Bislang wurde bei Untersuchungen reflexiver Prozesse meist auf qualitative Ansätze zurückgegriffen. Im Rahmen dieses Promotionsprojektes werden übergeordnete Merkmale zur Erfassung von Qualitätskriterien reflexiver Prozesse geprüft. Das Projekt basiert, wie in Abb. 1 dargestellt, auf der Vorarbeit von Michael Szogs, einer umfangreichen Kodierung von Reflexionsmerkmalen innerhalb eines Microteaching-Settings (Szogs et al., 2019).



Abb. 1: Vom Kodieren zum Rating: Zwei Instrumente zur Aufklärung von Wirkzusammenhängen

Im finalisierten Stadium soll das Ratingmanual eine zeitökonomische Erfassung reflexiver Qualitätskriterien ermöglichen, welche nicht sinnvoll durch Kodierungen erfasst werden können. Eine Erweiterung bisheriger Untersuchungsinstrumente, um die Möglichkeit zur unmittelbaren Messung von Reflexionsqualität mittels hochinferenter Ratings, ermöglicht eine Triangulation der Datenlage. Damit kann eine umfassende Beschreibung und Beurteilung der Güte von Reflexionen erfolgen.
In diesem Beitrag wird zunächst das Forschungsziel vorgestellt, die einzelnen Projektphasen skizziert und die Ergebnisse einer ersten Pilotierung aufgezeigt. Im Anschluss wird das Setting der Haupterhebung sowie Überlegungen zum Ratingprozess vorgestellt.

Forschungsvorhaben

Anhand eines quantitativen Ansatzes zur Untersuchung von Qualitätsmerkmalen kollegialer Reflexionen sollen aus den Ergebnissen hochinferenter Ratings übergeordnete Merkmale abgeleitet werden. Zusätzlich werden sowohl deren Vorkommen im Reflexionsgespräch als auch deren Beitrag zur Optimierung von Unterrichtsqualität im Physikunterricht analysiert. Hierfür sollen im Rahmen einer Triangulation Ergebnisse aus vorherigen Untersuchungen der Arbeitsgruppe (Kodierung von Reflexionsmerkmalen (*ebd.*), Rating von Unterrichtsqualität (*Szogs et al., 2017*)) herangezogen werden. In einem nächsten Schritt können auch Wirkzusammenhänge zwischen der Reflexionsqualität und der professionellen Kompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften (*Korneck et al., 2017*) identifiziert werden. Zudem soll das Ratingmanual die Untersuchung von Reflexionen über Physikunterricht jeder Art (Miniaturen, Regelunterricht, Fortbildungen, Coachings) ermöglichen.

Projektphasen: Von der Pilotierung zur Haupterhebung

Für dieses Vorhaben gilt es zunächst das entwickelte Ratingmanual zur Beurteilung von Reflexionsqualität für eine Haupterhebung zu finalisieren und auf Reliabilität und Validität zu prüfen. Die Erprobung und Finalisierung des Manuals erfolgt durch Einschätzung von Reflexionsprozessen innerhalb einer universitären Lerngelegenheit. Pilotierungen in einem Prä-

Post-Setting bieten die Möglichkeit der Untersuchung verschiedener Reflexionsgruppen, welche denselben Unterricht betrachten und analysieren. Damit kann die Erprobung besonders zeiteffizient gestaltet werden, da die Qualitätskriterien aller Reflexionen (z.B. Lernrelevanz und -ziel, Eignung/Passung von Handlungsoptionen) auf Grundlage desselben unterrichtlichen Handelns beurteilt werden.

Nach abgeschlossener Pilotierung wird in einer Haupterhebung das Rating kollegialer Reflexionen in einem Microteaching-Setting erfolgen. Die unmittelbare und zeiteffiziente Einschätzung dieser videografierten Reflexionsgespräche soll durch zwei Rater*innen vorgenommen werden, die neben der Schulung zu Unterrichtsqualitätsmerkmalen auch eine intensive Einführung in die Qualitätsmerkmale von Reflexionsprozessen erhalten. Der Vorteil einer Untersuchung des Microteaching-Settings innerhalb der Haupterhebung ergibt sich durch die hohe Anzahl bereits vorhandener Reflexionsgespräche. Für gegenwärtig 250 Lehrpersonen existieren zudem Ergebnisse aus Vorstudien (z.B. Rating von Unterrichtsqualität, Kodierung von Reflexionsmerkmalen, Fach-/fachdidaktisches Wissen, Lehr-/Lern-Überzeugungen), welche zur Aufklärung von Wirkzusammenhängen genutzt werden können.
Bislang wurde im Rahmen des aufgezeigten Vorhabens eine erste Pilotierung des Ratingmanuals vorgenommen. Nachfolgend sollen das Setting der universitären Lerngelegenheit sowie ein Auszug der Ratingergebnisse vorgestellt werden.

Erste Pilotierung: Reflexionen innerhalb einer universitären Lerngelegenheit

Für eine erste Erprobung des Manuals wird ein Prä-Post-Setting im Rahmen eines physikdidaktischen Seminars genutzt. Hierbei betrachten Studierende zunächst eine videografierte Unterrichtsminiatur (12 Min), um im Anschluss ein offenes, kollegiales Reflexionsgespräch nach selbstgewählten Kriterien zu führen. Der erste Seminartermin endet mit einem Input durch die Dozierenden sowie der Instruktion zur Bearbeitung eines digitalen Lernmoduls in Eigenregie. Die hier skizzierte Interventionsphase thematisiert die Basisdimensionen von Unterrichtsqualität, mit besonderem Fokus auf die Kognitive Aktivierung.
Im zweiten Termin erfolgt eine wiederholte Betrachtung desselben Unterrichts, gefolgt von einem erneuten kollegialen Reflexionsgespräch. Dabei werden die Studierenden instruiert, die Elemente aus der Intervention im Gespräch einzubringen. Die audiografierten Reflexionen, vor und nach der Intervention, dienen als Datengrundlage für eine erste Pilotierung des Ratingmanuals.

Diese Lerngelegenheit erfolgte sowohl in Präsenz (WiSe 19/20) als auch im Online-Format (SoSe 20). Die getätigten Prä- und Post-Reflexionen wurden von drei versierten (z.B. durch langjähriges Rating von Unterrichtsqualität) Rater*innen eingeschätzt. Erste Analysen der Pilotierungs-Ratings ermöglichen u.a. eine Gegenüberstellung zwischen den Prä- und Post-Reflexionen und zeigen dabei Tendenzen und Unterschiede auf, welche es in weiteren Arbeitsschritten zu interpretieren gilt.

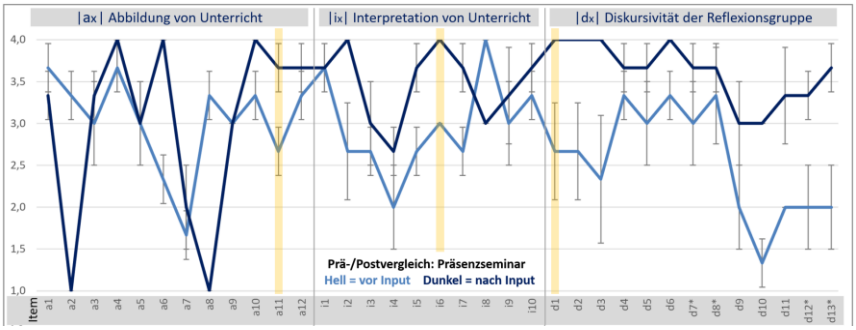


Abb. 2: Auszug aus Ergebnissen der ersten Pilotierung | Prä-/Post-Reflexionen in Präsenz

Exemplarisch werden in Abb. 2 die Ergebnisse des Ratings vor (hell) und nach (dunkel) der Intervention im Präsenz-Seminar aufgezeigt. Nach der Einführung von Unterrichtsqualitätsmerkmalen formulieren die Studierenden häufiger lernrelevante Aussagen (Skala: Abbildung von Unterricht|a11). Auch werden in der Post-Reflexion zentrale Unterrichtssituationen intensiver fokussiert sowie detaillierter aufgeschlüsselt (Skala: Interpretation von Unterricht| i5-i7) und Beiträge der Ko-Reflektierenden verstärkt aufgegriffen (Skala: Diskursivität der Reflexionsgruppe|d1). Die durch Einsatz des Ratingmanuals gemessenen Unterschiede zeigen trotz geringer Stichprobengröße (4 Reflexionen, 3 Rater*innen) mitunter bereits deutliche Effekte der Intervention auf die Reflexionsqualität der Studierenden. So kann z.B. nach der Intervention eine Abnahme beschreibender Tätigkeiten mit gleichzeitiger Zunahme interpretativer Prozesse, in unterschiedlichen Qualitätsausprägungen, identifiziert werden. Dieser Aspekt der Ratingergebnisse bestätigt einen erwartungskonformen Trend, bedingt durch das Prä-Post-Setting, und lässt sich als erste Validierung der Kategorien von Reflexionsqualität interpretieren. Die zugrundeliegenden Skalen und Items wurden auszugsweise bereits in einem Posterbeitrag auf der GDCP-Jahrestagung in Wien vorgestellt (*Große et al., 2020*).

Für die Weiterentwicklung des Manuals sollen im Wintersemester 20/21 umfassendere Analysen innerhalb der oben beschriebenen Lerngelegenheit erfolgen. Nach umfangreicher Prüfung des Instrumentes auf Funktionalität und Güte sollen im Rahmen der geplanten Haupterhebung ab Ende des Sommersemesters 2021 Reflexionsgespräche des Microteaching-Settings als Datenbasis zur Untersuchung des skizzierten Forschungsvorhabens genutzt werden.

Setting der Haupterhebung: Rating von Reflexionen im Microteaching-Seminar

In einem etablierten Lehr- und Forschungssetting planen angehende Lehrkräfte der ersten und zweiten Phase in sich abgeschlossene Unterrichtsminiaturen (ca. 12 - 15 Min), welche alle Phasen von Regelunterricht beinhalten. Diese vorbereiteten Miniaturen werden an einem Unterrichtstag in einer Schule mit je einer Klassenhälfte durchgeführt. Dabei unterrichten mehrere Lehrkräfte in den ersten beiden Schulstunden direkt nacheinander. Im Anschluss erfolgt eine kollegiale Reflexion durch die Lehrkräfte, anwesenden Peers sowie die Dozierenden (ca. 20 Min/Miniatur). Die videografierten Reflexionsgespräche stellen den Kern der Hauptuntersuchung sowie das Material zur Einschätzung kollegialer Reflexionen mittels Ratingmanual dar. Nach erfolgter Intervention durch kollegiale Beratung erhalten die Lehrkräfte in einer kurzen Pause Gelegenheit die gemeinsam entwickelten Handlungsoptionen für den zweiten Unterrichtsversuch zu adaptieren. Noch am gleichen Tag werden die Miniaturen in angepasster Form mit der anderen Klassenhälfte durchgeführt (*Korneck & Sach, 2006*).

Ratingprozess von Pilotierung und Haupterhebung

Für eine zeiteffiziente und gleichzeitig qualitätsvolle Einschätzung der Reflexionen soll zunächst der videografierte Unterricht betrachtet werden, bevor die Beurteilung der kollegialen Reflexion erfolgt. Nach aktuellem Entwicklungsstand erfragen die gegebenen Items ein Globalurteil der gesamten Gruppe (Lehrkraft, Peers, Dozierende). Im Zuge der Weiterentwicklung und Ausschärfung des Manuals wird gegenwärtig erprobt, ob einzelne Items oder Skalen direkt die Reflexivität der einzelnen Lehrkraft erfassen können. Zudem soll in den nächsten Arbeitsschritten eine Gegenüberstellung der Ratingergebnisse, mit und ohne Einbeziehung von Beiträgen der Dozierenden, testweise erfolgen. Diese Auswahl an Überlegungen und Pilotierungen zur Finalisierung des Ratingmanuals sollen zum Ende des Wintersemesters 2020/21 abgeschlossen sein.

Literatur

Große, A.; Szogs, M.; Korneck, F. (2020). Merkmale von Reflexionsqualität. Erprobung eines Ratingverfahrens. In: C. Maurer (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Wien 2019. (S. 681). Universität Regensburg.

Korneck, F. & Sach, M. (2006). Kooperation zwischen den verschiedenen Phasen der Lehrerbildung im Rhein-Main-Gebiet - Überblick und Beispiel einer gemeinsamen Seminarveranstaltung zu Unterrichtsminiaturen mit Videofeedback. In: V. Nordmeier & A. Oberländer (Hrsg.), CD zur Frühjahrstagung des Fachverbands Physik der Deutschen Physikalischen Gesellschaft - Kassel 2006. Berlin: Lehmanns Media.

Korneck, F.; Krüger, M.; Szogs, M. (2017): Professionswissen, Lehrerüberzeugungen und Unterrichtsqualität angehender Physiklehrkräfte unterschiedlicher Schulformen. In: Fischler, H. Sumfleth, E. (Hrsg.), Professionelle Kompetenz von Lehrkräften der Chemie und Physik (S. 113-133).

Szogs, M. et al. (2017). Erhebung von Unterrichtsqualität mittels hoch-inferenter Videoratings - das Ratingmanual der Φ actio Studie. Regensburg: GDCP Jahrestagung in Zürich 2016.

Szogs, M.; Große, A.; Korneck, F. (2019). Veränderung der Unterrichtsqualität durch kollegiale Reflexion. 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. 329). Universität Regensburg.

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.

Jan Heysel[1]
Frank Bertoldi[1]

[1]Universität Bonn

Expliziter Unterricht zu naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung: *Perspektiven auf Naturwissenschaften* als Brücke zur Schulpraxis

Unter dem Begriff *Nature of Science (NOS)* werden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung Vorstellungen *über* Naturwissenschaft insb. in Bezug auf epistemologische, methodologische, wissenschaftshistorische, philosophische, soziale und soziologische Aspekte sowie Ziele und Methoden des Lernens dazu diskutiert (vgl. Billion-Kramer, Lohse-Bossenz, Dörfler, & Rehm, 2020; Heering & Kremer, 2018; Lederman, 2007; Lederman, Abd-El-Khalick, Bell, & Schwartz, 2002). Damit ist NOS eine wesentliche Grundlage für eine *scientific literacy*, wie sie die OECD (2017) definiert und anstrebt, sowie eine wesentliche Grundlage der vier Kompetenzbereiche, die die KMK (2004) für den naturwissenschaftlichen Unterricht zugrunde legt.

Diskussion um Konzepte zu NOS

In der fachdidaktischen Literatur werden verschiedene Ansätze zur Thematik NOS diskutiert: Eine zentrale Position ist der *Consensus View* von Lederman et al. (Lederman, 2007; Lederman et al., 2002; Lederman & Lederman, 2019). Lederman et al. gehen davon aus, dass trotz der offenen Debatte der Wissenschaftstheorie und -geschichte die wesentlichen Aspekte daraus auf der Ebene des für Schülerinnen und Schüler Relevanten unstrittig seien. Lederman et al. schlagen daher eine 7-Punkte Konsensliste zur Förderung eines *Nature of Science Knowledge* vor (Lederman, 2007). Dieser Ansatz wird von verschiedenen Seiten kritisiert:

Matthews (2012) weist darauf hin, dass eine Konsensliste die Thematik unangemessen vereinfacht und als verkürztes „Mantra“ missverstanden werden kann. Er schlägt vor, statt von „*Nature* of Science“ in einer differenzierteren Weise von „*Features* of Science*“* zu sprechen. Irzik & Nola (2011) bezweifeln grundsätzlich, dass der Begriff *Science* durch allgemeine Kriterien abzugrenzen sei. Statt eines Abgrenzungskriteriums schlagen sie vor, Wittgensteins Konzept der *Familienähnlichkeit* auf den Begriff *Science* anzuwenden (*Family Resemblance Approach, FRA*). Ihren Ansatz bauen sie als Alternative zum *Consensus View* zu einem didaktischen Konzept zu *NOS* aus, das u.a. eine „sozial-institutionelle Dimension“ von Wissenschaft umfasst. Dagher & Erduran (2016; 2014) bauen den *FRA*-Ansatz aus und ergänzen in der „sozial-institutionellen Dimension“ die Kategorien „Organisationen und Interaktionen“, „politische Machtstrukturen“ und „finanzielle Systeme“ von Wissenschaft (Dagher & Erduran, 2016, Zitate übersetzt). Damit greifen sie aktuelle Positionen der *science studies* auf. Auch weitere Autoren (vgl. Allchin, 2011; R. Duschl, 2008; R. A. Duschl & Grandy, 2013; Zemplén, 2009) betonen die Relevanz sozial-institutioneller Aspekte im Bereich *NOS*. Allchin (2011) kritisiert den *Consensus View* zusätzlich u.a. als Förderung rein deklarativen Wissens und setzt dem ein funktionales „*Whole Science“* Verständnis der Naturwissenschaft entgegen, das Höttecke & Allchin (2020) um den Aspekt einer *Scientific Media Literacy* erweitern. Duschl & Grandy (2013) kritisieren u.a. die Lernmethodik am *Consensus View*, insbesondere die aus ihrer Perspektive vorrangige Präsentation konsensfähiger, heuristischer Prinzipien. Stattdessen vertreten sie aufbauend auf den *learning*

science und *science studies* eine aktive Auseinandersetzung der Lernenden mit kognitiven, epistemischen und sozialen Praktiken der Naturwissenschaften.

Problemsituation und Ansatz

Trotz der umfangreichen konzeptionellen Literatur und einer Vielzahl von dokumentierten Unterrichtsbeispielen belegen empirische Studien, dass Schülervorstellungen zu NOS noch undifferenziert bleiben (Höttecke & Hopf, 2018; Lederman, 2007). Es kann vermutet werden, dass dies auf verschiedenen Gründen beruht. Drei dieser Gründe sind: Erstens „zeigt die internationale Forschungslage derzeit ein unzureichendes Professionswissen bei Lehrkräften in Bezug auf NOS“ (Billion-Kramer et al., 2020). Zweitens zeigen Befunde von Bartos und Lederman (2014), dass auch ein ausgeprägtes Wissen zu *NOS* sich bei Lehrkräften nicht notwendig im unterrichtlichen Handeln der Lehrkräfte manifestiert.

Drittens stellen wir fest, dass die vorgestellten Konzepte zu NOS, die überwiegend aus dem angelsächsischen Sprachraum stammen, kaum anschlussfähig an das kompetenzorientierte deutsche Bildungssystem sind: Die Zielsetzung der Lederman Gruppe ist ausdrücklich ein „Nature of Science *knowledge*“ (vgl. z.B. Lederman & Lederman, 2019). Selbst Allchin (2011) spricht explizit von „knowledge“ als Ziel seines Ansatzes, auch wenn sein funktionales Verständnis davon bereits in Richtung einer Kompetenzorientierung interpretiert werden mag. Am ehesten geht Duschl & Grandys (2013) Ansatz in Richtung einer Kompetenzförderung, doch explizit kompetenzorientiert ist keiner der genannten Ansätze. Für eine bessere Umsetzung von Bildungszielen zum Bereich *NOS* ist daher eine explizit kompetenzorientierte Konzeption zu *NOS* nötig, die sowohl einen Anschluss an die deutschsprachigen Bildungspläne ermöglicht als auch eine Weiterentwicklung dieser.

Mit unserer Arbeit zielen wir auf diesen zuletzt genannten Aspekt ab: Wir streben eine kompetenzorientierte Konzeption zu *NOS* an, die die oben genannten Ansätze aufgreift und dazu praktisch-explorative mit explizit-reflexiven Elementen des Lernens verknüpft. Unser Kompetenzverständnis ist dabei funktional-pragmatisch (vgl. Jung, 2010), d.h. die Lernenden sollen befähigt werden, Herausforderungen bewältigen zu können. Die Herausforderungen, die wir hier adressieren, beziehen sich auf eine reflektierte Sicht der Naturwissenschaften, um in der wissenschaftlich geprägten Gesellschaft des 21. Jahrhunderts fundierte Entscheidungen in persönlichen sowie gesellschaftlichen Zusammenhängen treffen zu können.

Zu diesem Ziel gliedern wir zunächst inhaltliche Aspekte der Thematik NOS in vier interdependente *Perspektiven auf Naturwissenschaften (PaN)*. Zu jeder dieser Perspektiven arbeiten wir Teilkompetenzen aus, die zusammen ein Modell von *Kompetenzen zu Perspektiven auf Naturwissenschaften (KoPaN)* bilden, und stellen Fördermöglichkeiten dazu dar.

Perspektiven auf Naturwissenschaften

Die logisch-methodologisch Perspektive betrachtet methodische Grundsätze, bei deren Beachtung empirische Wissenschaft immer viablere Modelle und Theorien formulieren kann. Hier ist besonders mit Blick auf die Physik die hypothetisch-deduktive Methodik beispielhaft, deren Stärken und Kritikpunkte diskutiert werden. Es geht mit dieser Perspektive nicht die

Aussage einher, dass praktizierende Wissenschaft immer nach einer bestimmten Methodik vorgehe. Diese Perspektive ist grundlegend für verschiedene Kompetenzerwartungen des KMK-Kompetenzmodells, insb. für den Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung.

Die sozial-historische Perspektive betrachtet die Entwicklung praktizierender Naturwissenschaften durch menschliche Akteure. Dabei greift diese Perspektive auch Ansätze des historisch-generischen Unterrichts (Henke, 2016; Höttecke, 2004) auf, um Entwicklungen von Experimenten, Modellen und Theorien zu verdeutlichen.

Die gesellschaftlich-soziologische Perspektive betrachtet soziale Strukturen, die Naturwissenschaften prägen, sowie die Funktion von Naturwissenschaft in der Gesellschaft (vgl. Zemplén, 2009). Der Zusammenhang von Wissenschaft und Gesellschaft umschließt auch die Kommunikation wissenschaftlicher Ergebnisse in klassischen und sozialen Medien sowie damit verbundene Möglichkeiten und Herausforderungen (vgl. Höttecke & Allchin, 2020). Anschluss an die Lehrpläne hat diese Perspektive insb. durch den Kompetenzbereich Kommunikation sowie den Medienkompetenzrahmen NRW (2019) oder vergleichbare Vorgaben anderer Bundesländer.

Die philosophische Perspektive betrachtet die Ergebnisse naturwissenschaftlicher Forschung, interpretiert sie u.a. in Bezug auf den Realitätsanspruch naturwissenschaftlicher Modelle, grenzt naturwissenschaftliche Erkenntnis von anderen Formen der Weltbegegnung ab und beleuchtet die gesellschaftliche Relevanz naturwissenschaftlicher Ergebnisse. Die Kompetenz zum differenzierten persönlichen Beurteilen naturwissenschaftlicher Erkenntnisse ist ebenfalls Teil dieser Perspektive. Dies schließt sich an den KMK-Kompetenzbereich Beurteilen an.

Ausblick

Die hier skizzierten *Perspektiven auf Naturwissenschaften* werden im Laufe des Projekts in Bezug auf Inhalte, zu entwickelnde Teilkompetenzen und Lernstrategien ausgearbeitet. Daraus abgeleitete Unterrichtsbeispiele werden an Schulen erprobt, evaluiert und weiterentwickelt. Damit verfolgt das Projekt das Ziel, eine Brücke zwischen der fachdidaktischen Diskussion und der Schulpraxis zu schlagen und sowohl fachdidaktische Beiträge zum Unterricht im Bereich *NOS* zu liefern als auch praktische Handreichungen für die Schulpraxis.

Literatur

Allchin, D. (2011). Evaluating knowledge of the nature of (whole) science. *Science Education*, *95*(3), 518ff.

Bartos, S. A., & Lederman, N. G. (2014). Teachers' knowledge structures for nature of science and scientific inquiry: Conceptions and classroom practice. *Journal of Research in Science Teaching*, *51*(9), 1150ff.

Billion-Kramer, T., Lohse-Bossenz, H., Dörfler, T., & Rehm, M. (2020). Professionswissen angehender Lehrkräfte zum Konstrukt Nature of Science (NOS): Entwicklung und Validierung eines Vignettentests (EKoL-NOS). *Z*fDN.

Dagher, Z. R., & Erduran, S. (2016). Reconceptualizing the Nature of Science for Science Education: Why Does it Matter? *Science and Education*, *25*(1–2), 147–164.

Duschl, R. (2008). Science education in three-part harmony: Balancing conceptual, epistemic, and social learning goals. *Review of Research in Education*, *32*, 268–291.

Duschl, R. A., & Grandy, R. (2013). Two Views About Explicitly Teaching Nature of Science. *Science and Education*, *22*(9), 2109–2139. https://doi.org/10.1007/s11191-012-9539-4

Erduran, S., & Dagher, Z. R. (2014). *Reconceptualizing the nature of science for science education: Scientific knowledge, practices and other family categories.*

Heering, P., & Kremer, K. (2018). Nature of Science. In D. Krüger, I. Parchmann, & H. Schecker (Eds.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (pp. 105–119). Berlin: Springer.

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. (2004). Wissenschaftsgeschichte im naturwissenschaftlichen Unterricht. In C. Hößle, D. Höttecke, & E. Kircher (Eds.), *Lehren und Lernen über die Natur der Naturwissenschaften* (pp. 43–56). Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.

Höttecke, D., & Allchin, D. (2020). Reconceptualizing nature-of-science education in the age of social media. *Science Education*, (February), 1–26. https://doi.org/10.1002/sce.21575

Höttecke, D., & Hopf, M. (2018). Schülervorstellungen zur Natur der Naturwissenschaften. In H. Schecker, T. Wilhelm, M. Hopf, & R. Duit (Eds.), *Schülervorstellungen und Physikunterricht* (pp. 271–287). Berlin: Springer.

Irzik, G., & Nola, R. (2011). A Family Resemblance Approach to the Nature of Science for Science Education. *Science and Education*, *20*(7), 591–607.

Jung, E. (2010). *Kompetenzerwerb. Grundlagen, Didaktik, Überprüfbarkeit.* München: Oldenbourg Wissenschaftsverlag.

Kultusministerkonferenz (2004) *Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss*.

Lederman, N. G. (2007). Nature of Science: Past, Present , and Future. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research in science education* (pp. 831–880). Mahwah, N.J.: Erlbaum.

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. (2019). Teaching and learning nature of scientific knowledge: Is it Déjà vu all over again? *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, *1*(1), 1–9.

Matthews, M. R. (2012). Changing the focus: From nature of science (NOS) to features of science (FOS). In M. S. Khine (Ed.), *Advances in Nature of Science Research: Concepts and Methodologies* (pp. 3–26). Dordrecht: Springer.

NRW, Schulminsterium (2019). *Medienkompetenzrahmen NRW*. Retrieved from https://medienkompetenzrahmen.nrw/medienkompetenzrahmen-nrw/

OECD. (2017). *PISA 2015 Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematic, Financial Literacy and Collaborative Problem Solving* (revised ed; PISA, Ed.).

Zemplén, G. Á. (2009). Putting sociology first-reconsidering the role of the social in "nature of science" education. *Science and Education*, *18*(5), 525–559.

André Dorn[1] [1]Universität Siegen
Martin Gröger[1]

BNE im Sachunterricht – angehende Sachunterrichtslehrer gehen schülerorientiert und kooperationsbereit mit dem Bildungskonzept BNE um

Einleitung

Vor dem Hintergrund weltweiter ökologischer, ökonomischer und sozialer Herausforderungen umschreibt das Bildungskonzept Bildung für nachhaltige Entwicklung einen möglichen Weg, die gesellschaftliche Transformation voranzutreiben (vgl. Rieckmann 2016). So wurde zum Beispiel in der UN-Weltdekade „Bildung für nachhaltige Entwicklung“ versucht, das Leitbild nachhaltige Entwicklung in allen Bildungsbereichen zu verankern, doch liegen „die entscheidenden Schritte zur Implementierung in die Strukturen und den Alltag des Bildungssystem noch vor uns“ (Haan 2015). Hier müssen ebenso Hochschulen aktiver werden, gerade in der Lehrerausbildung, da diese eine entscheidende Rolle für die Umsetzung von BNE im schulischen Kontext zugeschrieben wird (vgl. Hellberg-Rode und Schrüfer 2016). Dabei sind gerade Einstellungen zur Entwicklung von Innovationen – wie eben auch BNE – zentral für die erfolgreiche Implementation in Schulen und eine gelingende Umsetzung (vgl. Schneider et al. 2013).
In der Lehramtsausbildung nehmen jedoch Studienangebote zu BNE bisher nur eine untergeordnete Rolle ein. Sie beruhen zumeist auf dem Engagement einzelner Akteure oder Institutionen (vgl. Hauenschild und Rode 2013; Hellberg-Rode und Schrüfer 2016).

Vertieftes Studium im Lernbereich Sachunterricht

An der Universität Siegen hat sich mit der Einführung erneuerter Studiengänge eine Möglichkeit geboten, die Implementierung eines Studienangebotes zu Nachhaltigkeit in der Lehrerausbildung zu begleiten und die Einstellungen und ihre Änderungen im Rahmen einer Begleituntersuchung zum *Vertieften Studium* bei den angehenden Sachunterrichtslehrern zu untersuchen. Dieses sogenannte *Vertiefte Studium* beinhaltet vier perspektivübergreifende Veranstaltungen, in denen schwerpunktmäßig Aspekte einer nachhaltigen Entwicklung und einer Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) thematisiert werden.
Der Forschungsschwerpunkt der Begleituntersuchung wurde auf die vorherrschenden Einstellungen, Kenntnisse, Bedürfnisse und Bedenken der angehenden Lehrkräfte im Hinblick auf BNE gelegt, welche als entscheidende Faktoren für die spätere faktische Umsetzung in der Schule angesehen werden (vgl. Schneider et al. 2013).

Theoretische Grundlagen

Zur Erfassung der Perspektiven der angehenden Lehrerkräfte und deren Akzeptanz einer solchen Bildungsinnovation wurde das Concern-Based Adoption Model, kurz CBAM, von Hall und Hord (2011) ausgewählt. Mit Hilfe der diagnostischen Dimension Stages of Concern (SoC) aus diesem Stufenmodell ist es möglich, Einstellungen, Kenntnisse, Bedürfnisse und Bedenken von Personen in Bezug auf das Bildungskonzept BNE zu untersuchen und die Entwicklungen der affektiv-kognitiven Auseinandersetzung nachzuzeichnen (vgl. Bolte et al. 2014). Das SoC-Modell bietet weiter den Vorteil, dass charakteristische Skalenprofile der Teilnehmer sichtbar werden, sogenannte SoC-Profile, wie z.B. Kooperierer, Gegner oder Nicht-Anwender der Innovation, die zusätzlich Auskunft darüber geben, inwieweit sich die Akzeptanz und die professionsbezogenen Einstellungen gegenüber BNE im Verlauf des Studiums der angehenden Sachunterrichtslehrer entwickeln (vgl. Bitan-Friedlander et al. 2004; vgl. Teerling 2020).

Forschungsfragen

In der Begleitstudie wurde dabei zunächst die Akzeptanz von BNE während des Sachunterrichtsstudiums erfasst, um einen Einblick in die vorherrschenden Einstellungen, Kenntnisse, Bedürfnisse und Bedenken der angehenden Lehrkräfte gegenüber BNE zu erhalten, da diese relevant für eine mögliche spätere Umsetzung in der Schule erscheinen. Weiterhin wurden diesbezüglich Veränderungen und Auswirkungen durch die Teilnahme an dem *Vertieften Studium* im Lernbereich Sachunterricht erhoben.

Dabei lauteten die leitenden Fragestellungen:

- Welche professionsbezogenen Einstellungen, Kenntnisse, Bedenken und Bedürfnisse weisen angehende Sachunterrichtslehrer gegenüber BNE auf?
- Wie verändern sich die Einstellungsmuster von angehenden Sachunterrichtslehrern gegenüber BNE im Verlauf der Teilnahme am fakultativen *Vertieften Studium* mit dem Schwerpunkt BNE?

Methodisches Vorgehen

Die Stages of Concern wurden konkret mit einem auf die Klientel und Fragestellung adaptierten Fragebogen erhoben. Eine anschließende kommunikative Validierung sollte einerseits helfen, die Interpretation der SoC-Profiltypen zu unterstützen und andererseits dazu dienen, die Anwendung der diagnostischen Dimension Stages of Concern des CBAM an der Untersuchungsgruppe Studierende zu überprüfen.

Die Untersuchung wurde in drei aufeinander folgenden Jahren mit insgesamt 109 Sachunterrichtsstudierenden des Grundschullehramtes als Interventionsstudie im Vergleichsgruppendesign mit je zwei Testzeitpunkten (TZP) zu Beginn und nach dem Angebot des *Vertieften Studiums* durchgeführt. 42 Studierende durchliefen als Interventionsgruppe das *Vertiefte Studium*, weitere 67 Studierende, die ihre Vertiefungen in anderen Lernbereichen angewählt hatten, bildeten die Kontrollgruppe. Die Untersuchung umfasst damit drei ganze Jahrgangskohorten, die in einer Kohortenanalyse zusammengefasst wurden.

Ergebnisse

Die Ergebnisse zeigen, dass sich die befragten Sachunterrichtsstudierenden der Interventions- und Kontrollgruppe bezüglich der Befragung im Pre-Test hinsichtlich der Einstiegsvoraussetzungen nahezu auf dem gleichen Niveau befinden (vgl. Abb. 1).

Bei der Auswertung der Einstellungsmuster beobachtet man bei den Studierenden ein großes Bedürfnis nach grundlegenden und allgemeinen Informationen zum Bildungskonzept BNE und eine ausgeprägte Aufgeschlossenheit gegenüber BNE. Die Studierenden zeigen eine hohe Betroffenheit und machen sich Gedanken zur Auswirkung der Umsetzung von BNE im Schulalltag. Die Ergebnisse des Post-Tests deuten darauf hin, dass das *Vertiefte Studium* im Sachunterricht einen deutlichen Einfluss auf die Stages of Concern und die damit verbundenen professionsbezogenen Einstellungen genommen hat (vgl. Abb. 2).

Die Studierenden der Interventionsgruppe weisen nach Absolvieren ihres *Vertieften Studiums* im Post-Test eine deutliche Erhöhung und Verschiebung der personenbezogenen Concerns zu den aufgaben- und wirkungsbezogenen Interessenskategorien aus. Dabei sind die Unterschiede signifikant mit moderaten Effektstärken. Diese Studierenden können demnach als „Anwender“ der Innovation bezeichnet werden.

Das veränderte SoC-Profil bescheinigt den Studierenden erstens eine verstärkte Auseinandersetzung mit dem Bildungskonzept und zweitens ein großes Interesse an BNE. Im Vergleich zum Beginn des *Vertieften Studiums* werden bei den Studierenden auch am Ende der Vertiefung immer noch ein hohes Informationsbedürfnis (SoC 1) und eine hohe persönliche Betroffenheit (SoC 2) nachgewiesen. Insgesamt sprechen die Vertiefer der BNE eine hohe Bedeutsamkeit für den späteren Unterricht zu. Sie sind sehr daran interessiert, wie sie mit den Anforderungen, die später im Beruf an sie gestellt werden, umgehen werden

(SoC 3). Ebenso hat als Ausdruck einer stärkeren Schülerorientierung die Bedeutung und das Interesse, wie Bildung für nachhaltige Entwicklung bei den Schülern ankommt und welche Wirkung es bei den Schülern hat, stark zugenommen.

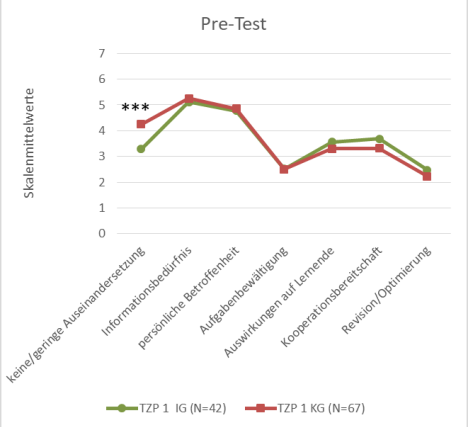


Abb. 1: SoC-Profile Pre-Test

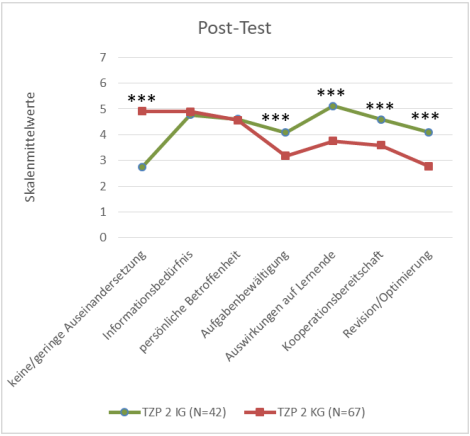


Abb. 2: SoC-Profile Post-Test

Zudem haben diese Studierenden ein hohes Bedürfnis mit anderen zusammenzuarbeiten und sehen in der Kooperation mit Kollegen eine Voraussetzung für ein gutes Gelingen der Umsetzung von BNE in der Schule (SoC 5). Die Studierenden haben mehr darüber erfahren, wie sie BNE bei der Umsetzung im Unterricht verbessern können (SoC 6). Demgemäß ergab die Untersuchung der SoC-Profile, dass die Vertiefer als „schülerorientierte Kooperationsbereite“ eingeordnet werden können.
Im Gegensatz dazu sind die Ausprägungen der SoC-Interessenslagen und der Profilverlauf der Nicht-Vertiefer nahezu konstant geblieben. So können die Nicht-Vertiefer sowohl im Prä-Test als auch im Post-Test als „Nicht-Anwender“ beschrieben werden. Hierbei ist davon auszugehen, dass die Studierenden der Kontrollgruppe sich nicht in anderen universitären Veranstaltungen mit dem Bildungskonzept BNE beschäftigt haben und unter diesen Umständen mit großer Wahrscheinlichkeit das Bildungskonzept nicht im zukünftigen Unterricht und in der Schule umsetzen werden.

Fazit

Es lässt sich feststellen, dass es mit dem *Vertieften Studium* im Lernbereich Sachunterricht an der Universität Siegen offenbar gelungen ist, die professionsbezogenen Einstellungen der angehenden Sachunterrichtslehrer gegenüber dem Bildungskonzept BNE positiv zu beeinflussen. Das Vertiefungsmodul bietet somit eine Möglichkeit, BNE in der Struktur des Bildungssystems an der Hochschule zu verankern und mit dem Studium des Sachunterrichts zu verknüpfen.
Den Studierenden mit dem *Vertieften Studium* im Sachunterricht kann bescheinigt werden, dass sie offener und informierter mit den Anforderungen und den Aufgaben im Kontext der Bildung für nachhaltige Entwicklung umgehen. Bei ihnen besteht ein grundlegender Wunsch nach gemeinsamer Umsetzung und kooperativem Austausch bezüglich BNE und Unterricht.
Diese Bereitschaft stellt einen entscheidenden Faktor dar, wenn es darum geht, BNE in der Schule zu implementieren.

Literatur

Adomßent, Maik; Henze, Christa (2013): Hochschulbildung für nachhaltige Entwicklung - eine Bestandsaufnahme. In: Norbert Pütz, Martin K. W. Schweer und Niels Logemann (Hg.): Bildung für nachhaltige Entwicklung. Aktuelle theoretische Konzepte und Beispiele praktischer Umsetzung. Frankfurt am Main: PL Academic Research, S. 159–205.

Bitan-Friedlander, Naomi; Dreyus, Amos; Milgrom, Zachi (2004): Types of "teachers in training": the reactions of primary school science teachers when confronted with the task of implementing an innovation. In: Teaching and Teacher Education 20, S. 607–619.

Bolte, Claus; Schneider, Vincent; Schürmann, Anke (2014): Development of pre-service teachers "stages of concern" in the concerns in the context of the implementation and evaluation of the new graduate cours "integrated sience". In: Constantinos P. Constantinou, Nicos Papadouris und Angela Hadjigeorgiou (Hg.): Science Education Research For Evidence-based Teaching and Coherence in Learning. Proceedings of the ESERA 2013 Conference. Nicosia: European Science Education Research Association, S. 2427–2435.

Hall, Gene E.; Hord, Shirley M. (2011): Implementing change. Patterns, principles, and potholes. 3rd ed. Boston: Pearson.

Haan, Gerhard de (2015): DIE UN-DEKADE BNE – BILANZ EINER BIL-DUNGSREFORM. In: UN-Dekade mit Wirkung. 10 Jahre "Bildung für nachhaltige Entwicklung" in Deutschland. Bonn: Deutsche UNESCO-Kommission e. V, S. 10–16.

Hauenschild, Katrin; Rode, Horst (2013): Bildung für nachhaltige Entwicklung im schulischen Kontext. In: Norbert Pütz, Martin K. W. Schweer und Niels Loge-mann (Hg.): Bildung für nachhaltige Entwicklung. Aktuelle theoretische Konzepte und Beispiele praktischer Umsetzung. Frankfurt am Main: PL Academic Research, S. 61–82.

Hellberg-Rode, Gesine; Schrüfer, Gabriele (2016): Welche spezifischen professionellen Handlungskompetenzen benötigen Lehrkräfte für die Umsetzung von Bildung für Nachhaltige Entwicklung (BNE)? In: Biologie Lehren und Lernen – Zeitschrift für Didaktik der Biologie 20 (1), S. 1–29.

Rieckmann, Marco (2016): Bildung für nachhaltige Entwicklung - Konzeptionelle Grundlagen und Stand der Implementierung. In: Martin K. W. Schweer (Hg.): Bildung für nachhaltige Entwicklung in pädagogischen Handlungsfeldern. Grundlagen, Verankerung und Methodik in ausgewählten Lehr-Lern-Kontexten. Frankfurt am Main, [u.a.]: PL Academic Reseearch, S. 11–32.Hier wird die Literatur in alphabetischer Reihenfolge angegeben. Die Formatierung bitte unbedingt beibehalten. Beispiele finden sich in der Datei vom letzten Tagungsband.

Schneider, Vincent; Bolte, Claus; Bernholt, Sascha (2013): Stages of Concern angehender Chemielehrer/-innen hinsichtlich IBSE. In: Sascha Bernholt (Hg.): Inquiry-based Learning - Forschendes Lernen. Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, 2012. Kiel: IPN-Verlag (33), S. 197–199.

Teerling, Annika (2020): Kommunikation und Kooperation als Schlüssel zur Unterrichtsentwicklung – Unter welchen Bedingungen die Implementation schulischer Innovationen gelingen kann. In: IPN Yournal, 1, S. 22-26

Claus Bolte[1]
Jonathan Dressler[1]

[1]Freie Universität Berlin

Bedenken bzgl. des Förderns von Bewertungskompetenz im Chemieunterricht

Einleitende Überlegungen

Die erfolgreiche Implementation curricularer Reformen und Innovationen wird wesentlich von der Akzeptanz der Akteure gegenüber den entsprechenden Neuerungen beeinflusst (Fulan 2000; Coburn 2003). Dies trifft u. E. auch auf die Einführung der nationalen Bildungsstandards (KMK 2005) zu, die selbst 15 Jahre nach ihrer Einführung Lehrer*innen immer noch vor nennenswerte Herausforderungen stellt. Mit Blick auf die mit der Einführung der nationalen Bildungsstandards geforderte Kompetenzorientierung gehen wir davon aus, dass die erwünschten Implementationsprozesse längst nicht abgeschlossen sind. Vor allem im Bereich der Förderung der Bewertungskompetenzen von Schüler*innen sehen wir nach wie vor großen Handlungsbedarf. Aus diesem Grunde gehen wir der Frage nach: *Wie schätzen (angehende) Lehrer*innen die professionsbezogenen Herausforderungen und Chancen ein, die ihnen begegnen, wenn sie sich der Aufgabe stellen, Bewertungskompetenzen von Schüler*innen durch und im naturwissenschaftlichen Unterricht zu fördern?*

Theoretischer Hintergrund

Um professionsbezogene Einstellungen und Überzeugungen von (angehenden) Chemielehrer*innen bezüglich der o. g. Frage zu beleuchten, greifen wir auf das Stages of Concern (SoC) Modell von Hall & Hord (2011) zurück. Beim SoC-Modell handelt es sich um ein empirisch bewährtes und theoriebasiertes Modell zur Analyse der Bereitschaft von Personen, administrativ verordnete Reformen zu implementieren (George et al. 2008). Das SoC-Modell wurde in verschiedenen Studien zur Evaluation der Innovationsbereitschaft und zur Aufklärung der damit einhergehenden Effekte bereits erfolgreich eingesetzt (Pant et al. 2008; Oerke 2012; Schneider & Bolte 2013; Schneider, Schürmann & Bolte 2014; Schneider, Bolte & Krischer 2015; Kwok 2014; Pöhlmann et al. 2014; Böse et al. 2018; Teerling et al. 2018). Theoriekonform vollzieht sich die erfolgreiche Implementation einer Innovation in Anlehnung an Hall und Hord (2011) über sieben unterschiedliche Entwicklungsstufen; den sog. Stages of Concern (SoC): SoC A: Bewusstsein/Aktualität, SoC B: Informationsbedürfnis, SoC C: Persönliche Betroffenheit, SoC D: Aufgabenmanagement, SoC E: Auswirkungen auf Lernende, SoC F: Kooperationsbereitschaft und SoC G: Optimierung/Revision (Pant et al. 2008).

Während Pant et al. (2008) das Modell auf die Implementation der Nationalen Bildungsstandards im Kontext des Fremdsprachenunterrichts erfolgreich übertragen konnten, haben Kolleg*innen der Chemiedidaktik der FU Berlin den SoC-Ansatz adaptiert, um Fragen zur Implementation der Bildungsstandards in den naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächern zu beleuchten. Dabei ging es maßgeblich um die Analyse der Bereitschaft zur Implementation der Standards, die die Kompetenzbereiche Erkenntnisgewinnung und Kommunikation betreffen (Schneider & Bolte 2013; Schneider, Schürmann & Bolte 2014; Bolte, & Schneider 2014; Schneider, Bolte & Krischer 2015); eine Evaluation zu den Implementationspotenzialen und Ressentiments bzgl. der Förderung von Schüler*innen im Kompetenzbereich Bewertung wurde u. W. bislang jedoch noch nicht betrieben. Das überrascht durchaus, denn eigentlich wird die Förderung von Bewertungskompetenz als eine besonders wichtige – wenngleich auch als eine besonders anspruchsvolle – fachdidaktische Aufgabe erachtet (Menthe et al. 2016; Bolte & Schulte 2014); eine Aufgabe, die allerdings zahlreiche Lehrer*innen in der Praxis vor Herausforderungen stellt, denen sie oft mit Handlungsunsicherheit begegnen (Alfs et al. 2012; Mrochen & Höttecke 2012) oder die sie sogar fatalistisch ignorieren (Bolte 2003; Bolte & Schulte 2014; Bolte & Gauckler 2018).

Da wir eine potenzielle Ursache für das angesprochene Forschungsdefizit darin vermuten, dass die Akzeptanz der SoC-Skalen noch nicht überzeugend genug gelungen sein könnte, haben wir uns entschlossen, den Fragebogen von Hall und Hord (2011) in der deutschsprachigen Übersetzung von Pant et al. (2008) erneut zu überarbeiten und die entsprechenden Items auf den neuen Fokus der „Förderung der Bewertungskompetenzen von Schüler*innen im naturwissenschaftlichen Unterricht" anzupassen. Außerdem versuchen wir im Zuge dieser Entwicklungsarbeit, den Fragebogen bzgl. seiner Item-Anzahl zu reduzieren und die Stimmigkeit zwischen den theoriebasierten Skalen einerseits und den theoriekonformen Items andererseits sowohl semantisch zu optimieren als auch theoriegeleitet weiter auszuschärfen.

Fragestellungen

Aufgrund der dargelegten Überlegungen formulieren wir die folgenden Forschungsfragen:
*1. Inwiefern gelingt die Adaptierung des SoC-Fragebogens und damit verbunden die neue inhaltliche Fokussierung auf den Sachverhalt der Förderung der Bewertungskompetenz von Schüler*innen im naturwissenschaftlichen Unterricht?*
*2. Inwieweit zeigen sich Gemeinsamkeiten oder auch Unterschiede in den professionsbezogenen Bedenken und Überzeugungen von Lehrer*innen einerseits und Lehramtsstudierenden andererseits, wenn diese sich mit der Forderung, die Bewertungskompetenz von Schüler*innen im naturwissenschaftlichen Unterricht zu fördern, auseinandersetzen?*
*3. In welchem Maße ist es möglich, angehende Chemie-Lehrer*innen im Zuge einer Seminarreihe dafür zu sensibilisieren, sich der Aufgabe zu stellen, Bewertungskompetenzen von Schüler*innen im naturwissenschaftlichen Unterricht fördern zu wollen?*

Methode

Zwei Gruppen von Lehramtsstudierenden (Studierende, die an einer eigens entwickelten Veranstaltungsreihe mit Schwerpunkt Förderung der Bewertungskompetenzen von Schüler*innen teilnehmen werden (Interventionsgruppe), und solche, die sich im Zuge der von ihnen besuchten Seminarreihe mit anderen didaktisch relevanten Aspekten auseinandergesetzt haben (Kontrollgruppe)) bilden den Kern der Stichprobe. Außerdem betrachten wir die Rückmeldungen von Lehrer*innen mit naturwissenschaftlichem Unterrichtsfach. Da diese zuvor an keiner besonderen Intervention zum Thema Bewertungskompetenz teilgenommen haben, fungieren diese Teilnehmer*innen ebenfalls als Kontrollgruppe. Als Analyseinstrument dient der von uns in Anlehnung an Hall und Hord (2011) bzw. von Pant et al. (2008) adaptierte SoC-Fragebogen. Die Einschätzung der Items im SoC-Fragebogen erfolgt über eine 7-stufige Endpunkt fixierte Likert-Skala (codiert von 1: „trifft gar nicht auf mich zu" bis 7: „trifft voll auf mich zu"). Darüber hinaus steht den Teilnehmer*innen – wie schon bei Hall und Hord (2011) oder Pant et al. (2008) der Fall – die Rubrik „für mich zurzeit nicht relevant" zur Verfügung. Rückmeldungen in dieser Rubrik werden mit „0" codiert und statistisch neutral behandelt.
Zur Analyse der statistischen Güte werden Reliabilitäts- und explorative Faktorenanalysen durchgeführt. Zur Prüfung statistisch signifikanter Unterschiede in den Rückmeldungen von je zwei unabhängigen Teilstichproben werden wir U-Tests verwenden. Der Grad der Auseinandersetzung einer jeweiligen Teilstichprobe wird in Anlehnung an Bitan-Friedlander et al. (2004) durch die Übertragung der Skalenmittelwerten in sog. SoC-Profile veranschaulicht.

Ergebnisse

Die Stichprobe umfasst 110 Personen mit naturwissenschaftlichem Studien- bzw. Unterrichtsfach. 31 Lehrer*innen und 31 Studierende (ohne Intervention) bilden die Kontrollgruppe, 48 Studierende die Interventionsgruppe. Die Analysen zeigen für alle sieben Dimensionen des Modells zufriedenstellende Reliabilitätskennwerte (Cronbachs $\alpha \geq .70$). Die explorativen Faktorenanalysen führen zu theoretisch stimmigen und gut zu interpretierenden Ladungsmustern. Die U-Test-Analysen weisen zwei statistisch signifikante Unterscheidungen in den

Rückmeldungen der Kontroll- und der Interventionsgruppe aus; und zwar bzgl. der Variablen Aktualität und Aufgabenmanagement. In Anlehnung an Böse et al. (2018) können die Studierenden der Interventionsgruppe als „Umsetzer“ charakterisiert werden Für beide Teilstichproben der Kontrollgruppe lässt sich in Anlehnung an Bitan-Friedlander et al. (2004) das SoC-Profil des „Kooperierers“ identifizieren („M-Profile; siehe Abb. 1). Dieser Typus zeichnet sich dadurch aus, dass Personen dieser Gruppierung der Implementierung einer jeweiligen Neuerung gegenüber grundsätzlich aufgeschlossen sind.

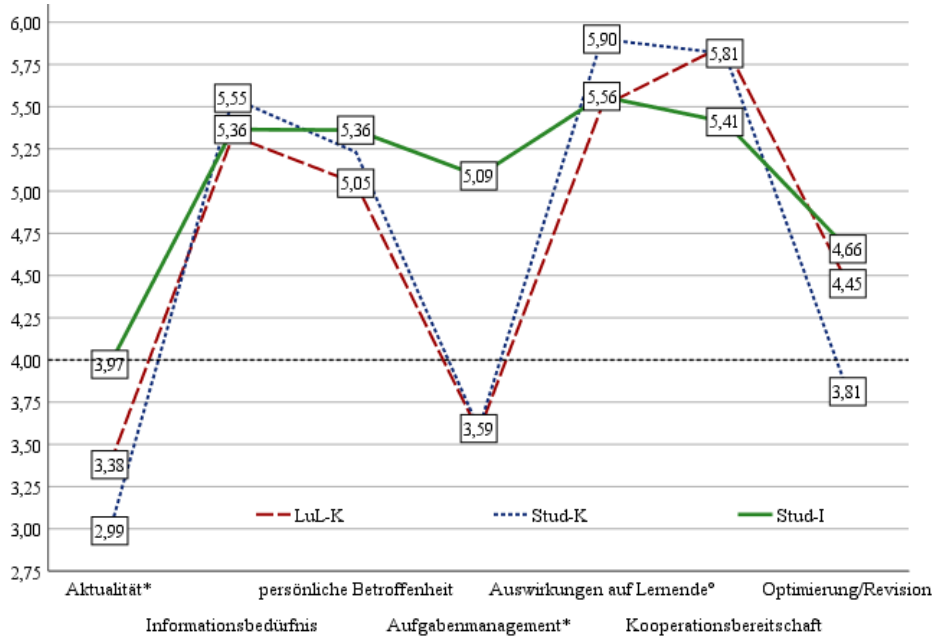


*Abbildung 1: SoC-Profile der drei Teilstichproben bzgl. der Förderung der Bewertungskompetenzen von Schüler*innen im naturwissenschaftlichen Unterricht*

Fazit

Zu Frage 1: Angesichts der Ergebnisse der Reliabilitäts- und Faktorenanalysen können wir dieAdaptierung des SoC-Fragebogens und die neue inhaltliche Fokussierung auf die Frage, welche Bedenken (angehende) Chemie-Lehrer*innen bzgl. der Förderung der Bewertungskompetenz ihrer Schüler*innen im Unterricht verbinden, als gelungen bezeichnen.

Zu Frage 2: Die Gemeinsamkeiten bzgl. der professionsbezogenen Bedenken von Lehrer*innen und Lehramtsstudierenden ohne besondere Intervention sind statistisch betrachtet groß; die U-Tests zeigen keine statistisch signifikant unterschiedlichen Überzeugungen, wenn wir danach fragen, wie sie die Chancen und Schwierigkeiten, ihre Schüler*innen bzgl. ihrer Bewertungskompetenzen im Unterricht zu fördern, einzuschätzen.

Zu Frage 3: Lehramtsstudierende mit Fach Chemie konnten im Zuge einer eigens konzipierten Seminarreihe mit Schwerpunkt Förderung von Bewertungskompetenzen von Schüler*innen im Chemieunterricht sensibilisiert werden, diese Aufgabe in Zukunft verstärkt verfolgen zu wollen. In diesem Zusammenhang bringt die Interventionsgruppe zum Ausdruck, dass sie sich aktuell verstärkt mit dieser Thematik beschäftigen (Aktualität), und dass sie sich bereits jetzt im signifikant höherem Maße mit der Frage auseinandersetzen, wie es ihnen gelingen könnte, die vielseitigen und zeitlich durchaus konkurrierenden Herausforderungen, die mit der Implementation der nationalen Bildungsstandards einhergehen, zu meistern.

(Ausgewählte) Literatur

Alfs, N., Heusinger von Waldegge, K., & Hößle, C. (2012). Bewertungsprozesse verstehen und diagnostizieren. *ZISU, 1*(1), 83–112.

Böse, S., Neumann, M., Becker, M., Maaz, K., & Baumert, J. (2018). Kooperationsbereit oder Innovationsgegner? Schulleiterprofile im Kontext der Implementation von Schulreformen. *ZfE, 21*(6), 1157–1186.

Bolte, C. (2003). Chemiebezogene Bildung zwischen Wunsch und Wirklichkeit – Ausgewählte Ergebnisse aus dem zweiten Untersuchungsabschnitt der curricularen Delphi-Studie Chemie. *ZfDN, 9*, 27-42.

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. 51-63. Verfügbar unter http://nfsun.org/wp-content/uploads/2018/05/NFSUN_PROCEEDINGS_2017-Final-1.pdf - (2020-08-20)

Bolte, C., & Kirschenmann, B. (2010). Förderung von Urteilskompetenz im Chemieunterricht. In D. Höttecke, (Hrsg.), *Entwicklung naturwissenschaftlichen Denkens zwischen Phänomen und Systematik* (74-76). Münster: Lit-Verlag.

Bolte, C., & Schneider, V. (2014). Chemistry in Projects (ChiP) – An Evidence-based Continuous Professional Development Programme and its Evaluation Regarding Teacher Ownership and Students Gains. In: C. Bolte, J. Holbrook, R., Mamlok-Naaman, & F. Rauch, (Eds.). *Science Teachers' Continuous Professional Development in Europe. Case Studies from the PROFILES Project* (pp. 220-230). Berlin: Freie Universität Berlin (Germany) / Klagenfurt: Alpen-Adria-Universität Klagenfurt (Austria).

Bolte, C., & Schulte, T. (2014). Wünschenswerte naturwissenschaftliche Bildung im Meinungsbild ausgewählter Experten. *MNU, 67*(6), 370-376.

Coburn, C. E. (2003). Rethinking scale: moving beyond numbers to deep and lasting change. *Educational Researcher, 32*(6), 3-12.

Fullan, M.G. (2000). The return of large-scale reform. *Journal of Educational Change, 1*, 5-28.

George, A. A., Hall, G. E., & Stiegelbauer, S. M. (2008). *Measuring Implementation in Schools: The Stages of Concern Questionnaire* (2nd ed.) Austin: Southwest Educational Development Laboratory.

Hall, G. E., & Hord, S.M. (2011). *Implementing change: Patterns, principles, and potholes* (3rd ed.). London: Pearson Education.

KMK (2005). *Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss.* München: Luchterhand.

Kirschenmann, B., & Bolte, C. (2006). ParIS-Berlin: Bioenergien als Ausgangspunkt für sachgerechtes Urteilen. In A. Pitton (Hrsg.), *Lehren und Lernen mit neuen Medien (323-325).* Münster: Lit-Verlag.

Kwok, P.-W. (2014). The role of context in teachers' concerns about the implementation of an innovative curriculum. *Teaching and Teacher Education, 38*, 44–55.

Menthe, J., Höttecke, D., Zabka, T., Hammann, M., & Rothgangel, M. (2016). *Befähigung zur gesellschaftlichen Teilhabe. Beträge der fachdidaktischen Forschung*. Münster: Waxmann.

Mrochen, M., & Höttecke, D. (2012). Einstellungen und Vorstellungen von Lehrpersonen zum Kompetenzbereich Bewertung der Nationalen Bildungsstandards. *ZISU, 1*(1), 113–145.

Oerke, B. (2012). Auseinandersetzung der Lehrpersonen mit der Einführung des Zentralabiturs: Stages of Concern. In K. Maag Merki (Hrsg.), *Zentralabitur – Die längsschnittliche Analyse der Wirkungen der Einführung zentraler Abiturprüfungen in Deutschland* (207-236).Wiesbaden: VS.

Pant, H. A., Vock, M., Pöhlmann, C., & Köller, O. (2008). Offenheit für Innovationen. Befunde aus einer Studie zur Rezeption der Bildungsstandards bei Lehrkräften und Zusammenhänge mit Schülerleistungen. *ZfPäd, 54*(6), 827-845.

Pöhlmann, C., Pant, H. A., Frenzel, J., Roppelt, A., & Köller, O. (2014). Auswirkung einer Innovation auf die Auseinandersetzung und Arbeit mit Bildungsstandards bei Mathematik-Lehrkräften. *ZfE, 17*, 113–133.

Schneider, V., Bolte, C., & Krischer, B. (2015). Stages of Concerns gegenüber Sprachsensiblen Fachunterricht. In S. Bernholt (Hrsg.), *Heterogenität und Diversität – Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen* (639-641). Kiel: IPN Kiel.

Schneider, V., Schürmann, A., & Bolte, C. (2014). Professionsbezogene Einstellungen von Studierenden des Grundschullehramts zum Fach Integrierte Naturwissenschaften. In S. Bernholt (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht* (426-428). Kiel: IPN Kiel.

Schneider, V., & Bolte, C. (2013). Stages of Concerns angehender Chemielehrer/innen hinsichtlich IBSE Unterricht. In S. Bernholt (Hrsg.). *Inquiry-based learning – Forschendes Lernen.* (197-199). Kiel: IPN Kiel.

Teerling, A., Bernholt, A., Asseburg, R., Hasl, A., Igler, J., Schlitter, T., Ohle-Peters, A., McElvany. N., & Köller, O. (2018). Affektiv-kognitive Auseinandersetzung mit einer Innovation im Implementationsprozess – Eine modellbasierte Erfassung. *Psychologie in Erziehung und Unterricht, 66*, 33–55.

Teerling, A., & Köller, O. (2019). Implementationsprozesse in Schulen: Herausforderungen und Perspektiven. *Psychologie in Erziehung und Unterricht, 66*, 3–5.

Melanie Renner[1]
Claudia Haagen-Schützenhöfer[1]

[1]Universität Graz

Vorstellungen von Physik-Lehramtsstudierenden zu Sprache im Physikunterricht

Theoretischer Hintergrund und Ziel dieser Studie

Nicht nur in den österreichischen Lehrplänen der Sekundarstufe 1 und 2, sondern auch in zahlreichen fachdidaktischen Publikationen (vgl. Schmölzer-Eibinger, 2013) wird der enge Zusammenhang zwischen Sprache und Lehr- & Lernprozessen betont. Gleichzeitig sehen jedoch Lehrkräfte ihre Aufgabe zur Sprachförderung im Physikunterricht eher kritisch (vgl. Tajmel, 2017). Um den Physik-Lehramtsstudierenden (fachbezogene) Sprachhandlungskompetenz in der Lehramtsausbildung zu vermitteln, wurde im Entwicklungs-Verbund Süd-Ost-Österreich (EVSO) ein verpflichtendes Modul zur durchgängigen Sprachbildung implementiert (vgl. Renner & Haagen-Schützenhöfer, 2020). Für die Entwicklung von entsprechenden Lernarrangements ist gemäß dem ERTE-Modell nach van Dijk & Kattmann (2006) u.a. die Kenntnis der Wissens- & Einstellungsbasis der Studierenden nötig. In Anlehnung an Markic und Eilks (2007) werden unter Einstellungen und Vorstellungen Wissenselemente sowie auch Erfahrungen und Ansichten verstanden, die sowohl die Wahrnehmung der Umwelt als auch das Handeln von Lehrkräften bzw. Lehramtsstudierenden beeinflussen. Diese Vorstellungen werden häufig bereits in der Schulzeit auf Basis eigener Erfahrungen gebildet und können auf neue Informationen in späteren Lernumgebungen wie eine Art Filter wirken oder diese gar transformieren (vgl. Goodman, 1988). Somit ist das Ziel dieser explorativen Studie, Vorstellungen von Physik-Lehramtsstudierenden zu Sprachsensibilität und zur Relevanz von Sprache für Lehr- und Lernprozesse im Physikunterricht zu erforschen.

Untersuchungsdesign

Um ein möglichst breites Spektrum an Vorstellungen von Physik-Lehramtsstudierenden zu erhalten, werden semistrukturierte Leitfadeninterviews mit Studierenden unterschiedlichen Geschlechts, Studienfortschritts, Zweitfachs, Herkunft etc. durchgeführt. Dabei werden die Studierenden zu ihrer eigenen Sprachbiographie bzw. ihrem selbst wahrgenommenen Sprachverhalten, ihren Vorstellungen zur Relevanz von Bildungssprache und anderen Registern im Physikunterricht sowie zur Bedeutung von Sprache allgemein für Lern- und Bildungsprozesse befragt. Die Audioaufnahmen der Interviews werden transkribiert und computerunterstützt mit der Software MAXQDA analysiert. Der Forschungsprozess erfolgt gemäß der Methodologie der Grounded Theory zirkulär. Das bedeutet, dass Daten von ProbandInnen nacheinander erhoben und analysiert werden. Darauf basierend werden Hypothesen gebildet, welche im Sinne einer größtmöglich angestrebten Varianz und Breite dann wiederum die Auswahl der ProbandInnen für den nächsten Fall beeinflussen.
Bisher wurden Interviews mit 7 Studierenden (4 weiblich, 3 männlich) durchgeführt und ausgewertet. Neben dem Unterrichtsfach Mathematik, welches 3 Studierende zusätzlich zu Physik gewählt haben, finden sich auch Studierende mit den Zweitfächern Biologie, Deutsch (2 Studierende) und Chemie in der Stichprobe. Die ProbandInnen befinden sich zwischen dem

2. Semester (also noch vor der ersten Lehrveranstaltung aus der Physikdidaktik) und dem 13. Semester (kurz vor Abschluss des Studiums).

Vorstellungen von Studierenden zur Beziehung von Fach- und Sprachlernen
Bei den Ergebnissen der bisher ausgewerteten Interviews zeigt sich ein gering ausgebildetes Bewusstsein für die enge Verbindung von Sprache und Inhalten im Fachunterricht.
In Bezug auf das Verhältnis zwischen Fach- und Sprachlernen haben sich in der vorliegenden Stichprobe bisher drei zentrale Vorstellungsmuster herauskristallisiert:

1) Fehlendes Problembewusstsein
Die Probanden mit diesem Vorstellungsmuster sehen Sprache im Kontext von Vermittlungsprozessen als nichts per se Problemgenerierendes solange die für Vermittlung genutzte Sprache die Erstsprache der SchülerInnen ist bzw. die SchülerInnen diese Sprache gut beherrschen: *„In Physik, weiß ich nicht, die griechischen Buchstaben, wenn man die nicht unbedingt weiß und dann irgendwann aufgeschmissen ist, weil man nicht weiß wie sie untereinander ausschauen. Aber ansonsten Sprache…(.) nein, eigentlich nicht.“ (P3)*

2) Entkoppelte Inhalts- und Sprachvermittlung
Dieses zweite Vorstellungsmuster zeichnet sich dadurch aus, dass von den SchülerInnen (im Vorhinein) eine sprachliche Barriere (überwiegend gegeben durch Fachbegriffe) überwunden werden muss, um sich in weiterer Folge auf den Fachinhalt konzentrieren zu können. Dabei wird die Inhaltsvermittlung weitgehend vom Erwerb fachsprachlicher Kompetenzen entkoppelt. Die Studierenden mit dieser Vorstellung sind der Ansicht, dass zuerst Fachbegriffe gelernt bzw. verstanden werden müssen, bevor sich die SchülerInnen auf den Fachinhalt konzentrieren können. Weitere Charakteristika von Fach- bzw. Bildungssprache, die problematisch für SchülerInnen sein könnten, wie etwa Passivkonstruktionen, Präfix- und Partikelverben, etc. werden nicht genannt.
„Ja da, also es muss fast eine eigene Sprache gelernt werden für den Physikunterricht. Also der Lehrer sollte einmal am Anfang schon ein bisschen Zeit verbringen, den Schülern die Begriffe beibringen, die er im Unterricht verwenden wird, weil wenn man die Begriffe eben, die dann fachspezifisch das genau erklären, verwendet, kann man finde ich den Unterricht besser gestalten als wenn man da versucht immer diese ganze Begriffe keine Ahnung was, Spannung oder sowas, zu erklären oder zu umschreiben, anstatt dass ich einfach den Begriff verwende.“ (P6)
„und dann muss man wirklich nachdenken ‚ok was heißen jetzt die einzelnen Wörter‘ und dann muss man ja noch verstehen, ‚ok wie funktioniert das jetzt überhaupt‘“(P4).

Unterschiedliche Ausformungen bezüglich dieser Vorstellung zeigen sich jedoch in der geplanten praktischen Umsetzung bzw. dem Umgang mit (Fach-) Sprache im Unterricht.
Proband 6 vertritt die Position, dass am Anfang des Physikunterrichts (oder eines Teilgebietes) Fachbegriffe wie Vokabel gelernt werden müssen, damit der Schüler/die Schülerin in weiterer Folge dem Unterricht problemlos folgen kann. Dabei impliziert er einerseits, dass es egal ist, wie die Unterrichtssprache gestaltet ist, solange die Fachbegriffe von den SchülerInnen verstanden werden. Andererseits stellt er das Besprechen von Fachbegriffen vor die inhaltliche Auseinandersetzung eines physikalischen Teilgebietes und impliziert dabei, dass die SchülerInnen ab diesem Zeitpunkt diese Begriffe für den folgenden Unterricht, in dem es um die Vermittlung des Inhalts gehen soll, beherrschen (in der Annahme, dass der Input gleich dem Output entspricht). Dieses geplante Vorgehen wird mit einer dadurch möglichen

„besseren“ Gestaltung des Unterrichts begründet. In Bezug auf die allgemeine Bedeutung von Sprache für Lehr- und Lernprozesse gibt er an, dass Sprache, sofern man gut damit umgehen könne, die Möglichkeit biete, „*Themen von anderen Blickwinkeln her besser [zu] beschreiben anstatt dass man sich nur an ein Schema haltet, das man halt irgendwo gelernt hat vielleicht und man es halt selbst so erfahren hat in der Schule“ (P6).* Gleichzeitig misst er der Thematisierung von Sprachsensibilität bzw. der Schulung sprachaufmerksamer Kompetenzen durch Lehrveranstaltungen im Zuge des Lehramtsstudiums keinerlei Wichtigkeit bei, da er davon überzeugt ist, dass derartige Fähigkeiten und Fertigkeiten mit Eintritt in das Studium bereits vorhanden seien oder ansonsten in fachdidaktischen Lehrveranstaltungen auch nicht erworben würden.
Eine andere Ausprägung zeigt sich hingegen bei Proband 1, der sich im Vergleich zu P6 durchaus der Problematik bewusst ist, dass auch durch lange Sätze oder „schwierige“ Wörter Verständnisprobleme entstehen können. Diese Hürde versucht er den SchülerInnen abzunehmen, indem er kurze und einfache Sätze formuliert, da *„es beim Physikunterricht ja nicht so sehr um die Sprache geht (.) gehen soll. Also dass man Sätze versteht oder halt komplexe Sprache versteht sondern da geht es um den Inhalt!“ (P1).* Wie auch P6 sieht er Sprache nicht als Mittel zur Konstruktion von Wissen, sondern für ihn hat Sprache eine reine Transportfunktion für Fachinhalte. Es zeigt sich bei ihm ein fehlendes Zuständigkeitsgefühl zur Förderung von fach- & bildungssprachlichen Kompetenzen. Seinen Beitrag zum Bildungsspracherwerb der SchülerInnen sieht er hauptsächlich darin, diese darauf hinzuführen, vollständige Sätze zu formulieren.

3) Komplexe Fachinhalte durch leichte Sprache verständlich vermitteln

In diesem Vorstellungsmuster der Studierenden liegt der Fokus zum Thema Sprache auf Unterrichtserklärungen der Lehrperson: *„Eine erklärende Rolle. Sehr in Bezug auf damit komplizierte Fachinhalte so gut wie möglich beigebracht werden und nicht nur durch Übungen sondern auch durch leichte Erklärungen.“ (P5)*
Sie sehen in der Anpassung der Sprache an die SchülerInnen den alleinigen Schlüssel, um komplexe Fachinhalte verständlich und schülergerecht zu vermitteln. Zwei ProbandInnen nennen dafür konkret das Finden von „richtigen“ Wörtern: *„(…) nicht in der argen Fachsprache mit den komplexen Begriffen, Ausdrücken und Definitionen, sondern dass der Lehrer das so umbaut, auch vielleicht die guten Synonyme findet, dass es verständlich und schülergerecht vermittelt wird.“ (P7)*
So wird das Erklären schwieriger Themen auf die Sprachebene, z.B. auf Formulierungen reduziert, ohne auf die fachliche Elementarisierung einzugehen.

Gemeinsame Vorstellungen

Die Gestaltung der Sprache im Unterricht wird von den befragten Studierenden normativ festgelegt, was sich in vielen Formulierungen wie „du sollst schön sprechen“, „du sollst nicht die arge Fachsprache verwenden“ etc. widerspiegelt. Außerdem zeigen sich große Unsicherheiten in der Definition bzw. Widersprüche in der Verwendung der Begriffe Bildungs- und Fachsprache, wobei letztere von den ProbandInnen meist mit Fachbegriffen gleichgesetzt wird. Die bereits beschriebene Transportfunktion von Sprache für die Vermittlung von Inhalt zeigt sich in allgemeinerer Form bei allen bisher erhobenen Probanden. Ein implizites Ziel stellt für sie eine einfachere bzw. hindernislose Transmission von Wissen dar, wobei Sprache dabei je nach ihrer Gestaltung selbst ein Hindernis oder auch eine Erleichterung für diesen Weg darstellen kann. Hauptsächlich wird Sprache jedoch als erschwerender Faktor gesehen, während kaum positive Aspekte oder Chancen durch sprachsensiblen Physikunterricht genannt werden.

Literatur

Goodman, J. (1988). Constructing a practical philosophy of teaching. A study of preservice teachers' professional perspectives. In: Teaching and teacher education 4 (2), S. 121–137.

Markic, S. & Eilks, I. (2007). Vorstellungen von Lehramtsstudierenden der Physik über Physikunterricht zu Beginn ihres Studiums und ihre Einordnung. In: PhyDid A-Physik und Didaktik in Schule und Hochschule 2 (6), S. 31–42.

Renner, M. & Haagen-Schützenhöfer, C. (2020). Fallstudie: Beliefs von LA-Studierenden zu Sprache im Physikunterricht. In: S. Habig (Hg.), Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung in Wien 2019.

Schmölzer-Eibinger, S. (2013). Sprache als Medium des Lernens im Fach. In: M. Becker-Mrotzek, K. Schramm, E. Thürmann und H. Vollmer (Hg.), Sprache im Fach. Sprachlichkeit und fachliches Lernen. Münster, New York, München, Berlin: Waxmann (Fachdidaktische Forschungen, Band 3), S. 25–40.

Tajmel, T. (2017). Naturwissenschaftliche Bildung in der Migrationsgesellschaft. Grundzüge einer Reflexiven Physikdidaktik und kritisch-sprachbewussten Praxis. Wiesbaden: Springer-VS.

van Dijk, E. M., & Kattmann, U. (2006). A research model for the study of science and teachers' PCK and improving teacher education. Teaching and Teacher Education, 23, 885-897

Katharina Flieser[1]
Karsten Rincke[1]

[1]Universität Regensburg

Textwahrnehmung im Fach Physik: Einflussfaktoren auf die wahrgenommene Verständlichkeit physikalischer Sachtexte

Motivation

Der Umgang mit schriftlichem Textmaterial ist ein zentraler Teil des Unterrichts aller Fächer und Klassenstufen. Während Schüler*innen in der Primarstufe lernen zu lesen, wird von Lernenden in der Sekundarstufe vielmehr erwartet, dass sie lesen um zu lernen. Jedoch wirft diese Anforderung erfahrungsgemäß diverse Probleme auf: Die Fachlehrkräfte fühlen sich erstens aufgrund fehlender entsprechender Ausbildung weder aufgefordert noch fähig, die Schüler*innen beim Bewältigen von schriftlichem Material zu unterstützen (Holliday & Cain, 2012, S. 1407). Zweitens stellt die in den Texten der einzelnen Fächer verwendete Fachsprache für die Schüler*innen eine gewisse Herausforderung dar (Patterson, 2018, S. 296; Heine et al., 2018, S. 70). Drittens sollen die Schüler*innen simultan zunehmend komplexes Faktenwissen erwerben und immer größere Erwartungen an ihre Lese- und Schreibkompetenzen erfüllen (Fang 2006, S. 491). Neben alledem – oder womöglich unter anderem deswegen? – nimmt die Lesefreude von Schüler*innen der Sekundarstufe im Vergleich zur Primarstufe merklich ab (für eine zusammenfassende Darstellung dieser Ergebnisse der PISA- und der TIMSS-Studie s. Lenhard, 2013, S. 50).

Es ist also Anlass geboten, Schüler*innen insbesondere der Sekundarstufe beim verstehenden Lesen zu unterstützen. Dabei bietet das Zusammenspiel von Lehrenden, Lehrtext und Lernenden bei der Wissensvermittlung anhand von Texten mehrere Ansatzmöglichkeiten (z.B. Groeben, 1978, S. 2f.).

Das hier vorgestellte Forschungsvorhaben fokussiert die Interaktion von Text und Lesenden; genauer: die Wahrnehmung physikalischer Sachtexte hinsichtlich ihrer Verständlichkeit. Es wurden dazu auf Basis bestehender Theorien Merkmale, welche die Verständlichkeit von Sachtexten beeinflussen, identifiziert und anwendungsorientiert geordnet. Zum Zweck einer physikspezifischen Anpassung wurden insbesondere Aspekte berücksichtigt, die als typisch für naturwissenschaftliche Texte gelten.

Textverständlichkeit im Interesse der Didaktik

Die didaktische Optimierung von Texten verfolgt zwei Ziele: Ein erstes Ziel bezieht sich auf den Umgang mit Fachtexten als wesentlicher Bestandteil naturwissenschaftlichen Arbeitens (Holliday & Cain, 2012, S. 1405). Da es explizit zu den prozessbezogenen Kompetenzen im Fach Physik gehört, dass sich Schüler*innen erfolgreich mit Fachtexten auseinandersetzen können und fachbezogen kommunizieren können (s. z.B. KMK, 2020), darf es der Unterricht in den Naturwissenschaften nicht versäumen, die Schüler*innen an die Bewältigung von Fachtexten heranzuführen.

Auf der anderen Seite steht das inhaltlich orientierte Ziel, den Wissenserwerb optimal zu unterstützen. Dabei rückt der Lerngegenstand selbst ins Blickfeld sowie die kognitiven und motivationalen Aspekte des Lernerfolgs.

Auf kognitiver Seite geht es um die Vermittlung von Wissen. Das *Construction-Integration-Model* von Walter Kintsch und Teun van Dijk (Kintsch, 1998; s. auch Lenhard, 2013, S. 20f.) beschreibt gelingendes Textverstehen anhand zweier Prozesse: Zunächst wird neues Wissen konstruiert, indem Textinhalte gespeichert und mit eigenem Vorwissen angereichert und verknüpft werden. In der Integrationsphase entsteht ein Situationsmodell (auch: mentales Modell, s. z.B. Schnotz, 1994), welches ein kohärentes, sinngemäßes, aber nicht wortwörtliches Abbild der Textinformationen enthält. Ein Vergleich dieses mentalen Modells mit den Informationen, die der*die Textverfasserin vermitteln möchte, entscheidet darüber, ob ein*e Leser*in den Text verstanden, missverstanden oder nicht verstanden hat (Schnotz, 1994, S. 32f.). Verstehendes Lesen bedeutet also, Bedeutungsinhalte aus dem Text mental so zu rekonstruieren, dass der Gegenstand adäquat in Form eines mentalen Modells repräsentiert wird.

Dieser Auffassung von Lesen als aktivem Prozess trägt der Begriff der Lesekompetenz insofern Rechnung, als dass er insbesondere die Disposition der Schüler*innen zur Bewältigung text- und lesebezogener Anforderungen umfasst (Artelt et al., 2005, S. 11). Zu den Erfolgskriterien tritt somit eine motivationale Komponente hinzu. Entsprechend stellt Lenhard (2013, S. 46) fest, dass der Lesekompetenzbegriff „im Gegensatz zum Leseverständnis motivationale und affektive Aspekte explizit mit einbezieht (Psychologie) oder den wechselseitigen Prozess der Auseinandersetzung mit dem Text in einem sozialen Kontext (Literaturwissenschaften) bezeichnet“. Für die hier verfolgten didaktischen Ziele wird eine solche Sichtweise auf die Motivation eingenommen, die die Motivation der Lernenden als situations- und zielabhängig beschreibt. Ein Rahmenkonzept von Andreas Krapp zur Lernmotivation spricht in diesem Zusammenhang von der aktualisierten Lernmotivation, welche unter anderem unmittelbaren Einfluss auf den Wissenserwerb habe (Krapp, 1993, S. 190 f.). Aus dieser Perspektive heraus zeigt sich die Wahrnehmung von Unterrichtsmaterial, in diesem Fall ein physikalischer Sachtext, als probates Mittel, um Einfluss auf den Lernerfolg der Schüler*innen zu nehmen. Überforderung mit dem Textmaterial und damit verbundener Frust ist zu vermeiden; der Text soll verständlich auf die Schüler*innen wirken.

Forschungsinteresse

Die Textverständlichkeitsforschung verfolgt im Allgemeinen verschiedene Ziele: Langer, Schulz von Thun und Tausch (2010) versprechen sich z.B. eine kognitive Entlastung der Leser*innen durch *maximale sprachliche Vereinfachung*, bei Groeben (1978) soll ein *optimiertes Maß an Verständlichkeit* dem maximalen Lernerfolg dienen und Wild & Schilcher (2019) fordern eine *angepasste Textbeschaffenheit* um die Lesekompetenz zu fördern. Ausgehend von der These, dass gemäß dem interaktiven Charakter des Verstehensprozesses beim Lesen zwischen den Bedingungen an der Textoberfläche (sogenannte sprachliche Mittel) und den o.g. Zielsetzungen eine Ebene der Wahrnehmung liegt, fokussiert dieses Forschungsvorhaben die Wirkung von sprachlichen Textveränderungen auf die wahrgenommene Textverständlichkeit anhand folgender Forschungsfragen:

- Inwiefern beeinflussen sprachliche Mittel das Urteil von Schüler*innen hinsichtlich einzelner Kategorien der Textwahrnehmung?
- Inwiefern nehmen einzelne Kategorien der Textwahrnehmung Einfluss auf das globale Urteil der Schüler*innen über die Verständlichkeit des Textes?



Abb. 1: Modellierung der Textwahrnehmung

Die Studie wird mit Schüler*innen der Mittelstufe an bayerischen Gymnasien und Realschulen im Fach Physik durchgeführt. Das heißt, es ist von Adressaten*innen mit vorhandenen basalen Lesefertigkeiten auszugehen, bei denen die sinngemäße Rezeption von Bedeutungsinhalten gegenüber der wortwörtlichen Textrezeption dominiert (*Verbatim-Gist-Shift*, Lenhard, 2013, S. 39). Indem darüber hinaus besonderes Augenmerk auf den Einfluss fachsprachlicher Textmerkmale gelegt wird, wird die Gültigkeit und Anwendbarkeit der Ergebnisse in der Praxis naturwissenschaftlichen Unterrichts gesichert.

Studiendesign

Ausgehend von Theorien zur allgemeinen Textverständlichkeit (z.B. Groeben, 1974, Langer et al., 2010, Göpferich, 2002) und von naturwissenschaftsspezifischen Forschungsergebnissen zum Textverstehen wurde eine Strukturierung der Merkmale für Textverständlichkeit gewonnen. Von Seiten der Naturwissenschaften dienen Arbeiten hinsichtlich fachsprachlicher und schwierigkeitserzeugender Merkmale von Fachtexten oder Sachaufgaben als wichtige Informationsquellen (z.B. Kernen et al., 2012, Heine et al., 2018, und Härtig et al., 2019). Es wurden in einer umfassenden Literaturrecherche konkrete Textoberflächenaspekte identifiziert (sprachliche Mittel), die in der Studie als Stellschrauben für die Erstellung sprachlich verschiedener, aber inhaltsgleicher Sachtexte dienen. Damit werden verschiedene Versionen eines Sachtextes zum Thema *elektrische Spannung* erstellt. Andererseits wurden diverse Kategorien der wahrgenommenen Verständlichkeit ausgemacht, welche für die Studie das Gerüst für einen Rating-Fragebogen bilden. Ausgehend von Korrelationen zwischen den Textversionen und dem Antwortverhalten der Schüler*innen im Wahrnehmungsfragebogen, soll Einsicht in die Frage gewonnen werden, welche sprachlichen Textveränderungen zu welchen Wirkungen bei den Leser*innen führen. Die Zusammenhänge, die sich wiederum zwischen den sprachlichen Veränderungen und dem Globalurteil zeigen, sollen Aufschluss darüber geben, welche sprachlichen Mittel für die Gestaltung eines verständlichen Texts eine Rolle spielen. Zuletzt ist auch eine Analyse der Zusammenhänge zwischen Globalurteil und Rating der differenzierten Wahrnehmungskategorien interessant, um einzusehen, welche Wahrnehmungskategorien der Textverständlichkeit den Gesamteindruck, den Schüler*innen von einem physikalischen Sachtext haben, maßgeblich beeinflussen.

Die differenzierte Sichtweise auf die Wahrnehmung physikalischer Sachtexte stellt einen aussichtsreichen Ausgangspunkt für genauere Einblicke in den Textverstehensprozess dar. Zu oft treten die erwarteten Verstehenseffekte auf Grundlage sprachlicher Variationen nicht ein (z.B. Starauschek, 2006, Härtig et al., 2019). Daher schenkt das hier skizzierte Vorhaben der Wahrnehmungsebene beim Textverstehen besondere Aufmerkamkeit.

Literatur

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. In: Bildungsreform, Band 17, BMBF - Referat Publikationen; Internetredaktion (Hrsg.). Bonn, Berlin

Fang, Z. (2006). The Language Demands of Science Reading in Middle School. International Journal of Science Education, 28 (5), 491-520

Göpferich, S. (2002). Textproduktion im Zeitalter der Globalisierung – Entwicklung einer Didaktik des Wissenstransfers. Tübingen: Stauffenburg

Groeben, N. (1978). Die Verständlichkeit von Unterrichtstexten – Dimensionen und Kriterien rezeptiver Lernstadien. Münster: Aschendorff

Härtig, H., Fraser, N., Bernholt, S. & Retelsdorf, J. (2019). Kann man Sachtexte vereinfachen? – Ergebnisse einer Generalisierungsstudie zum Textverständnis. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 25, 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. Zeitschrift für Angewandte Linguistik, 69, 69-96

Holliday, W. G. & Cain, S. D. (2012). Teaching Science Reading Comprehension: A Realistic, Research-Based Approach. In: B. J. Fraser et al. (Eds.), Second International Handbook of Science Education. Springer International Handbooks of Education, 24, 1405-1417

Kernen, N., Riss, M., Lindauer, T. & Schmellentin, C. (2012). Textschwierigkeiten in Lehrmitteln für den naturwissenschaftlichen Unterricht in der Sekundarstufe I – Eine Analyse von der Pädagogischen Hochschule FHNW Zentrum Lesen

Kintsch, W. (1998). Comprehension: A paradigm for cognition. New York: Cambrige University Press.

Krapp, A. (1993). Die Psychologie der Lernmotivation. Zeitschrift für Pädagogik, 39, 187-206

Langer, I., Schulz von Thun, F. & Tausch, F. (2010). Sich verständlich ausdrücken. München: Reinhardt

Lenhard, W. (2013). Leseverständnis und Lesekompetenz – Grundlagen – Diagnostik – Förderung. A. Gold, C. Rosebrock, R. Valtin & R. Vogel (Hrsg.), Lehren und Lernen. Stuttgart: Kohlhammer

Patterson, Al, Roman, D., Friend, M., Osborne, J. & Donovan, B. (2018). Reading for meaning: The foundational knowledge every teacher of science should have. International Journal of Science Education, 40 (3), 291-307

Schnotz, W. (1994). Aufbau von Wissensstrukturen – Untersuchungen zur Kohärenzbildung bei Wissenserwerb mit Texten. D. Frey, E.-D. Lantermann, R. K. Silbereisen & B. Weidenmann (Hrsg.), Fortschritte der pschologischen Forschung, Bd. 20. Weinheim: Beltz, Psychologie-Verl.-Union

Starauschek, E. (2006). Der Einfluss von Textkohäsion und gegenständlichen externen piktoralen Repräsentationen auf die Verständlichkeit von Texten zum Physiklernen. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 12, 127-157

Wild, J. & Schilcher, A. (2018). Das Regensburger Analysetool für Texte – RATTE. In: A. Peter-Wehner & F. Krichner (Hrsg.), Sprachschätze. Materialsammlung. Halle (Saale): o.V.

Internetquellen

KMK (2020). Bildungsstandards im Fach Physik für die Allgemeine Hochschulreife (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 18.06.2020), unter: https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2020/2020_06_18-BildungsstandardsAHR_Physik.pdf [Zugriff am 28.10.2020]

Michel Noethlichs[1] [1]ZfsL Leverkusen
Benjamin Niehs[2] [2]Europaschule Bornheim
Alexander Strahl[3] [3]Universität Salzburg
Andre Bresges[4] [4]Universität zu Köln

Zusammenarbeit über alle Phasen der Lehrausbildung

Die Lehrerausbildung setzt sich im Grunde aus zwei Phasen zusammen. Zunächst widmen sich die Studierenden dem Physiklehramtsstudium, welches selbst in zwei Phasen unterteilt ist – dem Bachelor- und Masterstudium. In der zweiten Phase der Lehrerausbildung werden die Studierenden dann in den Vorbereitungsdienst entlassen. Im Vorbereitungsdienst werden die Lehramtsanwärterinnen und Lehramtsanwärter (LAA) nun durch eine Schule in der Praxis und den entsprechenden ZfsL´s (Zentrum für schulpraktische Lehrerausbildung) durch das Referendariat begleitet, ausgebildet und anhand ihrer erworbenen Kompetenzen von allen an der Ausbildung beteiligten Institutionen bewertet. Aus diesem Grund erscheint eine Zusammenarbeit der entsprechenden Institutionen über die zwei Phasen der Lehrausbildung als ein vielversprechender Ansatz, um eine stärkere Verknüpfung der in den verschiedenen Phasen erworbenen Inhalte und Kompetenzen auf Seite der zukünftigen Physiklehrenden zu unterstützen. So hat sich ein internationales Forscherteam bestehend aus zwei Lehrstuhlinhabern für Physik und ihre Didaktik von der Universität zu Köln (André Bresges), der Universität Salzburg (Alexander Strahl), dem Doktoranden, Mentor und Fachvorsitzenden für Physik (Benjamin Niehs) an der Gesamtschule Bornheim und dem Doktoranden und

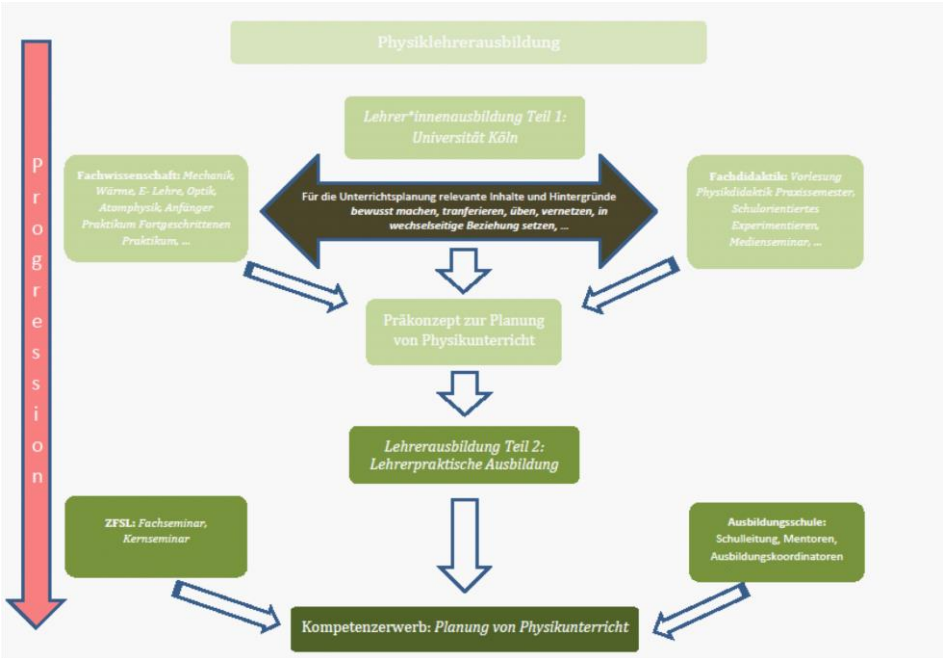


Abb. 1 Kompetenzentwicklung der Unterrichtsplanung

Fachleiter für Physik (Michel Noethlichs) des ZfsL´s in Leverkusen zusammengefunden, um die verschiedenen Phasen der Lehrerausbildung zu verknüpfen und zu untersuchen.

Die Kompetenzentwicklung der Unterrichtsplanung im Praxissemester der Physik am Beispiel des Storytelling

Nach Hertel (Großmann & Hertel 2014) erscheint der Physikunterricht in Deutschland immer noch eines der unbeliebtesten Unterrichtsfächer zu sein, was Hertel unter anderem daran festmacht, dass der Physikunterricht zu stark an der durch die LAA´s im Studium erworbene Hochschulphysik orientiert ist. Abgeleitet aus den obigen Erkenntnissen erscheint die Kompetenz, Physikunterricht zu planen und didaktisch aufzubereiten als gewinnbringende Maßnahme, um Physikunterricht nachhaltig, verknüpfend, lebensnah und authentisch für die Lernenden aufzubereiten (Vogelsang, C. & Riese, J. 2017). Als eine Lösung für dieses Problem kann unter anderem der kontextorientierte Unterricht betrachtet werden (Nawrath 2010). Doch wo wird die Kompetenz, *Unterricht didaktisch aufzubereiten* in welchem Maße erworben und welchen Beitrag liefern gerade die ersten beiden Phasen der Lehrerausbildung für diesen Kompetenzerwerb? Um diese Frage zu beantworten, erscheint es zweckmäßig das Praxissemester im Studium zu untersuchen. Dies erfolgt unter dem Kontext des Storytelling in einer Interventionsstudie über das Based Research Design.

Hier soll er Frage nachgegangen werden:

Inwiefern nimmt das Storytelling als Planungsansatz im Bereich der fachdidaktischen Konzeption Einfluss auf die Entwicklung der Planungskompetenz bei Lehramtsstudierenden der Physik im Praxissemester?

Die Analyse der gewonnenen Erkenntnisse sollten Aussagen und Optimierungsoptionen ermöglichen, inwiefern das Medienseminar in Kombination mit dem Praxissemester, zum Kompetenzerwerb Unterricht didaktisch aufbereiten zu können, beiträgt.



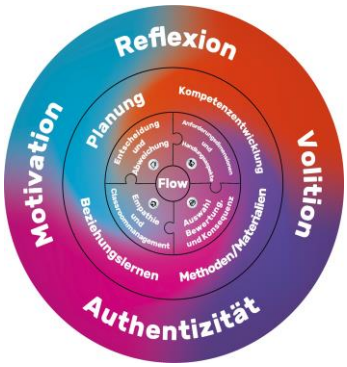
Abb. 2 Das Eisbergmodell – Komponenten des Lehrens in

Die Einflussfaktoren der Resilienz im Lehrberuf. Qualitative Analyse von Unterrichtsreflexionen hinsichtlich des Unterrichtsflows auf Basis der Reflexions-performanz von Lehrenden.

Die Vielzahl an zu erlernenden Inhalten führt für Lehrende im Vorbereitungsdienst häufig zuerst zu einem Praxisschock (Dann, H.-D., Cloetta, B., Müller-Fohrbrodt, G. & Helmreich, R. 1978), dann zu einem Bewertungsdruck (Horstmeyer 2018), und im Lehrberuf zu Schaffenskrisen (Dietrich 2014).

Um Hindernisse im Alltag zu überwinden, streben Lehrende danach ihr Schaffen zu professionalisieren (Wilhelm 2018). Entscheidend hierbei ist die Resilienz für den Lehrerberuf, die bekannterweise mit der Erfahrung zunimmt. Ohne eine angemessene Work-Life-Balance können die hohen Anforderungen an Lehrende nicht auf Dauer oder nur bedingt umgesetzt werden. (Gruhl 2014).

Die zweite Promotion beschäftigt sich mit der Resilienz von Lehrenden.



Resilienz ist die Widerstandsfähigkeit gegenüber von außen einwirkenden als belastend empfundenen Einflüssen (Wirtz, M. & Strohmer 2013). Dies gilt im Besonderen in Verbindung der Resilienz des Lehralltags an Schulen wie im Studium (Kinchin & Winstone 2017). Betrachtet werden in diesem Zusammenhang die Unterrichtsreflexionen von Lehrenden - Diese Reflexionen werden im Wesentlichen aus einem Dual Processing Model of Reasoning (Evans 2003) heraus begründet, welches der Vorarbeit von Josef Leisen () nach-empfunden wurde (Abb.2). In dem Eisberg-Modell wird zwischen zwei Systemen unterschieden. Der obere Teil des Eisbergs beschreibt die von Leisen durch Handeln sichtbare Kompetenzen. Gemeint sind hierbei alle Kompetenzen, die von dem Lehrenden erlernt wurden, welche im Unterricht bei dem Lehren zu sehen sind. In Unterrichtsreflexionen wird vor allem auf diese Kompetenzen eingegangen. Das zweite System im Eisberg ist unterhalb der Wasser-oberfläche zu finden. http://www.lehr-lern-modell.de) entspricht (Abb.2). In dem Eisberg-Modell wird zwischen zwei Systemen unterschieden. Der obere Teil des Eisbergs beschreibt die von Leisen durch Handeln sichtbare Kompetenzen. Gemeint sind hierbei alle Kompetenzen, die von dem Lehrenden erlernt wurden, welche im Unterricht bei dem Lehren zu sehen sind. In Unterrichtsreflexionen wird vor allem auf diese Kompetenzen eingegangen. Das zweite System im Eisberg ist unterhalb der Wasser-oberfläche zu finden.

"*Dual-process theories of thinking and reasoning quite literally propose the presence of two minds in one brain. The stream of consciousness that broadly corresponds to System 2 thinking is massively supplemented by a whole set of autonomous subsystems in System 1 that post only their final products into consciousness and compete directly for control of our inferences, decisions and actions. However, System 2 provides the basis for hypothetical thinking that endows modern humans with unique potential for a higher level rationality in their reasoning and decision-making. (Evans 2003, 458)"*

Die Bereiche unterhalb des Eisbergs werden durch Abbildung 3 veranschaulicht. Alle darin vorkommenden Elemente sind zunächst nicht bzw. nicht vollständig durch bisherige Kompetenzmodelle in den Curricula für Lehrende enthalten. Diese unsichtbaren Kompetenzen der individuellen Lehrperson zeigen die Interdependenz der einzelnen Elemente und werden in Unterrichtsreflexionen bisher nur peripher behandelt. Diese unsichtbare Kompetenzen haben jedoch maßgeblichen Einfluss auf die individuelle Entwicklung des Lehrenden (Ittel & Raufelder 2011). In dem äußeren Ring zu finden sind vier Grundeigenschaften von Lehrenden, welche jede jeweils Einflüsse auf den mittleren Ring und deren Ausdifferenzierungen in den ringförmigen Puzzleteilen haben.

Innerhalb der zweiten Promotion Projektes werden Unterrichtsreflexionen hinsichtlich des Beziehungslernens und der damit verbundenen Empathie untersucht sowie die Beeinflussung der damit vermutlich verbundenen Resilienz hinterfragt.

Durch die qualitative Auswertung von Unterrichtsreflexionen durch Reflexionstransskripte mit dem Programm MAXQDA soll dies überprüft werden. Daraus ergibt sich die konkrete

Fragestellung nach den Zusammenhängen zwischen dem Beziehungslernen und der Resilienz von Lehrenden.
Wie ist es möglich in den praxisorientierten Stadien des Studiums junge Lehramtsstudierende weiterführend zu empathisieren, so dass die Kompetenzentwicklung des Beziehungslernens sich in Unterrichtsreflexionen positiv auf die Resilienz auswirkt?
Hierzu sollen insbesondere Unterrichtsreflexionen von Studierenden der Physik im Praxissemester und Masterstudium untersucht werden:

1. Welche Verbindungen bestehen zwischen der Reflexion des Beziehungslernens von Studierenden des Seminars Vorbereitung zum Praxissemester und der Resilienz? (Qualitative Untersuchung von Stimulus-Recall-Interviews mit Stages Videos des Intus^3 Projektes (Pädagogische Werkstatt der Helga Breuninger Stiftung 2020) von Studierenden des Vorbereitungsseminars via Interviews)
2. Welche Merkmale der Resilienz in Unterrichtsreflexionen von Studierenden im physikalischen Fachpraktikum des Masterstudienganges sind auf das Beziehungslernen zurückzuführen und können zur Vorbereitung auf das Praxissemester und den späteren Lehrberuf genutzt werden? (Qualitative Untersuchung von Interviews von Unterrichtsreflexionen mit Studierendem im Master)

Die Analyse der gewonnenen Erkenntnisse sollten Aussagen und Optimierungsoptionen ermöglichen inwiefern die Lehrausbildung optimiert werden und Fortbildungen für Lehrende gestaltet werden können.

Literatur

Dann, H.-D., Cloetta, B., Müller-Fohrbrodt, G. & Helmreich, R. (1978). *Zum Image von Institutionen: Die Wahrnehmung der Innovationsfähigkeit von Schulen durch angehende Lehrer*, Stuttgart: Klett-Cotta.

Dietrich, F. (2014). *Professionalisierungskrisen im Referendariat*, Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.

Evans, J.S.B.T. (2003). In two minds: dual-process accounts of reasoning. *Trends in cognitive sciences*, *7*(10), 454–459.

Großmann, S. & Hertel, I.V. (2014). Zur fachlichen und fachdidaktischen Ausbildung für das Lehramt Physik.

Gruhl, M. (2014). *Resilienz für Lehrerinnen und Lehrer. Kraft für die Schule und für mich.*, Freiburg (Breisgau): Kreuz.

Horstmeyer, J. (2018). *Personen- und Organisationsmerkmale als Gelingensbedingungen im pädagogischen Vorbereitungsdienst. Eine Sekundäranalyse auf der Grundlage der Pädagogischen Entwicklungsbilanzen an Studienseminaren (PEB-Sem) in Hessen*, Frankfurt, Main.

Ittel, A. & Raufelder, D. (2011). *Lehrer und Schüler als Bildungspartner. Theoretische Ansätze zwischen Tradition und Moderne*, Göttingen: Vandenhoeck.

Kinchin, I.M. & Winstone, N.E. (2017). *Pedagogic Frailty and Resilience in the University*, Rotterdam: Brill | Sense.

Nawrath, D. (2010). *Kontextorientierung Rekonstruktion einer fachdidaktischen Konzeption für den Physikunterricht*. Universität Oldenburg.

Vogelsang, C. & Riese J. (2017). Wann ist eine Unterrichtsplanung gut?- Planungsperformanz in Praxisratgebern zur Unterrichtsplanung. In S. Wernke & K. Ziere (Hrsg.) (47 - 60) Bad Heilbronn. Klinckhardt

Pädagogische Werkstatt der Helga Breuninger Stiftung (2020). intus³ beziehungslernen. https://intushochdrei.de/ (29.10.20).

Wilhelm, T. (Hrsg.) (2018). *Stolpersteine überwinden im Physikunterricht. Anregungen zu fachgerechten Elementarisierungen*, Seelze: Aulis Verlag in Friedrich Verlag GmbH.

Wirtz, M. (Hrsg.) & Strohmer, J. (2013). *Dorsch Lexikon der Psychologie*, Bern: Huber.

Sabine Streller[1] [1]Freie Universität Berlin
Claus Bolte[1]

Fortbildungsbedarf im Fach Naturwissenschaften in Berlin und Brandenburg

Einleitung

Anfang August 2004 haben viele Berliner Lehrer*innen aus der Zeitung erfahren (Berliner Morgenpost 2004), dass mit Beginn des Schuljahres 2004/05 das Fach Naturwissenschaften in den Klassen 5/6 mit 4 Wochenstunden eingeführt wird: ohne Vorbereitungszeit, meist ohne Fachräume und Material, ohne ausgebildete Lehrer*innen, ohne vollständigen Rahmenplan. Als erste Unterstützungsmaßnahmen wurden 2004 Fortbildungsveranstaltungen zu Themen des Rahmenplans angeboten und auch langfristige Fortbildungsreihen eingerichtet (Bolte & Streller, 2006). Erst im laufenden Schuljahr im April 2005 erschien dann der überarbeitete und vollständige Rahmenplan, der gut 10 Jahre Bestand hatte (SenBJS 2005).
Ende 2015 veröffentlichten Berlin und Brandenburg einen gemeinsamen Rahmenplan, der nun auch für Brandenburg die Einführung des Fachs Naturwissenschaften 5/6 zur Folge hatte – aber erst zum Schuljahr 2018/19 für 5. Klassen und 2019/20 für 6. Klassen (GVBI.II §16), also mit mehr als zwei Jahren Vorlauf. In Brandenburg – auch dort gehören die Jahrgangsstufen 5/6 zur Grundschule – ersetzt das Unterrichtsfach Naturwissenschaften die bis dahin obligatorischen Fächer Biologie und Physik. Werden in Berlin für den gleichen Rahmenplan immerhin vier Wochenstunden veranschlagt, sind es in Brandenburg nur drei. In beiden Ländern unterrichtet das Gros der Lehrer*innen Naturwissenschaften 5/6 fachfremd und sieht sich somit mit diversen fachinhaltlichen und fachdidaktischen Herausforderungen konfrontiert (Bolte & Streller, 2007; Bolte & Ramseger, 2012). Welche Wünsche an Fortbildungsformate Berliner Lehrer*innen zur Einführung des Unterrichtsfaches 2004/05 sowie zehn Jahre später formulierten, und welche Fortbildungswünsche Brandenburger Lehrer*innen mit Einführung des Fachs artikulierten, haben wir seither untersucht.

Theorie

Über die Notwendigkeit einer Stärkung naturwissenschaftlicher Bildung in der Grundschule besteht eigentlich seit Jahrzehnten Einigkeit (z. B. Einsiedler & Schirmer, 1986; Strunck u. a., 1998; Blaseio, 2002; Pawelzik u. a. 2016). Obwohl Grundschüler*innen ein hohes Interesse an naturwissenschaftlichen Themen bekunden, wird dieses im Unterricht oft nicht ausgeschöpft (Hansen & Klinger, 1998; Streller, 2009), da spannende Themen insbesondere aus den Bereichen Chemie und Physik eher unterrepräsentiert sind. Die Gründe dafür liegen in fachlichen Defiziten der Grundschullehrkräfte (Streller u. a., 2012), geringem Zutrauen in die eigenen Fähigkeiten (Möller, 2004), in einem geringen Interesse der Lehrkräfte an diesen Themen, aber auch in der Tradierung von negativen Einstellungen gegenüber Chemie und Physik (Drechsler & Gerlach, 2001). Drechsler und Gerlach berichten in ihrer Studie zur naturwissenschaftlichen Bildung im Sachunterricht, dass über 40% der Befragten mit naturwissenschaftlichen Inhalten im Rahmen ihres Studiums gar nicht in Berührung gekommen sind (2001, S. 218). Wenig überraschend ist dann, dass die Lehrkräfte angaben, unsicher im Umgang mit chemisch-physikalischen Themen zu sein und Verständnisschwierigkeiten in diesem Bereich zu haben. Die Auswirkung des Gefühls der Unsicherheit auf das unterrichtliche Handeln lässt sich an hohen Korrelationen mit dem Aufwand für die Unterrichtsvorbereitung und der Präferenz biologischer Themen erkennen (Drechsler & Gerlach, 2001). Wenn chemisch-physikalische Themen im Studium des Sachunterrichts schon unterrepräsentiert sind, dann ist der Wissensstand bezüglich Chemie und Physik bei gänzlich fachfremd Unterrichtenden sicher als noch geringer anzunehmen. Dies hätte zur Folge, dass Fortbildungsveranstaltung für

Lehrkräfte, die das Fach Naturwissenschaften unterrichten, einen besonderen Stellenwert haben müssten. Häufig treffen jedoch die Fortbildungsangebote nicht die Bedürfnisse und Fortbildungsinteressen der Lehrkräfte (Huber 2009), so dass sie weitgehend unwirksam bleiben. Daher fragen wir: *In welchen Bereichen formulieren Berliner und Brandenburger Lehrer*innen angesichts der Einführung des Faches Naturwissenschaften besonderen Fortbildungsbedarf bzw. Fortbildungsinteresse? Inwiefern haben sich Fortbildungsbedarf und -interesse nach zehn Jahren Praxiserfahrung verändert?*

Methode

Mit einem Fragebogen von Bolte (2004 in Anlehnung an Drechsler & Gerlach 2001) wurden Grundschullehrer*innen 2004/05 im Rahmen von Fortbildungsveranstaltungen befragt. 2015 wurden alle 424 Berliner Grundschulen und 2019 alle 435 Brandenburger Grundschulen kontaktiert und die Nawi-Lehrer*innen um Teilnahme an der Befragung gebeten. 2019 erfolgte die Befragung online.

Ausgewählte Ergebnisse

Tabelle 1 gibt Auskunft über die Stichprobe. Die Rücklaufquote der Befragungen 2015 und 2019 fällt sehr gering aus.

Tab. 1 Stichprobe

	Berlin		**Brandenburg**
	2004/05	**2015**	**2019**
N (ges)	96	100	38
Anteil w/m	77/19	75/24	30/8
Alter (Mw)	47,8	45,4	43,6
Dienstjahre (Mw)	21,8	16,8	17,6
Studienfach (Top 3)	Bio (22%), De (19%), Ma (18%)	Bio (35%), De (16%), Ma (12%)	Bio (31%), Ma (26%), De (14%)

Aus den offenen Antworten geht hervor, dass die befragten Lehrer*innen großen Wert auf praktisch ausgerichtete Fortbildungsangebote legen, in denen sie selbst etwas ausprobieren können und konkrete Anregungen für die Unterrichtspraxis erhalten. Diesbezüglich unterscheiden sich Berliner und Brandenburger Lehrer*innen nur geringfügig. Außerdem wünschen sich viele Lehrer*innen eher langfristig angelegte Fortbildungsangebote und vor allem Angebote zu chemisch-physikalischen Themen (ohne Abb.).

Hindernisse, die den Erfolg der Einführung des Fachs Naturwissenschaften 5/6 einschränken, sehen Berliner Lehrer*innen in ihrer meist unzureichenden Qualifikation; Brandenburger Lehrkräfte fürchten dagegen eine eher oberflächliche Behandlung der Themen und stehen dem integrierten Unterricht skeptisch gegenüber. Beide Gruppen äußern die Gefahr, dass im Schwerpunkt das unterrichtet wird, „*was man eben besser kann*“ (ohne Abb.).

Der hohe Zeitaufwand für die Unterrichtsvorbereitung und das Gefühl der Unsicherheit beim Unterrichten chemisch-physikalischer Themen, das Berliner Lehrer*innen zum Zeitpunkt der Einführung äußerten, fallen nach 10 Jahren deutlich kleiner aus (ohne Abb.). Die Korrelation eines Gefühls der Unsicherheit im Unterrichten chemisch-physikalischer Themen der befragten Lehrkräfte mit verschiedenen anderen subjektiven Einschätzungen zeigt Tabelle 2:

Tab. 2 Korrelation bzgl. der subjektiven Einschätzung chem.-phys. Themen (alle Teilstichproben; N = 234)

	Kompetenz	Verständnis-schwierigkeiten	Aufwand Unt.-vorbereitung	Präferenz biolog. Themen
Unsicherheit	-.645**	.544**	.692**	.378**

Die Bedeutung ausgewählter naturwissenschaftlicher Themen im Unterricht wird meist höher eingeschätzt als das Fortbildungsinteresse daran (Tab. 3); besonders gering fällt das Interesse an Fortbildungen zu biologischen Themen aus, obwohl deren Bedeutung als besonders hoch bewertet wird.

*Tab. 3 Bedeutung eines Themas für den Unterricht sowie Fortbildungsinteresse an diesem Thema – Vergleich Berliner und Brandenburger Lehrer*innen. (1 = sehr geringe(s) … 4 = sehr große(s) Bedeutung/Interesse), * Mw-Vgl. 2004/2015 sig. (p<0.01);* **höchste** *und niedrigste Einschätzung pro Befragungszeitpunkt, grau hinterlegt Diff. ≥1.0*

		Berlin				**Brandenburg**	
		Bedeutung des Themas		Fortbildungs-interesse		Bedeut. Thema	Fortbil-dint.
		2004/05	2015	2004/05	2015	2019	2019
Themen Rahmenplan (SenBJS 2005; MBJS u.a. 2015)	Stoffe im Alltag	**3,4**	**3,4**	**3,6***	**3,1***	3,3	2,7
	Sonne-Wetter-Jahreszeiten	3,1	*2,9*	3,0*	*2,6**	3,1	**2,9**
	Welt des Großen – Welt des Klein.	*2,9**	3,2*	**3,1**	**2,9**	3,2	2,8
	Körper, Gesundheit, Entwicklg.	**3,7***	**3,9***	3,0	2,9	**3,7**	2,4
	Körper und Bewegung	3,2	**3,3**	**3,2***	**2,9***	3,2	2,6
	Pflanzen – Tiere – Lebensräume	**3,6**	**3,5**	2,8	*2,6*	**3,6**	2,5
	Von den Sinnen zum Messen					**3,6**	2,4
	Sexualerziehung					**3,7**	*2,4*
	Technik					*2,9*	**3,0**
Weitere Themen	Naturphänomene	**3,3**	3,1	**3,4**	**3,2**	3,2	**3,1**
	Energie	3,1	2,9	**3,1**	**3,1**	**3,0**	**3,0**
	Kreisläufe	*2,8*	*2,6*	*2,8*	2,7	*2,7*	**2,9**
	Ernährung	**3,5**	**3,5**	*2,8*	2,7	**3,4**	*2,4*
	Hygiene/ Kosm.	*2,7*	*2,6*	*2,3*	*2,1*	3,0	*2,0*
	Naturwiss. und Gesellschaft	*2,2*	*2,2*	*2,1*	*2,2*	*2,5*	*2,3*
	Ökologie	*2,7*	*2,6*	*2,4*	*2,5*	*2,7*	*2,3*

Fazit

Die Befunde unserer Untersuchung zeigen, dass Lehrer*innen sowohl in Berlin als auch in Brandenburg unabhängig von ihrer Unterrichtserfahrung im Fach Naturwissenschaften 5/6, sich bzgl. biologischer Themen kompetenter einschätzen, weniger Fortbildungsbedarf sehen und diese Themen im eigenen Unterricht auch präferieren (ohne Abb.), insbesondere dann, wenn nach eigenem Bekunden die Unsicherheit beim Unterrichten chemisch-physikalischer Themen groß ist. Nach wie vor ist das Fortbildungsinteresse in Berlin und Brandenburg hoch. Die Ergebnisse bestärken uns darin, weiter gemeinsam mit Lehrer*innen an attraktiven chemie- und physikbezogenen Fortbildungsangeboten zu arbeiten, die sowohl (fach-)inhaltliche als auch naturwissenschaftsmethodische und fachdidaktische Aspekte berühren.

Literatur

Berliner Morgenpost (6.8.2004). Schulfach überhastet eingeführt. https://www.morgenpost.de/printarchiv/berlin/article103589699/Schulfach-ueberhastet-eingefuehrt.html

Blaseio, B. (2002). Inhaltsstruktur und Tendenzen der Inhalte im Sachunterricht. In: Spreckelsen, K., Möller, K. , & Hartinger, A. (Hg.). Ansätze und Methoden empirischer Forschung zum Sachunterricht. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 205-222

Bolte, C., & Streller, S. (2006): Hindernisse und Potenziale des "neuen" Unterrichtsfachs Naturwissenschaften für die Jahrgangsstufe 5/6 aus Sicht Berliner Grundschullehrer/-innen. In: A. Pitton (Hg.), Lehren und Lernen mit neuen Medien. Münster: Lit, 380-382

Bolte, C., & Streller, S. (2007). „Unverhofft kommt oft!" – Wenn Grundschullehrerinnen und -lehrer Naturwissenschaften für ihre Unterrichtspraxis entdecken (müssen). In Lauterbach, R. u.a. (Hg.), Kompetenzerwerb im Sachunterricht fördern und erfassen. Bad Heilbronn: Klinkhardt, 139–150

Bolte, C. & Ramseger, J. (2012). „Integrierte naturwissenschaftliche Bildung" als Studienfach. NiU-Ch 23, Heft 130/131, 92-94

Drechsler, B., & Gerlach, S. (2001). Naturwissenschaftliche Bildung im Sachunterricht – Problembereich bei Grundschullehrkräften. In Kahlert, J., Inckemann, E. (Hg.), Wissen, Können und Verstehen – über die Herstellung ihrer Zusammenhänge im Sachunterricht. Bad Heilbronn: Klinkhardt, 215-225

Einsiedler, W., & Schirmer, G. (1986). Sachunterrichtsreform und Unterrichtsgestaltung – Eine Analyse von Schülerarbeitsmappen. Die Deutsche Schule 78, 316-326

Halbheer, U., & Reusser, K. (2009). Innovative Settings und Werkzeuge der Weiterbildung als Bedingung für die Professionalisierung von Lehrpersonen. In O. Zlatkin-Troitschanskaia u.a. (Hg.), Lehrprofessionalität. Weinheim: Beltz, 465-475

Hansen, K.-H., Klinger, U. (1998). Interessenentwicklung und Methodenverständnis im Fach Naturwissenschaft. Kiel: IPN.

Huber, S. (2009). Wirksamkeit von Fort- und Weiterbildung. In O. Zlatkin-Troitschanskaia u.a. (Hg.), Lehrprofessionalität. Weinheim: Beltz, 351-463

MBJS, SenBJW: Ministerium für Bildung, Jugend und Sport und Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Wissenschaft (2015). Rahmenlehrplan Teil C Naturwissenschaften Jahrgangsstufen 5/6

Möller, K. (2004). Naturwissenschaftliches Lernen in der Grundschule – Welche Kompetenzen brauchen Grundschullehrkräfte? In: Merkens, H. (Hg.). Lehrerbildung: IGLU und die Folgen. Opladen, 65-84

Pawelzik, J., Todorova, M., Leuchter, M., Möller, K. (2016). „Ich fühle mich sicherer im Unterrichten naturwissenschaftlicher Themen im Sachunterricht" – Wirkung eines Praktikums. In: Giest, H., Goll, H. Hartinger A. (Hg). Sachunterricht – zwischen Kompetenzorientierung, Persönlichkeitsentwicklung, Lebenswelt und Fachbezug. Bad Heilbronn: Klinkhardt, 140-148

SenBJS: Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Sport (2005). Rahmenlehrplan Grundschule Naturwissenschaften 5/6

Streller, S. (2009). Förderung von Interesse an Naturwissenschaften. Berlin: Peter Lang Verlag

Streller, S., Erb, M. & Bolte, C. (2012). Das Berliner *ProNawi*-Projekt. NiU-Ch 23, Heft 130/131, 76-79

Strunck, U., Lück, G., & Demuth, R. (1998). Der naturwissenschaftliche Sachunterricht in Lehrplänen, Unterrichtsmaterialien und Schulpraxis – eine quantitative Analyse der Entwicklung in den letzten 25 Jahren. ZfDN, 4, 1, 69-80

Franziska Gerke[1]
Rainer Müller[1]
Philipp Bitzenbauer[2]
Malte Ubben[3]
Kim-Alessandro Weber[4]

[1]TU Braunschweig
[2]FAU Erlangen
[3]WWU Münster
[4]LU Hannover

"Requirements for future Quantum Workforce"-Delphi-Studie: Ergebnisse der Pilotrunde

Die steigende Relevanz von Quantentechnologien in Deutschland (s. z. B. Acatech IMPULS[1]; Konjunkturpaket der Bundesregierung[2]) und Europa (s. z. B. Quantum Flagship[3]) stellt die (universitäre) Ausbildung von Fachkräften in diesem Bereich vor neue Herausforderungen – nicht nur in der Physik, sondern auch in den Ingenieurwissenschaften. Ein Ziel des europäischen Flagship-Projektes QTEdu[4] ist die Entwicklung eines europäischen Kompetenzrahmens für die Quantentechnologien der zweiten Generation.
Als Grundlage dafür dient die hier vorgestellte Delphi-Studie: Es werden Kenntnisse und Kompetenzen im Bereich der Quanteninformationstechnologien identifiziert, die teilweise schon jetzt, vor allem aber in Zukunft, in der Industrie benötigt werden. Diese werden strukturiert, um schließlich messbare Kompetenzstufen abzuleiten. So soll ein **Kompetenzrahmen** entstehen, der die Anforderungen an Fachkräfte im Bereich der Quantentechnologien widerspiegelt. In diesem Beitrag werden ausgewählte Ergebnisse der Pilotrunde vorgestellt, die die Basis für die Befragung der ersten Hauptrunde bilden.

Die Delphi-Methode zeichnet sich durch einen iterativen Befragungsprozess aus: Auf den Ergebnissen der vorherigen Befragung basieren die nachfolgenden Fragestellungen (Häder, 2009). Sie wurde ausgewählt, um in diesem neuen Feld moderner Quantentechnologien ein breites Spektrum an Expertenmeinungen und -einschätzungen einzubeziehen. In den aufeinander aufbauenden Befragungsrunden wird durch den Übergang von primär offenen Fragen in den ersten Runden hin zu Ratingfragen in der letzten Runde sukzessive auf eine Konsensfindung hingewirkt, um schließlich ein Kompetenzstrukturmodell abzuleiten. An der **Pilotrunde**, die um den März 2020 stattfand, nahmen 28 Personen aus mindestens 10 Ländern teil. Die Teilnehmenden wurden über Netzwerke der Community geworben und gaben vorwiegend an, im Bereich der Wissenschaft tätig zu sein und über langjährge Erfahrung zu verfügen. So wurde die eigene Kompetenz in diesem Fachbereich überwiegend als hoch oder sehr hoch eingestuft.

---

[1] Acatech IMPULS (2020). Innovationspotenziale der Quantentechnologien der zweiten Generation. URL: www.acatech.de/publikation/innovationspotenziale-der-quantentechnologien/.
[2] Konjunkturprogramm: Corona-Folgen bekämpfen, Wohlstand sichern, Zukunftsfähigkeit stärken. Ergebnis Koalitionsausschuss 3. Juni 2020. URL: www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Standardartikel/Themen/Schlaglichter/Konjunkturpaket/2020-06-03-eckpunktepapier.pdf.
[3] Quantum Flagship: The future is Quantum. Initiative of the European Commission. URL: qt.eu.
[4] QTEdu: Coordination and Support Action for Quantum Technology Education. Projekt of the Quantum Flagship Initiative. URL: https://cordis.europa.eu/project/id/951787.
Jeweils abgerufen am 24.09.2020.

This study is part of a project that has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 951787.

Zur Auswertung wurde bei geschlossenen Fragen eine deskriptivstatistische Analyse durchgeführt, die Ergebnisse wurden bereits in PhyDid B veröffentlicht (Gerke et al., 2020). Hinzu kommen die Resultate einer qualitativen Inhaltsanalyse (Mayring, 2015), ausgewählte Zitate werden durch Anführungszeichen und Angabe der ID, also „…“ (ID), gekennzeichnet.

Ausgewählte Ergebnisse und Folgerungen für die nächste Befragungsrunde

Quantum Technologies: In der Pilotrunde wurde zunächst zur Begriffsschärfung nach dem eigenen Verständnis der Teilnehmenden von Quantentechnologien der zweiten Generation gefragt. Mittels qualitativer Inhaltsanalyse ergaben sich die folgenden drei zentralen Aspekte, jeweils mit einem exemplarischen Zitat:

- New technologies: „use quantum mechanics to engineer new systems, devices“ (32)
- Use of single quantum objects: „[…] The challenge for this new generation of quantum systems is to achieve a suitable level of control, similar to what has been already demonstrated for individual isolated quantum systems.“ (40)
- Phenomena such as entanglement: „Quantumness as the essential novelty of the result or application: linear superposition of quantum states, entanglement, and any other unique quantum property.“ (51)

Diese drei Aspekte werden in der darauf aufbauenden, ersten Hauptrunde den Teilnehmenden vorgelegt, die dazu Stellung nehmen und ggf. wichtige Aspekte ergänzen sollen.
Mit sechsstufigen Ratingskalen wurden Einschätzungen/Prognosen erhoben. Dabei wurden von den großen Technologiebereichen Quantensensoren und Metrologie als besonders relevant eingeschätzt, dicht gefolgt von Quantenkommunikation. Details zu dieser und anderen Ratingfragen sind in (Gerke et al., 2020) zu finden. Auf die Frage, welcher Technologie das größte Potential zugeschrieben wird, wurden Quantencomputer allerdings ähnlich häufig genannt. Für die nächste Befragungsrunde wurde diese Ratingfrage modifiziert, die Technologiebereiche sind nun kurzfristig (5 bis 10 Jahre) und langfristig zu bewerten. Damit sollen Verschiebungen genauer ermittelt werden. Außerdem werden die Teilnehmenden aufgefordert, für die Bereiche, die sie als sehr wichtig einstufen, eine Begründung der Einschätzung abzugeben.

Für die künftigen Quantum Workforce Beschäftigten im Bereich der Quantentechnologien wurden zahlreiche notwendige oder wünschenswerte Kompetenzen oder Ausbildungsinhalte genannt, von denen in Abb. 1 eine Auswahl, geordnet in vier Bereiche, dargestellt ist. Die vier Bereiche ergeben sich aus der qualitativen Inhaltsanalyse. Im ersten Bereich werden Aussagen zu grundlegenden Phänomenen oder Prinzipien gebündelt. Beispiele sind Verschränkung und Superposition, aber auch der Tunneleffekt oder das No-Cloning-Theorem. Neben diesen Inhalten (in Abb. 1 fett gedruckt) finden sich schon erste Aspekte von Kompetenzen (in Abb. 1 unterstrichen), ein (grundlegendes) Verständnis der Konzepte wird gefordert. Ähnlich werden im Bereich Mathematik „foundations and principles […]” (37), zum Physik-Hintergrund die „Perception of the conceptual difference between classical and quantum physics” (34) oder im Anwendungs-Bereich die „Basic ideas on how QT works” (16) genannt.
Für die Entwicklung eines Competence Frameworks werden allerdings konkrete Kompetenzen benötigt. Daher wird Abb. 1 in der nächsten Runde zur Inspiration bereitgestellt. Auf dieser Basis sollen dann mit vorgegebener Struktur konkrete Anforderungen formuliert werden: Die Teilnehmenden wählen ein Feld der Quantentechnologien, in dem sie sich

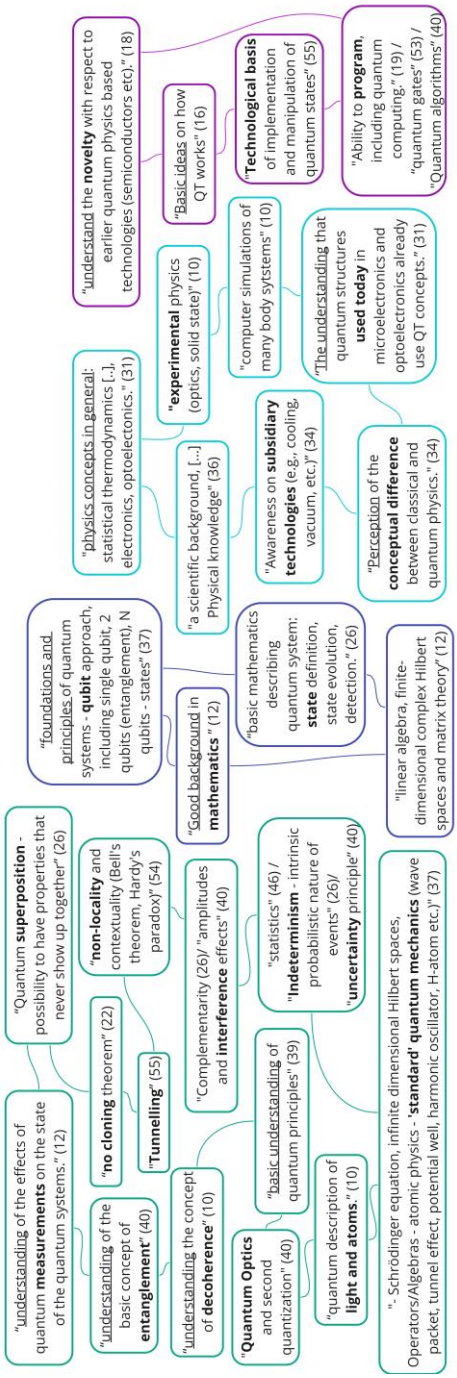


Abb. 1: Überblick über genannte Inhalte und Kompetenzen, geordnet nach den vier Bereichen Phänomene/Grundkonzepte, Mathematik, Physik-Hintergrund und Anwendung.

besonders bewandert fühlen, und nennen für dieses Feld von zukünftigen Fachkräften zu erwerbende Kompetenzen.
Zusätzlich ist zu jeder Kompetenz anzugeben, wofür diese konkret benötigt und welches Expertiselevel erwartet wird. Dabei ist zwischen den Stufen Anwendung und Entwicklung zu differenzieren. Die dreistufige Fragengestaltung basiert auf der Delphi-Studie „Physikalische Bildung“ (Häußler et al., 1980).

Als Oberbegriff für ein grundlegendes, phänomenorientiertes Verständnis wurde vom Quantum Flagship der Begriff **Quantum Awareness** eingeführt. Dieser wurde in der Pilotstudie jedoch kritisiert, da er mit Esoterik assoziiert werden kann. In der nächsten Runde wird daher auch evaluiert, ob ein anderer Begriff gewählt werden sollte, alternative Benennungen werden gesammelt.
Dass Quantum Awareness jedoch ein wichtiges Thema der künftigen Fachkräfteausbildung sein wird, zeigt sich in der Zustimmung von über 80 % der Teilnehmenden zu der Aussage, dass es in 5 bis 10 Jahren Bereiche der Industrie geben werde, in denen Quantum Awareness von zentraler Relevanz sein wird.

Die Prognosen aus der Pilotrunde unterstreichen die Relevanz dieses Themas für die künftige Ausbildung von Quantenfachkräften. Welche konkreten Kompetenzen für diese aber zentral sind, muss in den nächsten Befragungsrunden noch ermittelt werden.

Literatur

Gerke, F., Müller, R., Bitzenbauer, P., Ubben, M., & Weber, K.-A. (2020). Quantum Awareness im Ingenieurwesen: Welche Kompetenzen werden in der Industrie von morgen gebraucht? Erste Ergebnisse einer Delphi-Studie. PhyDidB – Didaktik der Physik – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung, Bonn 2020, S. 437-443.

Häder, M. (2009). Delphi-Befragungen: Ein Arbeitsbuch. VS Verlag für Sozialwissenschaften, GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden.

Häußler, P., Frey, K., Hoffmann, L., Rost, J. & Spada, H. (1980). Physikalische Bildung: Eine curriculare Delphi-Studie Teil II. IPN-Arbeitsberichte Nr. 42

Mayring, P. (2015). Qualitative Inhaltsanalyse. Beltz Verlagsgruppe, 69 469 Weinheim. ISBN: 9783407293930.

Robbins, N. & Heiberger, R. (2011). Plotting Likert and other rating scales. In: Proceedings of the 2011 Joint Statistical Meeting, 1058-1066.

Sarah Rau-Patschke Universität Duisburg-Essen

Übergreifende Kompetenzen am Übergang vom Sach- zum Fachunterricht

Der Übergang vom Sachunterricht der Primarstufe zum Fachunterricht der Sekundarstufe I wird in der Literatur oft als Herausforderung für alle Akteur*innen beschrieben. Trotz curricularer Vorgaben scheint bereits die inhaltliche Abstimmung der Unterrichtsthemen problematisch (Rau & Brüggerhoff, 2019). Dabei konstatiert Hempel, dass es Brüche in der Wissensgenese zu vermeiden gilt und setzt damit auf einen kumulativen Wissenserwerb (2010, 77). Eine kumulative Anlage des Lehr-Lernprozess erfordert die Vernetzung von Inhalten und das Weiterführen bzw. Vertiefen von Arbeitsmethoden und stellt damit auch eine fachdidaktische Herausforderung für den Übergang vom Sach- zum Fachunterricht dar. Da der Sachunterricht als ein Fach mit vielperspektivischen Bezugspunkten aus den Gesellschafts- und Naturwissenschaften auf das Lernen in Fächern mit einer differenzierten Sachstruktur vorbereitet, ist es notwendig, auch perspektiv- bzw. fachübergreifende Kompetenzen zu erwerben (Beck, 2012; Demuth & Kahlert, 2007), wie beispielsweise das Recherchieren von Sachinformationen oder das Darstellen von Ergebnissen.
Die Diagnose von Schüler*innenkompetenzen am Übergang fällt den Lehrkräften vergleichsweise schwer (Rau-Patschke & Brüggerhoff, 2019), was daran liegen mag, dass existierende Instrumente vor allem auf den Deutsch- oder Mathematikunterricht ausgerichtet sind. Für den Sach- bzw. Fachunterricht sind sie selten zu finden und weisen oft eine starke Inhalts- oder Fachspezifik (z.B. für Chemie: Behrendt, Fischer & Walpuski, 2020) auf. Dies ist zwar für die Lehrkraft der weiterführenden Schule hilfreich, da sehr konkret, führt jedoch dazu, dass die Sachunterrichtslehrkraft Instrumente von bis zu acht Fächern benutzen müsste.
Weiterhin lässt sich feststellen, dass gerade diese inhaltsspezifischen Instrumente oft den*die Lernende*n nicht als Expert*in für das eigene Lernen ansehen, sondern möglichst objektiv Kompetenzen testen. Um die eigene aktive Expert*innenrolle im Lernprozess zu stärken, können Selbsteinschätzungen ein probates Mittel sein (Sacher, 2014). Wird die subjektive Einschätzung durch Fremdeinschätzung bspw. durch die Lehrkraft begleitet (Roth, 2008), kann sich über die Zeit ein realistisches Bild des eigenen Könnens auch im Sach- bzw. Fachunterricht entwickeln.
Für den Übergang vom Sach- zum Fachunterricht liegt ein solches Diagnoseinstrument bislang nicht vor. Entsprechend wird hier den Fragen nachgegangen, wie sich die perspektivübergreifenden Kompetenzen in einem Diagnosebogen für Schüler*innen und Lehrkräfte erfassen lassen und wie die Schüler*innen ihre Kompetenzen einschätzen. Inwiefern die Selbsteinschätzungen realistisch sind, zeigt der Vergleich von Selbst- und Fremdeinschätzung.

Methodischer Zugriff zur Erfassung der perspektivübergreifenden Kompetenzen

Zu diesem Zweck wurden N = 309 Schüler*innen in fünf Teilerhebungen[1] mit gleichem Erhebungsablauf befragt. Der Schwerpunkt der Erhebung liegt mit 211 Schüler*innen auf Einschätzungen von Kindern der Klasse 4. Weitere 76 Schüler*innen aus Klasse 5 und 22 Schüler*innen aus Klasse 2 schätzten ihre Kompetenzen ein. Von insgesamt 77 Lernenden der Klasse 2 und 4 liegen auch die Fremdeinschätzungen der Lehrkräfte vor.

[1] Mein Dank gilt Laura Hansen, Sarah Linn, Jule Walke, Kerstin Schwarz und Alina Gerrlich.

Für die Befragung wurde das Diagnoseinstrument „Mein Sachunterrichts-Profil“ entwickelt und an n = 101 Schüler*innen erprobt (Details: Hansen, Brüggerhoff, Rau-Patschke & Rumann, 2019). Die Grundlage hierfür ist eine Synopse aus Lehrplan Sachunterricht (MSB NRW, 2008) und Perspektivrahmen (GDSU, 2013) mit Fokus auf den perspektivübergreifenden Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen (DAH). Die DAH werden in sechs Subskalen (siehe Abb. 1) zu je vier bis sechs Items abgebildet. Die Einschätzung erfolgt auf einer vierstufigen Likertskala (1 = Das kann ich noch nicht bis 4 = Das kann ich spitze) sowie der Option „? = das kann ich nicht einschätzen“.
Das Instrument weist eine hohe interne Konsistenz auf ($\alpha = .947$). Die einzelnen Facetten korrelieren auf Subskalenebene hoch signifikant miteinander ($.470 < r < .0783$), sodass davon ausgegangen werden kann, dass das Gesamtkonstrukt „Perspektivübergreifende DAH“ gut abgebildet wird. Eine inhaltliche Validierung mit N = 5 Sachunterrichtslehrkräften bestätigt dies ebenfalls (Hansen et al., 2019).
Zwei Drittel der Schüler*innen haben Erfahrungen im Einschätzen der eigenen Leistungen laut Aussage der Lehrkräfte. Die Schüler*innen geben an, die Aussagen des Instruments gut verstehen zu können (MW = 3.36, SD = 0.68) und sich gut einschätzen zu können (MW = 3.4, SD = 0.69).
Für den Fachunterricht wurde das Instrument nur geringfügig adaptiert, um eine Vergleichbarkeit zu gewährleisten. Lediglich die Subskala „Interesse & Neugierde“ differenziert auch nach Natur- und Gesellschaftswissenschaften.

Selbsteinschätzungen der Schüler*innen am Übergang vom Sach- zum Fachunterricht

In Summe fällt die Selbsteinschätzung der Schüler*innen am Ende der Klasse 4 wie auch am Ende des ersten Halbjahres in Klasse 5 verhältnismäßig hoch aus, wie Abbildung 1 zeigt:

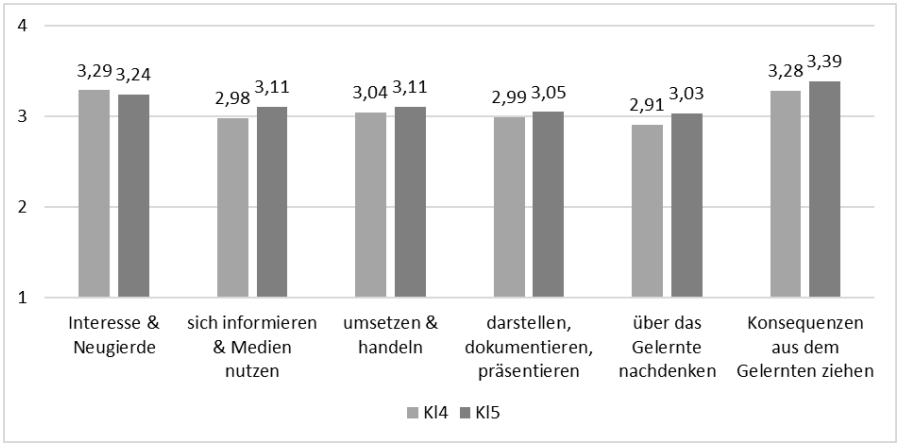


Abb. 1: Kompetenzeinschätzungen am Ende der Klasse 4 und am Ende des 1. Halbjahrs der 5. Klasse im Vergleich

Die Unterschiede zwischen den Subskalen sind in der Regel hochsignifikant. Ausnahmen (n.s.) bilden die Paare „sich informieren & Medien nutzen“ – „umsetzen & handeln“, „sich informieren & Medien nutzen“ – „darstellen, dokumentieren, präsentieren“ und „umsetzen & handeln“ – „darstellen, dokumentieren, präsentieren“ für beide Klassenstufen.
Für die Klasse 4 zeigt sich, dass vor allem „Interesse & Neugierde“ und „Konsequenzen aus dem Gelernten ziehen“ besonders hoch ausfallen. Beide Subskalen unterscheiden sich nicht voneinander, jedoch im Vergleich zu allen anderen Subskalen hoch signifikant. Auch in

Klasse 5 werden die genannten Subskalen mit signifikanten Unterschieden zu den anderen Subskalen hoch eingeschätzt. Allerdings liegt bei den Schüler*innen der Klasse 5 zwischen „Interesse & Neugierde“ und „Konsequenzen aus dem Gelernten ziehen“ ein signifikanter Unterschied vor.
Die Unterschiede zwischen Klasse 4 und Klasse 5 indes sind nicht signifikant. Auffällig ist hier jedoch das im Quasilängsschnitt augenscheinlich geringer werdende Interesse zwischen Sach- und Fachunterricht, während bei allen anderen Subskalen ein Zuwachs sichtbar zu werden scheint. Weiterhin zeigt sich ein bedeutsamer Unterschied ($p = .001$, $d = .38$) zwischen dem Interesse an den Naturwissenschaften (MW = 3.15) und den Gesellschaftswissenschaften (MW = 3.33).

Selbst- und Fremdeinschätzungen im Vergleich

Ob die Schüler*inneneinschätzungen realistisch sind, wird mithilfe von Fremdeinschätzungen durch die Lehrkräfte überprüft. Diese liegen für eine Teilstichprobe von 77 Schüler*innen ($n_{Klasse\ 2} = 22$, $n_{Klasse\ 4} = 55$) vor. Tendenziell schätzen die Lehrkräfte die Ausprägung der übergreifenden Kompetenzen ähnlich hoch ein.
Die Fremdeinschätzung fällt jedoch mit mittlerer Differenz von 0.37 signifikant schlechter aus ($.00 < p < .018$) als die Einschätzungen der Schüler*innen. Lediglich die Subskala „darstellen, dokumentieren, präsentieren“ weist keinen nennenswerten Unterschied zwischen Selbst- und Fremdeinschätzung auf. Besonders hervorzuheben ist, dass die Differenz in Klasse 2 mit 0.56 deutlich größer ausfällt als in Klasse 4 (0.08).
Nur wenige Lehrkräfte geben an, dass sie bestimmte Items nicht oder nur schlecht einschätzen können. Entweder, weil sie die Kompetenzen im Unterricht bislang wenig adressiert haben (z.B. „Ich kann aus graphischen Darstellungen Informationen im Sach-/Fachunterricht sammeln“) oder weil sie den Eindruck haben, dass diese Kompetenz nur im Alltag der Kinder zum Tragen kommt (z.B. „Ich kann Verantwortung für die Umwelt übernehmen“).

Fazit für die Übergangsgestaltung

Es kann festgehalten werden, dass die Schüler*innen ihre Kompetenzen positiv einschätzen. Dies ist für die Freude am Lernen durchaus als gewinnbringend zu betrachten. Das hohe Interesse an den Themen und Fragestellungen im Sach- und Fachunterricht ist hier besonders hervorzuheben. Gleichsam sieht man, dass die Informationsbeschaffung, die Darstellung von dem und das Reflektieren des Gelernten eher eine Herausforderung für die Lernenden darstellt. Dies bekräftigen auch die Lehrkräfte. Hier wäre es hilfreich, Trainingsmodule oder auch weitere Spiralcurricula (in Anlehnung an Möller et al., 2016) mit entsprechendem Schwerpunkt zu entwickeln und evaluieren.
Es zeichnet sich die Tendenz ab, dass sich Schüler*innen im Laufe des Lernens zunehmend realistischer einschätzen. Die geringer werdende Differenz zwischen Selbst- und Fremdeinschätzung ist hier ein Indiz. So könnte es auch daran liegen, dass kein bedeutsamer Unterschied in den Einschätzungen der Viert- und Fünftklässler liegt. Möglicherweise ist der Kompetenzzuwachs zwischen Ende der Grundschule und Ende des 1. Halbjahres in Klasse 5 viel größer, aber die Kinder der 5. Klasse schätzen ihre Leistungen „kritischer“ ein. Folgende Untersuchungen könnten hieran anknüpfen und auch die Fremdeinschätzungen der Fachlehrkräfte aus der weiterführenden Schule einholen.
Neben den perspektivübergreifenden DAH wäre es erforderlich, auch perspektivbezogene DAH der Natur- bzw. Gesellschaftswissenschaften in einem solchen Instrument zu erfassen.

Literatur

Beck, G. (2002). *Den Übergang gestalten. Wege vom 4. ins 5. Schuljahr*. Seelze-Velber: Kallmeyer.

Behrendt, A., Fischer, V. & Walpuski, M. (2020). Kompetenzmessung am Übergang zwischen Sach- und Chemieunterricht. In S. Habig (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Wien 2019 (S. 633-636).* Universität Duisburg-Essen. Verfügbar unter https://www.gdcp-ev.de/wp-content/tagungsbaende/GDCP_Band40.pdf

Demuth, R. & Kahlert, J. (2007). *Übergänge gestalten*. Kiel: IPN.

Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (GDSU) (2013). *Perspektivrahmen Sachunterricht* (2., vollst. überarb. u. erw. Aufl.). Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt.

Hansen, L., Brüggerhoff, J., Rau-Patschke, S., & Rumann, S. (2019, März). Mein Sachunterrichts-Profil – Ein Diagnoseinstrument für den Übergang vom Sach- zum Fachunterricht. Poster zur Jahrestagung der Gesellschaft der Didaktik des Sachunterrichts (GDSU), Lüneburg.

Hempel, M. (2010). Zur Anschlussfähigkeit der Sachfächer an den Sachunterricht – eine Erkundungsstudie. In H. Giest & D. Pech (Hrsg.), *Anschlussfähige Bildung im Sachunterricht* (S. 75-82). Bad Heilbrunn: Julius Klinkhardt.

Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen (MSB NRW) (2008). *Kernlehrplan für das Gymnasium – Sekundarstufe I (G8) in Nordrhein-Westfalen. Biologie*. Frechen: Ritterbach Verlag.

Möller, K., Hardy, I., Labudde, P., Leuchter, M., Steffensky, M., Aufschnaiter, C. von, & Wodzinski, R. (2016). Einführung in das Symposium; Stufenübergreifendes Lernen von Naturwissenschaften fördern: Durch abgestimmte Lernmaterialien und begleitende Fortbildungen. In C. Maurer (Hrsg.), *Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Berlin 2015* (S. 241-242). Universität Regensburg.

Sacher, W. (2014). *Leistungen entwickeln, überprüfen und beurteilen- Bewährte und neue Wege für die Primar- und Sekundarstufe.* Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Roth,S. H. (2008). *Entwicklung und Erprobung eines Konzepts zur Selbsteinschätzung ausgewählter Aspekte der Lernerpersönlichkeit von Kindern*. URL http://www.grundschule-harmonie.de/assets/Uploads/PDF/Artikel/selbsteinschaetzung_ausgewaehlter_aspekte_der_lernerpersoenlichkeit_von_kindern.pdf, 23 08 2020

Steffen Brockmüller[1]
Mathias Ropohl[1]

[1]Universität Duisburg-Essen

Auswerten von Versuchsdaten
Wo benötigen Oberstufenschüler Unterstützung?

Theoretischer Hintergrund und Stand der Forschung

Mit dem Konstrukt des Scientific Reasoning bzw. Wissenschaftlichen Denkens werden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung die kognitiven Komponenten naturwissenschaftlichen Problemlösens referenziert. Üblich ist dabei eine Dreiteilung in die Komponenten Hypothesen generieren, Untersuchungen planen sowie Daten auswerten (Klahr, 2000; Opitz, Heene & Fischer, 2017). Das Scientific Reasoning wird als wissensbasiert konzeptualisiert. Relevante Wissensbereiche sind dabei das prozedurale Wissen, das Fähigkeiten und Strategien naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen umfasst; das epistemische Wissen, welches deklarative Wissensbestände über Konzepte und Prinzipien der Erkenntnisgewinnung, wie z.B. Gütekriterien, und ihre Begründungen enthält; sowie domänenspezifisches Fachwissen (Arnold, 2015; Kind, 2013).

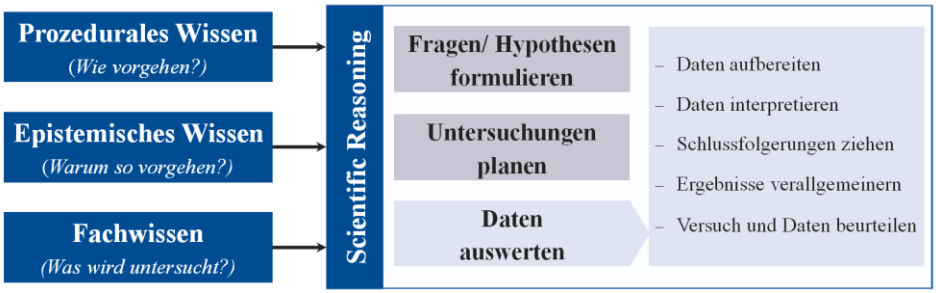


Abb. 1 Scientific Reasoning und relevante Wissensbereiche. Teilkompetenzen sind hier für die Komponente Daten auswerten ausdifferenziert dargestellt.

Die oben beschriebenen Komponenten des Scientific Reasoning lassen sich je nach intendierter Ausschärfung in Teilkompetenzen einteilen. So lässt ein Überblick über vorliegende Konzeptualisierungen der Komponente des Auswertens von Daten (bspw. Chinn & Malhotra, 2002; Wellnitz & Mayer, 2013) eine Ausdifferenzierung in fünf Teilkompetenzen plausibel erscheinen, die in Abbildung 1 dargestellt sind. Es konnte außerdem gezeigt werden, dass Schülerinnen und Schüler beim Auswerten von Daten mit Schwierigkeiten konfrontiert sind, die sich vom Ableiten von Trends aus Daten, über das Belegen von Schlussfolgerungen mit Versuchsergebnissen, bis zum Berücksichtigen von Gütekriterien beim Beurteilen von Daten erstrecken (Jeong, Songer & Lee, 2007; Lubben & Millar, 1996; Sandoval & Millwood, 2005).

Forschungsfragen

Da diese Schwierigkeiten meist in der Physik bzw. in domänenunspezifischen Kontexten bei jüngeren Lernenden untersucht wurden, ist allerdings bislang wenig darüber bekannt, welche Schwierigkeiten Lernenden beim Auswerten prozedural anspruchsvollerer Versuche im

Chemieunterricht der Oberstufe begegnen. Auch ist bislang kaum überprüft worden, ob und inwiefern das Auftreten solcher Schwierigkeiten entsprechend der oben beschriebenen Konzeptualisierung des Scientific Reasoning mit dem prozeduralen, epistemischen und fachlichen Vorwissen der Schülerinnen und Schüler zusammenhängt. Das hier beschriebene Dissertationsprojekt begegnet diesen Desideraten mit den folgenden Forschungsfragen:

FF1. Welche Schwierigkeiten bei der Datenauswertung bestehen bei Lernenden der Oberstufe im Fach Chemie beim Auswerten von aus Experimenten gewonnenen Daten?

FF2. Welche Zusammenhänge bestehen zwischen dem Auftreten dieser Schwierigkeiten und dem prozeduralen und epistemischen Wissen sowie dem Fachwissen der Lernenden?

Studiendesign

Zur Beantwortung der ersten Forschungsfrage wurde ein qualitatives Design gewählt, das auf der Videographie von Lernenden der Oberstufe während der Auswertung selbsterhobener Daten basiert. Schülerinnen und Schüler führen in Zweiergruppen Versuche durch, bei denen Sie mithilfe digitaler Sensoren Datensätze zu Titrationen generieren. Die Lernenden werden auf Grundlage dreier Testinstrumente (s.u) Zweiergruppen mit ähnlichen Voraussetzungen eingeteilt. Ziel der Versuche ist jeweils das hypothesenprüfende Untersuchen von Salzlösungen hinsichtlich ihrer Säure-Base-Eigenschaften. Ein Versuch befasst sich mit dem Untersuchen der Pufferwirkung eines Phosphatpuffers, der andere basiert auf dem Vergleichen der Säurestärken zweier Salzlösungen. Beide Versuche sind durch Vorgabe von Hypothese und Versuchsdesign für die Lernenden vorstrukturiert, um eine möglichst hohe Vergleichbarkeit zwischen den Gruppen hinsichtlich der entsprechenden Phasen des Experimentierprozesses sicherzustellen. Die Auswertung selbst erfolgt mithilfe von offenen Aufgabenstellungen zu den oben genannten fünf Komponenten der Datenauswertung, die die Lernenden innerhalb ihrer Gruppe gemeinsam bearbeiten. Eine Erhebung von $N = 50$ videographierten Schülergruppen wird angestrebt.
Die Analyse der resultierenden Videodaten zielt auf die Kommunikation der Lernenden während des Auswertens der in ihren Versuchen erhobenen Daten ab. Ziel ist es dabei, durch Anwendung einer induktiven qualitativen Inhaltsanalyse (Mayring, 2015) Schwierigkeitskategorien zu identifizieren. Um hierzu ein Codesystem zu entwickeln, wird zunächst bei $N = 20$ Schülergruppen eine turnbasierte Analyse durchgeführt. Als Selektionskriterium für das Kodieren eines Turns wird dabei auf die Definition einer „unmittelbar beobachtbaren Schülerschwierigkeit“ von Kechel (2016, S. 57ff.) zurückgegriffen. Diese nutzt das Verfehlen eines Teilziels der Aufgabe, unerwünschte Handlungen und Ausdrücke von Mühe und/oder negativem Erleben durch die Lernenden zur Identifikation einer Schwierigkeit. Das resultierende Codesystem wird anschließend deduktiv auf die Videos der restlichen Gruppen angewendet.
Die Ergebnisse dieser qualitativen Analyse sollen als Basis einer Clusteranalysen dienen, die überprüft, ob die Lernenden verschiedenen Schwierigkeitsprofilen zugeordnet werden können. Das Auftreten der Schwierigkeiten sowie die resultierenden Schwierigkeitsprofile sollen in der Folge mithilfe von regressions- und varianzanalytischen Verfahren hinsichtlich ihres Zusammenhangs mit dem Vorwissen der Lernenden in den oben beschriebenen Wissensbereichen hin untersucht werden. Die Ergebnisse dieser Analysen werden zur Beantwortung der zweiten Forschungsfrage herangezogen.

Ergebnisse der Pilotierung

Zum Zwecke der Erhebung der o.g. Wissensbereiche wurden Testinstrumente adaptiert, die in einer Pilotstudie mit Lernenden der Qualifikationsstufe an Gymnasien in NRW ($N = 94$) erprobt wurden. Das Instrument zum prozeduralen Wissen besteht aus 15 Multiple-Choice-Items, die aus verschiedenen bestehenden Instrumenten (Henke, 2007; Nehring, 2015; Vorholzer, von Aufschnaiter & Kirschner, 2016) adaptiert wurden. Das Instrument zum epistemischen Wissen wurde von Arnold (2015) entwickelt und um drei Items auf insgesamt 13 Single-Choice-Items gekürzt. Beim Instrument zum Fachwissen handelt es sich um 24 Single-Choice-Items, welche sich mit dem Themenbereich Säuren und Basen befassen und aus einem für den Einsatz in der Oberstufe entwickelten Itempool von Hülsmann (2015) stammen. Die Ergebnisse der Pilotierung sind in Tabelle 1 ersichtlich.

Tab. 1: Kennwerte der pilotierten Testinstrumente

Skala	Item-anzahl	Mittelwert		Reliabilität (α)	Trenn-schärfe (r_{it})	Schwierigkeit (p)
		M	*SD*			
Prozedurales Wissen	15	41.55 (von 56)	6.25	.68	.07 - .48	.34 - .88
Epistemisches Wissen	13	5.18 (von 13)	2.20	.52	-.06 - .40	.07 - .81
Fachwissen	24	10.97 (von 24)	4.23	.74	-.07 - .58	.06 - .74

Die Ergebnisse für die Skala zum prozeduralen Wissen wurden zum Anlass für eine inhaltliche Überarbeitung des Tests genommen. Hier wurde insbesondere ein Augenmerk auf den hohen Mittelwert gelegt, der anzeigt, dass Varianz durch zu leicht zu erreichende Punkte verloren geht. Außerdem weisen niedrige Trennschärfen von Items am Ende des Tests auf eine zu geringe Testzeit hin. Der Test zum Fachwissen wird im Zuge einer ohnehin intendierten Verringerung der Itemzahl um die Items mit ungünstigen Kennwerten gekürzt. Während die beiden vorgenannten Instrumente bereits in ihrer pilotierten Form ausreichende Reliabilität zeigen, bleibt der Test zum epistemischen Wissen hinter den Anforderungen zurück. Eine weitreichend überarbeitete Version wird gegenwärtig pilotiert.

Eine weitere Pilotstudie widmete sich der Erprobung des Experimentiersettings zum Thema Phosphatpuffer. Insgesamt war in dieser Studie eine Stichprobe von $N = 70$ Lernenden beteiligt, die in 35 Zweiergruppen aufgeteilt wurden. Elf dieser Gruppen wurden beim Auswerten des Versuchs videographiert. Eine qualitative Überprüfung der von den Lernenden generierten Datensätze zeigt an, dass ein großer Teil in der Lage war, mithilfe der für sie neuartigen digitalen Sensoren Datensätze zu generieren, die für die Bearbeitung der offenen Auswertungsaufgaben geeignet waren. Wo dies nicht der Fall war, konnten als Ursache häufig Bedienungsfehler identifiziert werden, denen in der Hauptstudie mit genaueren Instruktionen begegnet wird. Des Weiteren wurden die Antworten der Lernenden auf die offenen Aufgaben untersucht. Hier zeigt sich, dass nur zwölf der 35 Gruppen mehr als zwei der insgesamt neun Aufgaben bearbeitet haben. Da sich die ersten beiden Aufgaben auf das Aufbereiten der Daten in Graphen beziehen, lässt sich erschließen, dass das Durchführen des Versuchs und das anschließende Aufbereiten der Daten sich für viele Gruppen als zu zeitaufwendig darstellt. Das Setting wurde daher unter diesem Aspekt überarbeitet. Die Videodaten der videographierten Zweiergruppen wurden zur Überprüfung der Eignung des aus Kechel (2016) adaptierten Kodiermanuals induktiv auf Schwierigkeiten bei der Datenauswertung hin untersucht. Als Artefakt der oben beschrieben häufig unvollständigen Bearbeitungen wurden dabei hauptsächlich Schwierigkeiten für die Komponente *Daten aufbereiten* identifiziert. Es konnten allerdings auch für alle anderen Komponenten Schwierigkeiten aufgezeigt werden, sodass von einer ausreichenden Sensitivität des Kodiermanuals und somit einer Eignung zur Verwendung in der Hauptstudie ausgegangen werden kann. Ein zweiter Kodierdurchgang wird zur summativen Prüfung der Intercoder-Reliabilität genutzt.

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 (16), 2719–2749. https://doi.org/10.1080/09500693.2014.930209

Arnold, J. (2015). Die Wirksamkeit von Lernunterstützungen beim Forschenden Lernen. Berlin: Logos.

Chinn, C. A. & Malhotra, B. A. (2002). Epistemologically authentic inquiry in schools. A theoretical framework for evaluating inquiry tasks. Science Education, 86 (2), 175–218. https://doi.org/10.1002/sce.10001

Henke, C. (2007). Experimentell-naturwissenschaftliche Arbeitsweisen in der Oberstufe. Untersuchung am Beispiel des HIGHSEA-Projekts in Bremerhaven. Berlin: Logos.

Hülsmann, C. (2015). Kurswahlmotive im Fach Chemie. Eine Studie zum Wahlverhalten und Erfolg von Schülerinnen und Schülern in der gymnasialen Oberstufe. Berlin: Logos.

Jeong, Heisawn; Songer, Nancy B.; Lee, Soo-Young (2007): Evidentiary Competence. Sixth Graders' Understanding for Gathering and Interpreting Evidence in Scientific Investigations. In: Research in Science Education 37 (1), S. 75–97. 10.1007/s11165-006-9014-9.

Kechel, J.-H. (2016). Schülerschwierigkeiten beim eigenständigen Experimentieren. Eine qualitative Studie am Beispiel einer Experimentieraufgabe zum Hooke'schen Gesetz. 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. https://doi.org/10.1002/tea.21086

Klahr, D. (2000). Exploring Science. Cambridge/London: MIT Press.

Lubben, F. & Millar, R. (1996). Children's ideas about the reliability of experimental data. International Journal of Science Education, 18 (8), 955–968. https://doi.org/10.1080/0950069960180807

Mayring, P. (2015). Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken (12., überarb. Aufl.). Weinheim: Beltz.

MSW NRW. (2014). Kernlehrplan für die Sekundarstufe II Gymnasium/Gesamtschule in Nordrhein-Westfalen: Chemie. Verfügbar unter https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/lehrplan/151/KLP_GOSt_Chemie.pdf

Nehring, A. (2015): Wissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen im Fach Chemie. Eine kompetenzorientierte Modell- und Testentwicklung für den Bereich der Erkenntnisgewinnung, Berlin: Logos.

Opitz, A., Heene, M. & Fischer, F. (2017). Measuring scientific reasoning – a review of test instruments. Educational Research and Evaluation, 23 (3-4), 78–101. https://doi.org/10.1080/13803611.2017.1338586

Roberts, R. & Gott, R. (2004). A written test for procedural understanding. A way forward for assessment in the UK science curriculum? Research in Science & Technological Education, 22 (1), 5–21. https://doi.org/10.1080/0263514042000187511

Sandoval, W. A. & Millwood, K. A. (2005). The Quality of Students' Use of Evidence in Written Scientific Explanations. Cognition and Instruction, 23 (1), 23–55. https://doi.org/10.1207/s1532690xci2301_2

Toplis, R. (2007). Evaluating Science Investigations at Ages 14–16. Dealing with anomalous results. International Journal of Science Education, 29 (2), 127–150. https://doi.org/10.1080/09500690500498278

Vorholzer, A.; Aufschnaiter, C. von; Kirschner, S. (2016): Entwicklung und Erprobung eines Tests zur Erfassung des Verständnisses experimenteller Denk- und Arbeitsweisen. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 22 (1), S. 25–41. https://doi.org/10.1007/s40573-015-0039-3

Wellnitz, N. & Mayer, J. (2013). Erkenntnismethoden in der Biologie – Entwicklung und Evaluation eines Kompetenzmodells. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 19, 315-345.

Büşra Tonyali[1]
Mathias Ropohl[1]
Julia Schwanewedel[2]

[1]Universität Duisburg-Essen
[2]Universität Hamburg

Optimierung von Arbeitsblättern durch Feedback in Chemie

Theoretischer Hintergrund

Im Chemieunterricht dienen Repräsentationen als wichtiges Medium der Wissensvermittlung (Krey & Schwanewedel, 2018). Dabei werden nicht nur fachspezifische und komplexe Repräsentationen eingesetzt, sondern mehrere, unterschiedliche Formen als multiple externe Repräsentationen (meR) gleichzeitig. Ihr lernförderlicher Effekt auf das Wissen und die Kompetenzen der Schüler*innen wird sowohl aus fachdidaktischer als auch kognitionspsychologischer Perspektive begründet (Kozma & Russell, 1997; Schnotz & Bannert, 1999).
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 zum einen entsprechendes Fachwissen und zum anderen fachdidaktisches Wissen über meR erlangen, d.h. Kenntnisse über charakteristische Schülerschwierigkeiten und passende Vermittlungsstrategien (McElvany & Willems, 2012). Untersuchungen zeigen jedoch, dass angehende Lehrkräfte über ein geringes Wissen zu meR verfügen (Taskin, Bernholt & Parchmann, 2015). Insbesondere stellt das 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).
Neben dem Professionswissen sind Überzeugungen Teil der professionellen Handlungskompetenz (Baumert & Kunter, 2011). Im Unterschied zum Wissen gelten Überzeugungen als schwer veränderbar, da sie über einen langen Zeitraum aufgebaut werden (Pajares, 1992). Jedoch haben Überzeugungen einen bedeutenden Einfluss auf die Gestaltung von Unterricht und Lernprozessen (Dubberke, Kunter, McElvany, Brunner & Baumert, 2008).
Zusammengefasst weisen empirische Befunde auf die Wichtigkeit der Kompetenzen von Lehrkräften über Repräsentationen hin. Lehrkräfte sollten in der Lage sein, meR reflektiert einzusetzen und sie so zu gestalten, dass sie für Schüler*innen lernförderlicher sind. Trotzdem ist der unterrichtliche Einsatz von meR selten Bestandteil in der Lehramtsausbildung (McElvany et al., 2009).

Forschungsanliegen

Vor diesem Hintergrund wird eine Unterstützungsmaßnahme entwickelt, die Lehramtsanwärter*innen dabei helfen soll, ihre professionelle Handlungskompetenz in Bezug auf den Umgang mit meR zu erweitern. Befunde der Professionalisierungsforschung bestätigen das Potenzial von Feedback in der Aus- und Fortbildung von Lehrkräften. Dabei sollte sich das Feedback auf ein möglichst konkretes unterrichtliches Vorgehen oder Unterrichtsmaterial fokussieren (z.B. auf ein selbstgestaltetes Arbeitsblatt; Lipowsky, 2009). Zudem wird angenommen, dass vor allem die Kombination aus internem Feedback (Selbstfeedback) und externem Feedback (Fremdfeedback) dazu geeignet ist, angehende Lehrkräfte zu fördern. Bei der Kombination der Feedbackarten generiert eine Person (z.B. Lehrkraft) zunächst eigenes Feedback. Unabhängig von dem Ergebnis dieses internen Feedbacks wird in gleicher Vorgehensweise das externe Feedback von einer außenstehenden Person (z.B. Mentor,

Supervisor) gegeben. So kann die Person durch das Vergleichen und Reflektieren beider Feedbacks zukünftige Arbeits- und Denkprozesse anpassen und optimieren (Butler & Winne, 1995).

Forschungsfragen

Ziel des Vorhabens ist die Klärung der Frage, wie sich das Professionswissen sowie die Überzeugungen von Lehramtsanwärterinnen und -anwärtern zu meR mithilfe einer feedbackgestützten Intervention fördern lassen. Entsprechend werden folgende Forschungsfragen untersucht:

FF1: Welchen Effekt hat externes und/oder internes Feedback auf
- a) das fachliche und fachdidaktische Wissen zu Repräsentationen,
- b) die Überzeugungen zu Repräsentationen und
- c) die Qualität von selbstgestalteten Lehr-Lern-Materialien?

FF2: Welchen Einfluss haben Faktoren wie die Studienfachkombination oder die Schulform auf das Wissen und die Überzeugungen?

Methodisches Vorgehen

Die Intervention im Pretest-Posttest-Kontrollgruppendesign wird als Modul in den regulären Vorbereitungsdienst in Nordrhein-Westfalen implementiert. Angestrebt wird eine Stichprobengröße von $N = 90$ Lehramtsanwärter*innen, wobei die Teilnehmer*innen in drei Untersuchungsgruppen aufgeteilt werden (*Tab. 1*). Die Erhebung der Hauptstudie startete im Juni 2020.

Tab. 1: Pretest-Posttest-Kontrollgruppendesign (MZP = Messzeitpunkt)

Untersuchungsgruppen (je $n = 30$)	**1. MZP**	**Intervention**			**2. MZP**
1. Internes und externes Feedback	Pretests	1. Sitzung	2. Sitzung	3. Sitzung	Posttests
2. Internes Feedback					
3. Kein Feedback					

Als abhängige Variablen werden im Pre- (105 min) und Posttest (90 min) das Fachwissen und das fachdidaktische Wissen sowie die Überzeugungen zu Repräsentationen gemessen. Die entsprechenden Testinstrumente wurden in Anlehnung an bereits evaluierte Tests adaptiert, weiterentwickelt und in der Pilotierung evaluiert. Hierzu wurden $N = 50$ Lehramtsstudierende von den Universitäten Dortmund, Duisburg-Essen und Köln befragt, welche sich im Masterstudium befanden (Tonyali, Ropohl & Schwanewedel, 2020).

Als Kontrollvariablen werden das allgemeine fachliche und fachdidaktische Wissen sowie Merkmale zum Ausbildungshintergrund erhoben (Tonyali et al., 2020). Alle Messungen wurden in die Lernplattform Moodle implementiert und werden online durchgeführt.

Die Intervention wird als ein Moodle-Selbstlernmodul angeboten und umfasst insgesamt drei Sitzungen à 90 Minuten. Jede Phase ist von der Grundstruktur gleich aufgebaut, bezieht sich jedoch auf ein anderes chemisches Beispiel (*Tab. 2*). Zu Beginn der Sitzung erhalten die Teilnehmer*innen eine konkrete unterrichtliche Lernsituation und erstellen hierfür ein Arbeitsblatt. Dabei werden ihnen vorangefertigte Text- und Bildmaterialien mit unterschiedlichen Qualitäten vorgegeben, die von Teilnehmer*innen selegiert, überarbeitet und zu einem

ganzheitlichen Arbeitsblatt mit Aufgabenstellungen gestaltet werden. Anschließend nutzen die Teilnehmer*innen den Bewertungsbogen, um ihr selbstgestaltetes Arbeitsblatt zu bewerten bzw. internes Feedback zu generieren. Nach Abschluss der Sitzung wird das externe Feedback von den Studienerhebenden für jedes Arbeitsblatt individuell vorbereitet und den Teilnehmer*innen in der nächsten Sitzung dargeboten. In der darauffolgenden Reflexionsphase vergleichen die Teilnehmer*innen beide Feedbacks bzw. Bewertungsbögen, reflektieren und starten anschließend mit der Erstellung eines neuen Arbeitsblattes. Der Zyklus aus Arbeitsblattgestaltung, Feedbackgenerierung und Reflexion wird insgesamt dreimal durchgeführt. Übergeordnetes chemisches Thema der drei Sitzungen und Arbeitsblätter ist das Inhaltsfeld „Stoffe und Stoffgemische“ der Jahrgangsstufe 7.

Tab. 2: Aufbau der Intervention am Beispiel der Interventionsgruppe 1

1. Sitzung		**2. Sitzung**			**3. Sitzung**		
45 min	30 min	15 min	45 min	30 min	15 min	45 min	30 min
Erstellen eines ABs	Generieren von int. Feedback	Reflexion mittels ext. Feedbacks	Erstellen eines ABs	Generieren von int. Feedback	Reflexion mittels ext. Feedbacks	Erstellen eines ABs	Generieren von int. Feedback

Beide Feedbackarten werden anhand eines kriteriengeleiteten Bewertungsbogens generiert, welcher in einer Vorstudie pilotiert wurde (*Tab. 3*; Tonyali et al., 2020). Der Bewertungsbogen enthält verschiedene fachdidaktische und kognitionspsychologische Kriterien, die bei der Gestaltung und dem unterrichtlichen Einsatz von chemischen Repräsentationen berücksichtigt werden sollten. Die Bewertung bzw. Überprüfung dieser Kriterien erfolgt über eine fünfstufige Likert-Skala und einer anschließenden Gesamtbewertung.

Tab. 3.: Beispielitems aus dem Bewertungsbogen zur Analyse von meR in Arbeitsblättern

Wie treffen die Kriterien auf Ihr Arbeitsblatt zu?	**voll zu**	**eher**	**teil-weise**	**eher nicht**	**gar nicht**
Die Auswahl der dargestellten Repräsentationsebenen ist für das Lernziel angemessen.	□	□	□	□	□
Alle vorhandenen Ebenen nehmen Bezug auf die makroskopische Ebene.	□	□	□	□	□
Die Teilchenform/-farbe und Hintergrundfarbe erzeugen keine falschen Schülervorstellungen.	□	□	□	□	□

In der geplanten Auswertung werden die Ergebnisse der drei Untersuchungsgruppen aus den o.g. Testinstrumenten miteinander verglichen (T-Tests). Ebenso werden die Qualitäten der Arbeitsblätter sowie ihre Entwicklung über die drei Sitzungen untersucht. Dabei wird der Bewertungsbogen auch zur Untersuchung der Interrater-Korrelationen (intern/extern) verwendet. Außerdem erfolgen Analysen nach Korrelationen und Regressionen.

Diskussion und Ausblick

Nach Abschluss der Pilotierung und der Vorbereitungen startete die Hauptstudie im Juni 2020. Sie wird voraussichtlich bis Ende 2020 fortgeführt. Ergebnisse und Interpretationen hierzu werden im kommenden Jahr berichtet.

Literatur

Baumert, J. & Kunter, M. (2011). Das Kompetenzmodell von COACTIV. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Hrsg.), Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV (S. 29–53). Münster: Waxmann.

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.

Dubberke, T., Kunter, M., McElvany, N., Brunner, M. & Baumert, J. (2008). Lerntheoretische Überzeugungen von Mathematiklehrkräften. Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 22(34), 193–206.

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.

McElvany, N., Schroeder, S., Hachfeld, A., Baumert, J., Richter, T., Schnotz, W. et al. (2009). Diagnostische Fähigkeiten von Lehrkräften. Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 23(3), 223–235.

Pajares, M. F. (1992). Teachers' Beliefs and Educational Research: Cleaning Up a Messy Construct. Review of Educational Research, 62(3), 307–332.

Schnotz, W. & Bannert, M. (1999). Einflüsse der Visualisierungsform auf die Konstruktion mentaler Modelle beim Text- und Bildverstehen. Experimental Psychology, 46(3), 217–236.

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.

Silvia Alexandra Havlena[1] [1]Pädagogische Hochschule Salzburg
Alexander Strahl[2] [2]Universität Salzburg
Andreas Müller[3] [3]Universität Genf

Physik literarisch vernetzen – neue Wege der Kontextorientierung

Einleitung

Naturwissenschaftlich-mathematischer Unterricht ist im Verlauf der Schulzeit verstärkt von einem Abwärtstrend des Interesses betroffen. Dies gilt in besonderem Maße für den Physikunterricht (Häußler, Bünder, Duit, Gräber & Mayer, 1998; Hoffmann, Häußler & Lehrke, 1998; Häussler & Hoffmann, 2002; Kessels & Hannover, 2006; Stampfl & Saurer, 2016). Eine starke Lehrer*innenzentriertheit (Suchań & Breit, 2016), komplexe Inhalte, daraus resultierend eine geringe Selbstwirksamkeitsüberzeugung der Schüler*innen und fehlende lebensweltliche Bezüge (Daniels, 2008; Hoffmann et al., 1998; Kessels & Hannover, 2006) werden häufig als mögliche Gründe für mangelndes Fachinteresse und ein negatives Image von Physikunterricht genannt. Positiv hervorgehoben wird hingegen geisteswissenschaftlich-sprachlicher Unterricht. Diesen assoziieren Schüler*innen häufiger mit Kreativität und Möglichkeiten zur Selbstverwirklichung als mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht, beispielsweise Physikunterricht (Kessels & Hannover, 2006). Diese Ergebnisse werden im Dissertationsprojekt zum Anlass genommen, um den Einfluss geisteswissenschaftlich-sprachlicher Fächer auf das Lehren und Lernen im Physikunterricht zu untersuchen.

Theoretische Einbettung

Schüler*innen interessieren sich für unterschiedliche Facetten der Physik (Häussler & Hoffmann, 2002; Hoffmann et al., 1998). Das Wissen über unterschiedliche Interessen ist für eine Passung zwischen Fach- und Sachinteresse wesentlich. Herrscht im Unterricht eine Diskrepanz zwischen dem schulischen Inhalt und Inhalten von persönlichem Interesse, führt dies zur Apathie (Müller, 2006) und eventuell zu einer Abkehr vom Schulfach. Eine Orientierung an für Schüler*innen interessanten Kontexten wird gefordert. Kontextorientierung wird in der fachdidaktischen Diskussion schon seit längerem als Möglichkeit angesehen, fachliche Inhalte aus der Schule mit persönlich relevanten und interessanten Inhalten des außerschulischen Lebens zu verknüpfen. Hierdurch soll der Transfer schulischen Wissens auf Herausforderungen des Alltags erleichtert und der Ansammlung trägen Wissens begegnet werden (Duske, 2017; Kuhn, Müller, Müller & Vogt, 2010; Müller, 2006).

Auf die Frage, in welche Kontexte physikalisches Wissen eingebettet werden soll, geben die Ergebnisse zur IPN-Interessenstudie Physik (Hoffmann et al., 1998; Häussler & Hoffmann, 2002) erste Hinweise. Insgesamt konnten drei Interessenbereiche ausgemacht werden, denen sich in unterschiedlichem Ausmaß drei Interessentypen zuordnen lassen. Diese Ergebnisse wurden in der Salzburg-Studie (Herbst, Fürtbauer & Strahl, 2016) um einen vierten Interessentyp erweitert (siehe Abb. 1). Anhand der prozentuellen Verteilung, in welcher die Interessentypen durchschnittlich im Klassenverband vertreten sind, erweisen sich vor allem Inhalte zu *Mensch und Natur* für einen Großteil der Schüler*innen als ansprechend. Ersichtlich werden auch unterschiedliche Interessenpräferenzen zwischen Mädchen und Jungen, da sich Mädchen häufiger einem Interessentyp zuordnen lassen, der sich für gesellschaftliche Aspekte der Physik begeistert (Häußler et al., 1998). Dieser Unterschied in der

Interessengenese lässt sich auch in der ROSE-Studie (The Relevance of Science Education) wiederfinden (Elster, 2010). Ausgehend von der Annahme, dass für Mädchen relevante Inhalte auch für Jungen von Interesse sind (Häußler et al., 1998), bieten sich für eine hohe Passung zwischen Sach- und Fachinteresse die Kontexte zu *Mensch und Natur* sowie *Gesellschaft* besonders an.

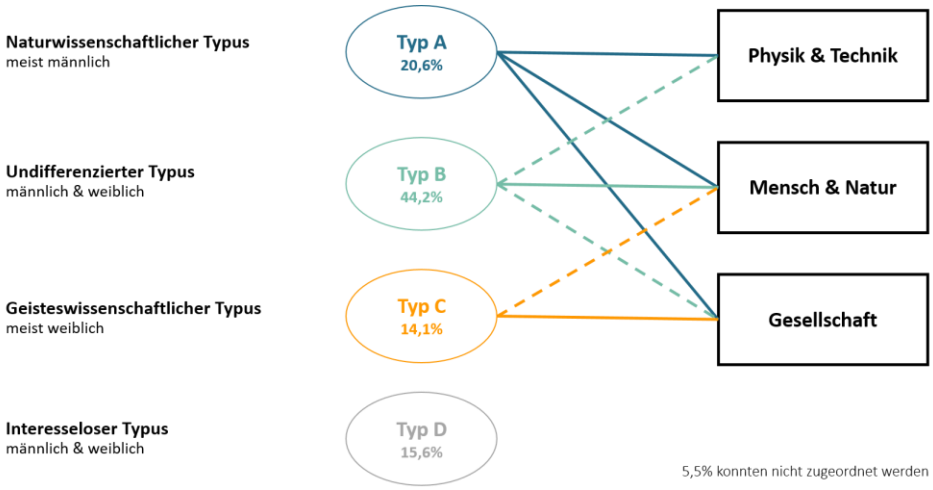


Abb. 1 Darstellung der vier Interessentypen in Relation zu den drei Interessenbereichen. Eigene Darstellung (in Anlehnung an Herbst, Fürtbauer & Strahl, 2016)

Eine vielversprechende Möglichkeit der Vernetzung physikalischer Inhalte mit gesellschaftlichen Aspekten ergibt sich über einen Zugang zu geisteswissenschaftlich-sprachlichen Fächern, dem bisher in der naturwissenschaftlichen Fachdidaktik wenig nachgegangen wurde. Eine Analyse gängiger Arbeiten zum interdisziplinären bzw. fächerübergreifenden Unterricht macht deutlich, dass diese Form der Unterrichtsorganisation innerhalb der MINT-Fächer vermehrt angewendet wird (Labudde, 2014). Eine horizontale Vernetzung über die Naturwissenschaften hinaus, etwa durch eine Verknüpfung mit Inhalten des Faches Deutsch, ist jedoch selten (Metzger, 2019). Dabei bietet vor allem der Sprachunterricht viele Anknüpfungspunkte. Der österreichische Lehrplan betont die Relevanz physikalischer Inhalte in den fünf Bildungsbereichen *Natur und Technik*, *Mensch und Gesellschaft*, *Sprache und Kommunikation*, *Gesundheit und Bewegung* sowie *Kreativität und Gestaltung* (Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung, 2020). Vor allem die Bereiche *Sprache und Kommunikation* sowie *Kreativität und Gestaltung* könnten sich als festes Fundament für eine Brücke zwischen den Fächern Physik und Deutsch eignen und vielversprechende Synergieeffekte zu Tage fördern:

- Im Physikunterricht wird *Sprachkompetenzförderung* im Sinne des Unterrichtsprinzips Leseerziehung (Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung, o.J.) mitgedacht und Lesekompetenz als ein überfachliches Anliegen gefördert.
- Interessenfördernde Bereiche wie *Mensch und Natur* und *Gesellschaft* werden vermehrt thematisiert.
- Das Image des Physikunterrichts wird gefördert, indem positive Assoziationen zu geisteswissenschaftlich-sprachlichen Fächern (Kessels & Hannover, 2006) auf diesen übertragen werden.

Im Forschungsprojekt wird der Zugang zu geisteswissenschaftlich-sprachlichen Inhalten über das Medium Buch gewählt. In literarischer Sprache verarbeitete Fachphysik soll in Form eines neuen Aufgabenformats für den Physikunterricht (literarische Physikaufgaben) aufbereitet werden. Es wird vermutet, dass die phantasievolle Verarbeitung einen neuen Zugang zu komplexen, physikalischen Inhalten ermöglicht. Die kreative Seite der Naturwissenschaften wird durch das künstlerische Schaffen der Autor*innen leichter greifbar, schwer verständliche Inhalte durch Analogien in eine leichter verständliche Sprache gehüllt und Physik durch die inhaltliche Einbettung in eine literarische Handlung lebensweltlicher (Dammaschke & Strahl, 2010) – wenn auch vorerst in der fiktionalen Welt.

Arbeitsvorhaben

Das Forschungsprojekt widmet sich der folgenden übergeordneten Forschungsfrage: *Welches Potential hat belletristische Literatur für den Physikunterricht?*

Um das Forschungsfeld *Physik und Literatur* umfangreich beleuchten zu können, wurde ein sequenzielles, exploratives Mixed-Methods-Design gewählt (siehe Abb. 2). In jeder Teilstudie gilt es eigene Forschungsfragen zu beantworten, die der Erschließung der leitenden Forschungsfrage dienlich sind.

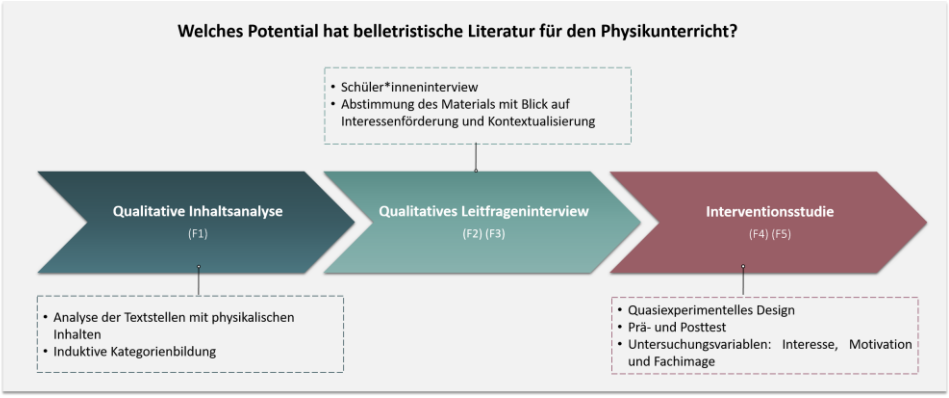


Abb. 2 Forschungsdesign

In der ersten Studie wird das belletristische Ausgangsmaterial gesichtet. Mittels qualitativer Inhaltsanalyse (Mayring, 2015) werden die Textstellen nach (fach)physikalischen Inhalten hin analysiert und kategorisiert. Anschließend wird in Studie 2 die interessante Beschaffenheit dieser Textstellen mittels qualitativer Interviewdaten von Schüler*innen erhoben. Jene Textstellen, die sich in besonderem Maße zur Interessenförderung im Physikunterricht eignen, fungieren in den literarischen Physikaufgaben als Ankermedien. Dessen Konzipierung erfolgt in Anlehnung an den Theorierahmen des Modifizierten Anchored Instruction-Ansatzes (Kuhn, 2010) und lässt sich somit in die Tradition kontextorientierten Unterrichts einordnen. In Studie 3 wird der Einfluss der literarischen Physikaufgaben auf Fachinteresse und Motivation untersucht. Darüber hinaus wird eruiert, auf welche Weise sich eine Integration geisteswissenschaftlich-sprachlicher Inhalte auf das Image von Physikunterricht auswirkt.

Literatur

Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung (o.J.). Leseerziehung. Abgerufen von https://www.bmbwf.gv.at/Themen/schule/schulpraxis/prinz/leseerziehung.html (zuletzt geprüft am 16.10.2020).

Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung (2020). Gesamte Rechtsvorschrift für Lehrpläne – allgemeinbildende höhere Schulen, Fassung vom 18.10.2020. Abgerufen von https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzes-nummer=10008568 (zuletzt geprüft am 16.10.2020).

Dammaschke, T., & Strahl, A. (2010). Physik in anderen Welten: Literatur, Film und Fernsehen für das Lernen von und über Physik nutzen. Unterricht Physik: Physik in fiktionalen Medien, 21 (120), 4-9.

Daniels, Z. (2008). Entwicklung schulischer Interessen im Jugendalter. Pädagogische Psychologie und Entwicklungspsychologie, 69. Münster: Waxmann.

Duske, P. (2017). Bilingualer Unterricht im Fokus der Biologiedidaktik. Auswirkungen von Unterrichtssprache und -kontext auf Motivation und Wissenserwerb. Wiesbaden: Springer Fachmedien.

Elster, D. (2010). Zum Interesse Jugendlicher an den Naturwissenschaften. Ergebnisse der ROSE Erhebung aus Deutschland und Österreich. Online-Publikation: Shaker.

Häußler, P., Bünder, W., Duit, R., Gräber, W. & Mayer, J. (1998). Naturwissenschaftsdidaktische Forschung - Perspektiven für die Unterrichtspraxis. Kiel: IPN.

Häussler, P. & Hoffmann, L. (2002). An intervention study to enhance girls' interest, self-concept, and achievement in physics classes. Journal of Research in Science Teaching, 39(9), 872-888.

Herbst, M., Fürtbauer, E.M. & Strahl, A. (2016). Interesse an Physik – in Salzburg. DPG Frühjahrstagung 2016. Abgerufen von http://www.phydid.de/index.php/phydid-b/article/view/682/838 (zuletzt geprüft am 16.10.2020).

Hoffmann, L., Häußler, P. & Lehrke, M. (1998). Die IPN-Interessenstudie Physik. Kiel: IPN.

Kessels, U. & Hannover, B. (2006). Zum Einfluss des Image von mathematisch-naturwissenschaftlichen Schulfächern auf die schulische Interessenentwicklung. In M. Prenzel und L. Allolio-Näcke (Hrsg.), Untersuchungen zur Bildungsqualität von Schule. Abschlussbericht des DFG-Schwerpunktprogramms. Münster: Waxmann, 350-369.

Kuhn, J. (2010). Authentische Aufgaben im theoretischen Rahmen von Instruktions- und Lehr-Lern-Forschung. Optimierung von Ankermedien für eine neue Aufgabenkultur im Physikunterricht. Wiesbaden: Vieweg+Teubner.

Kuhn, J., Müller, A., Müller, W. & Vogt, P. (2010). Kontextorientierter Physikunterricht. Konzeptionen, Theorien und Forschung zu Motivation und Lernen. PdN-PhiS, 59(5), 13-25. Abgerufen von http://www.mathphys.uni-frei-burg.de/physik/filk/public_html/InfoLehramt/FD17_QhxBz/PDN_-Kontextorientierung.pdf (zuletzt am 26.06.2020).

Labudde, P. (2014). Fächerübergreifender naturwissenschaftlicher Unterricht – Mythen, Definitionen, Fakten. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 20 (1), 11-19.

Mayring, P. (2015). Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken (12. Aufl.). Weinheim: Beltz.

Metzger, S. (2019). Die Naturwissenschaften fächerübergreifend vernetzen. In P. Labudde & S. Metzger (Hrsg.), Fachdidaktik Naturwissenschaften. 1.–9. Schuljahr (3., erweiterte und aktualisierte Auflage). Bern: Haupt, 29-44.

Müller, R. (2006). Physik in interessanten Kontexten. IPN. Abgerufen unter https://www.tu-braunschweig.de/index.php?eID=dumpFile&t=f&f=62524&token=51fa1aba6d0a6527114c2bd27350fcef71bbdd76 (zuletzt am 29.09.2020).

Stampfl, M. & Saurer, W. (2016). Verstehen, Interesse und Fachsprache im Physikunterricht. In B. Hinger (Hrsg.), Zweite "Tagung der Fachdidaktik" 2015. Sprachsensibler Sach-Fach-Unterricht – Sprachen im Sprachunterricht. Innsbruck: innsbruck university press, 129-140. Abgerufen von https://www.uibk.ac.at/iup/buch_pdfs/zweite-fachdidaktik/9783903122512.pdf (zuletzt geprüft am 16.10.2020).

Suchań, B. & Breit, S. (2016). PISA 2015. Grundkompetenzen am Ende der Pflichtschulzeit im internationalen Vergleich. Graz: Leykam.

Huong Giang Do[1]
Robin Bläsing[2]
Sebastian Nell[1]
Jens Noritzsch[2]
Sebastian Staacks[2]
Christoph Stampfer[2]
Heidrun Heinke[1]

[1]I. Physikalisches Institut (RWTH Aachen)
[2]II. Physikalisches Institut (RWTH Aachen)

Experimentiersets aus Karton für den Einsatz mit der App *phyphox*

Ausgangslage

Die App *phyphox* (kurz für *physical phone experiments*) wurde 2016 veröffentlicht und bietet seitdem zahlreiche physikalische Experimentiermöglichkeiten mit dem Smartphone. Als Messgerät können sowohl eingebaute Sensoren im Handy (z.B. Magnetometer, Lichtsensor, Gyroskop, Drucksensor…) als auch externe Sensoren verwendet werden (Staacks, 2018 & Dorsel, 2018). Zudem bietet die Fernsteuerungsfunktion der App ihrem Besitzer auch die Möglichkeit, laufende Messungen am Handy an einem anderen Gerät in Echtzeit mitzuverfolgen. Eigene Experimente können auf diesem Wege einfach durchgeführt werden, denn das Auslesen und der Export der Daten stellen keine Hürde mehr dar. Zusätzlich zu den vordefinierten Experimenten können eigene Experimente mit dem eingebauten Editor einfach erstellt, gespeichert und geteilt werden (Stampfer, 2020).

Erweiterung von *phyphox* mit Experimentiersets

Als Erweiterung und Hilfsmittel für eine breite Nutzung der App *phyphox* wurden *Experimentiersets aus Karton* entwickelt. Damit wurden erste Ansätze fortgeführt, neben Versuchen, die primär auf Basis der digitalen App entwickelt wurden und zu denen passende Materialien noch eigenständig beschafft werden müssen, auch ergänzende Experimentiermaterialien bereitzustellen (Hütz et al., 2019).



Abb. 1: Aufbau der Rolle (links) und der Salatschleuder (rechts)

In der Entwicklung der Experimentiersets aus Karton wird besonders auf die Vereinfachung von komplexen Aufbauten Wert gelegt, sodass nicht nur der Beschaffungsaufwand für den Nutzer gering gehalten, sondern auch der anschließende Aufbau vereinfacht wird. Vorgefer-

tigte Experimentiersets können somit einen leichteren Einstieg ins Experimentieren ermöglichen. Mit Karton als Material können die Aufbauten zudem selbstständig erweitert und modifiziert werden. Für die Realisierung der ersten Experimentiersets aus Karton wurden zwei bereits in *phyphox* integrierte Experimente ausgesucht[1].

In dem Experiment „Rolle“ befindet sich das Handy in der Achse einer aus mehreren Teilen zusammengesteckten rollbaren Vorrichtung (nachfolgend Rolle genannt) aus Karton (siehe Abb. 1 links). Die Räder sind mit unterschiedlichen Radien verfügbar und sind austauschbar. Das Ziel ist die Bestimmung der Bahngeschwindigkeit der Rolle über die direkte Messung der Winkelgeschwindigkeit. Hierzu soll die Rolle zur Bewegung angeregt und die Winkelgeschwindigkeit mithilfe von *phyphox* aufgenommen werden. Mittels graphischer Darstellung beider Geschwindigkeiten gegen die Zeit wird der lineare Zusammenhang mit dem Rollradius erlernt (Bahngeschwindigkeit = Winkelgeschwindigkeit x Radius). Das Experiment ist einfach aufgebaut und kann dennoch viele physikalische Themen abdecken (beispielsweise Translations- und Rotationsenergie…). Die Lage des Smartphones in der Rolle hat einen besonders großen Einfluss auf das Ergebnis der Messkurve. Auffällige Schwingungen können beobachtet werden, falls die Gewichtsverteilung nicht symmetrisch zur Drehachse der Rolle ist (vgl. Abb. 2, siehe hierzu auch Kuhlen et al. 2017). Probleme dieser Art werden in dem Zusammenhang diskutiert und die SchülerInnen haben die Möglichkeit, über Verbesserungsmöglichkeiten nachzudenken und diese direkt zu testen.

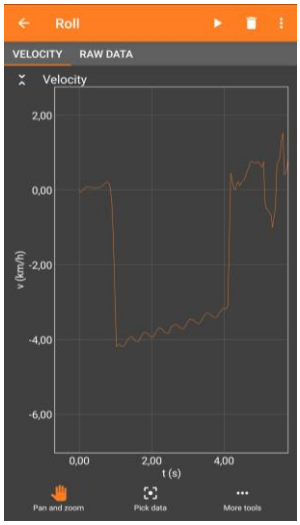


Abb. 2: Beispielmessung mit der Rolle

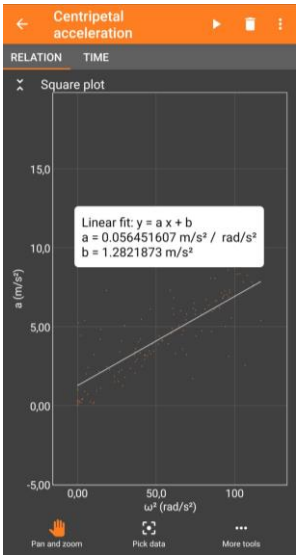


Abb. 3: Messung mit der Salatschleuder und lineare Ausgleichsgerade mithilfe von phyphox

Mit dem Experiment „Salatschleuder“ wird die Kreisbewegung untersucht. Für die Datenaufnahme wird das Smartphone auf der Drehscheibe des Aufbaus befestigt (siehe Abb. 1 rechts) und die Drehscheibe mithilfe eines Griffes in eine Kreisbewegung versetzt. Das Smartphone misst mithilfe von *phyphox* die Zentripetalbeschleunigung in Abhängigkeit von der Winkelgeschwindigkeit. Hierzu wird die „Salatschleuder“ unterschiedlich schnell gedreht. Der quadratische Zusammenhang zwischen der Zentripetalbeschleunigung und der Winkelgeschwindigkeit wird anhand der quadratischen Darstellung der Messdaten ersichtlich (siehe Abb. 3). Zusätzlich kann eine Ausgleichsgerade an die Messpunkte gelegt und damit die Streuung der Punkte um die erwartete Gerade

1 „Zentripetalbeschleunigung“ und „Rolle“ (letztere unter iOS nur extern über QR-Code verfügbar)

verdeutlicht werden. Analog zum vorherigen Experiment können Faktoren, die einen Einfluss auf die Messung haben, diskutiert werden. Als Beispiel können die Winkelgeschwindigkeit, die aufgrund des vereinfachten Aufbaus begrenzt ist, und das dominierende Gewicht des Smartphones genannt werden.

Erster Einsatz in einer digitalen Schüleruniversität, Evaluation und Ausblick

Ein erster Testeinsatz der entwickelten Experimentiersets aus Karton erfolgte im Rahmen einer online durchgeführten Schüleruniversität für physikinteressierte OberstufenschülerInnen an der RWTH Aachen im Sommer 2020. Dafür wurden Prototypen für die beiden Experimentieraufbauten mithilfe von Lasercuttern hergestellt und den TeilnehmerInnen zusammen als ein Set zugeschickt. Der Aufbau der Experimentieranordnungen und die Vorbereitung der Messdatenaufnahme fanden unter Anleitung in einer Videokonferenz in der Gruppe aller TeilnehmerInnen statt, gefolgt vom eigenständigen Experimentieren und von Diskussionsrunden in kleineren Gruppen von 3 bis 4 SchülerInnen. Dabei hat sich für die Anleitung der SchülerInnen und die Gruppenarbeit die Fernsteuerungsfunktion von *phyphox* als sehr hilfreich erwiesen, weil sie über das Teilen von Bildschirminhalten auch im Online-Format einen effektiven Austausch zum Experiment ermöglichte.

Um vor allem das Einsatzpotenzial des neuen Konzepts zu untersuchen, erhielten die SchülerInnen Aufgaben, die sie eigenständig ohne große Hilfestellungen der Anleitung bearbeiten sollten. Neben den in den Experimenten sichtbaren physikalischen Zusammenhängen wurden durch die SchülerInnen auch Fehlerquellen und ihre Wirkung auf die Qualität der Messdaten untersucht.

Bei der Durchführung der Experimente wurden sehr viele kreative Ideen und Vorschläge in die Diskussion eingebracht und von den SchülerInnen eigenständig umgesetzt. In einer abschließenden Evaluationsrunde wurde der Einsatz der Experimentiersets von den TeilnehmerInnen bewertet. Hierzu haben die SchülerInnen z.B. die Aussagen *„Der Aufbau ist einfach und hat sinnvolle Messwerte geliefert“* und *„Experimentieren macht Spaß und ist nicht nur in der Schule möglich“* positiv bewertet. Mit schriftlicher Aufbau- und allgemein gehaltener Experimentieranleitung war den TeilnehmerInnen der Schüleruniversität eine vollständig selbständige Arbeit möglich. Für die Umsetzung in verschiedenen Jahrgangsstufen können die Experimente mit Arbeitsblättern unterschiedlicher thematischer Ausrichtung und Schwierigkeitsgrade kombiniert werden. Die Wirksamkeit des Experiments muss in diesem Hinblick noch weitergehend evaluiert werden.

Der Einsatz hat auch Verbesserungsmöglichkeiten in den entwickelten Experimentiersets aufgezeigt. Karton ist als Material für solche Experimentiersets leicht, umweltfreundlich und einfach zu verändern, hat auf der anderen Seite allerdings eine begrenzte Lebensdauer. Sowohl die Dicke des verwendeten Kartons als auch die Ausschnitte können diesbezüglich noch weiter optimiert werden. Zusammenfassend erscheinen die ersten Ansätze zur Entwicklung von Experimentiersets aus Karton zur Unterstützung von Smartphone-Experimenten sehr vielversprechend und bieten viel Potenzial für zukünftige Erweiterungen.

Literatur

Dorsel, D., Staacks, S., Hütz, S., Heinke, H. & Stampfer, C. (2018). Smartphone-Experimente mit externen Sensoren. PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung, 393 – 397

Hütz, S., Staacks, S., Stampfer, C. & Heinke, H. (2019), Kleiner Aufwand, großer Nutzen?
- Experimentiersets zur Unterstützung experimenteller Übungsaufgaben mit Smartphones, PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung, 273-279

Kuhlen, S., Stampfer, C., Wilhelm, T. & Kuhn, J. (2017), Phyphox bringt das Smartphone ins Rollen, Phys. Unserer Zeit 3/2017 (48), 148-149.

Staacks, S., Hütz, S., Heinke, H. & Stampfer, C. (2018). Advanced tools for smartphone-based experiments: Phyphox. Physics Education, 53. 10.1088/1361-6552/aac05e

Stampfer, C., Heinke, H. & Staacks, S. (2020). A lab in the pocket. Nature Reviews Materials, 5 (3), 169-170

Sebastian Keller[1]
Sebastian Habig[2]
Stefan Rumann[1]

[1]Universität Duisburg-Essen
[2]Universität Paderborn

Potentiale von Augmented Reality für das Erlernen der organischen Chemie

Ausgangslage

Bei der Kommunikation naturwissenschaftlicher Inhalte bedient man sich typischerweise multipler externer Repräsentationsformen – so auch bei der Vermittlung der organischen Chemie. Hier existiert eine Vielzahl bildlicher Repräsentationsformen wie Strukturformeln, Keilstrich-Formeln oder Kugel-Stab-Modelle, die zwar ein und dasselbe Molekül beschreiben, sich hierbei aber auf verschiedenen Abstraktionsebenen befinden können. Spezifisch für die Vermittlung der organischen Chemie ist, dass Verbindungen und Reaktionen dreidimensional gedacht und entsprechend durch die jeweiligen Darstellungsformen auch dreidimensional repräsentiert werden müssen. Die Vielfalt der Darstellungsformen sowie die Dreidimensionalität stellen hohe kognitive Anforderungen an Lernende, insbesondere an deren mentale Rotationsfähigkeit (Oliver-Hojo & Sloan, 2014). Dieser Beitrag stellt eine Untersuchung vor, die den Einfluss von Augmented Reality auf die kognitive Belastung beim Erlernen der organischen Chemie untersucht.

Theoretischer Rahmen

Instruktionsmaterialien wie z. B. Lehrbücher gelten als externe Repräsentationsformen. Sobald mehrere Formen externer Repräsentationen simultan dargeboten werden, spricht man von multiplen externen Repräsentationen. Die Verarbeitung der externen Repräsentationen erfolgt im Arbeitsgedächtnis, basierend auf den Annahmen der Cognitive Load Theory. Diese differenziert die kognitive Anstrengung beim Lernen in die intrinsische, extrinsische sowie die lernbezogene Belastung (Sweller, 2011). Bei der Gestaltung von Instruktionsdesigns und der Darbietung multipler externer Repräsentationen ist darauf zu achten, dass die extrinsische Belastung beim Lernen möglichst gering gehalten wird, damit ein möglichst hoher Anteil der kognitiven Kapazität für das Lernen selbst aufgewendet werden kann (germane load).

Im Zuge der fortschreitenden Digitalisierung und der weiten Verbreitung mobiler Endgeräte bieten sich auch für Instruktionsdesigns neue Perspektiven, die extrinsische Belastung beim Erlernen der organischen Chemie zu reduzieren.

Die Technik Augmented Reality (AR) ermöglicht es, die Realwelt um dreidimensionale virtuelle Objekte zu erweitern und mit diesen zu interagieren (Herber, 2012). Im Falle einer markerbasierten AR wird durch die Kamera eines Smartphones oder Tablets ein Marker (z. B. eine Abbildung in einem Lernmaterial) erfasst und ein vordefiniertes dreidimensionales Objekt über dem jeweiligen Marker auf dem Bildschirm dargestellt.

Per Fingerbewegung lassen sich die Objekte in ihrer Darstellungsgröße variieren und frei im Raum rotieren. Ebenso können Animationen eingebunden werden.

Erste empirische Untersuchungen über die Potentiale von AR im Bildungskontext belegen eine Steigerung des Lernerfolges, einhergehend mit einem tieferen Verständnis des Lerninhaltes gegenüber Vergleichsgruppen (Lindgen & Moshell, 2011; Ibánez & Delgado-Kloos, 2018). Studien zeigen weiterhin, dass das räumliche Vorstellungsvermögen mittels AR gefördert werden kann (Lindgen & Moshell, 2011; Ibánez & Delgado-Kloos, 2018).

Forschungsfragen und Design

Wenngleich die bisherigen Befunde positive Indizien zum AR-Einsatz aufzeigen, stellt AR ein bisher wenig erprobtes Medium im Lernprozess dar. Im Falle einer unzureichenden Benutzerfreundlichkeit, würde die extrinsische kognitive Belastung unbeabsichtigt erhöht. Daher sollen im Rahmen einer Untersuchung folgende Forschungsfragen beantwortet werden:

FF1: Wird durch die Nutzung von AR die kognitive Belastung von Studierenden beim Erlernen organisch-chemischer Inhalte im Vergleich zu Text-Bild-basiertem Lernen reduziert?
FF2: Wie bewerten Studienanfängerinnen und –anfänger die Benutzerfreundlichkeit der entwickelten AR-App?
FF3: Besteht ein Zusammenhang zwischen der kognitiven Belastung der Studierenden beim Erlernen der Fachinhalte und der Bewertung der Benutzerfreundlichkeit der AR-App?

Zur Beantwortung dieser Forschungsfragen wurde eine Interventionsstudie durchgeführt, die in die Vorlesung Organische Chemie II an der Universität Duisburg-Essen eingebunden war. An drei Einzelterminen wurden Interventionen zu den Themen Stereochemie, Carbonyl-chemie sowie zu pericyclischen Reaktionen im Experimental-/Kontrollgruppen-Design durchgeführt. Zu jedem Thema wurde in Anlehnung an gängige Hochschullehrbücher ein Text-Bild-Lernmaterial entwickelt. Die Studierenden beider Gruppen bearbeiteten während der Interventionstermine ca. 60 Minuten lang das jeweils inhaltlich identische Lernmaterial in Einzelarbeit. Die Experimentalgruppe nutzte zusätzlich AR mittels der App *ARC* (Habig, 2019) auf einem iPad. Über die Kamera des iPads werden ausgewählte zweidimensionale Abbildungen aus den Lernmaterialien eingelesen und dreidimensional dargestellt bzw. animiert. Für das Thema der Stereochemie können beispielsweise 14 Modelle per Fingerbewegung auf dem Display manipuliert werden. Bei weiteren 8 Modellen handelt es sich um dreidimensionale Animationen.
Im Anschluss an die Bearbeitungsphasen wurde jeweils ein 30-minütiger Posttest bearbeitet. Neben 15 Fachwissensfragen zum Thema der jeweiligen Interventionssitzung, waren Fragen zur kognitiven Belastung bei der Bearbeitung des Lernmaterials (nach Klepsch, 2017) enthalten. Die Experimentalgruppe wurde außerdem mittels eines Fragebogens von Brooke (1996) zur Benutzerfreundlichkeit der App *ARC* befragt.

Ergebnisse

Kognitive Belastung

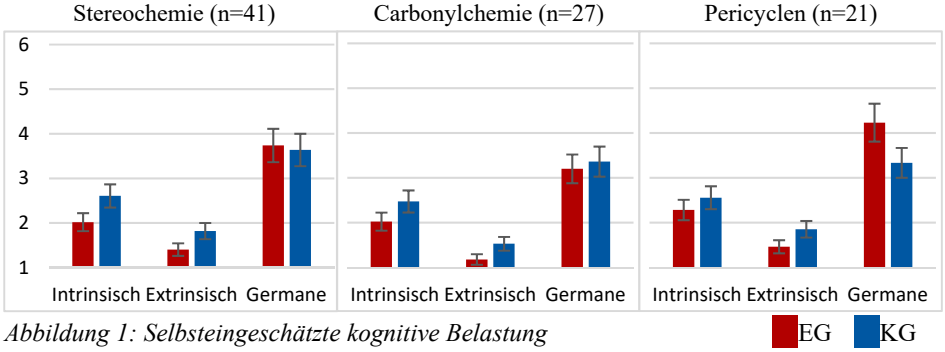


Abbildung 1: Selbsteingeschätzte kognitive Belastung

Die Studierenden der Experimentalgruppe haben im Vergleich zur Kontrollgruppe bei der Bearbeitung aller drei Themen eine geringere intrinsische sowie extrinsische kognitive Belastung erfahren. Der germane load liegt für beide Gruppen bei den Themen Stereochemie und Carbonylchemie auf einem vergleichbaren Niveau. Bei den pericyclischen Reaktionen berichten die Studierenden der Experimentalgruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe, mehr kognitive Kapazität in das eigentliche Lernen investiert zu haben.

Benutzerfreundlichkeit
Die Studierenden der Experimentalgruppe haben die Benutzerfreundlichkeit der App *ARC* mittels 10 Fragen bewertet. Aus diesen 10 Fragen lässt sich ein individueller Benutzerfreundlichkeitsindex auf einer Skala von 0 (sehr schlecht) bis 100 (bestmöglich) berechnen. Über alle drei Themen und alle Probanden beträgt dieser Benutzerfreundlichkeits-index im Mittel 84,11. Nach einer von Bangor et al. (2009) entwickelten Interpretationsskala lässt sich die Benutzerfreundlichkeit somit nahezu als *exzellent* beschreiben.

Korrelation zwischen Benutzerfreundlichkeit und kognitiver Belastung
Wie in Forschungsfrage 3 aufgeworfen, soll ein möglicher Zusammenhang zwischen der kognitiven Belastung beim Lernen und der Benutzerfreundlichkeit untersucht werden.

	Stereochemie (n=19)	**Carbonylchemie (n=15)**	**Pericyclen (n=12)**
Intrinsisch	r = -.262, p = .279	r = -.120, p = .671	r = .023, p = .944
Extrinsisch	r = -.524*, p = .021	r = -.588*, p = .021	r = -.641*, p = .025
Germane Load	r = .163, p = .505	r = .099, p = .724	r = .013, p = .967

Tabelle 1: Biv. Korrelationen zwischen der Benutzerfreundlichkeit und der kogn. Belastung
** Die bivariaten Korrelationen sind auf dem Niveau von $p < .05$ signifikant*

Die Ergebnisse in Tabelle 1 zeigen signifikante negative Zusammenhänge zwischen der extrinsischen Belastung sowie der eingeschätzten Benutzerfreundlichkeit. Weitere signifikante Zusammenhänge treten nicht auf.

Diskussion und Ausblick
Die berichteten Ergebnisse geben Hinweise darauf, dass durch die Nutzung von AR die intrinsische sowie die extrinsische Belastung beim Lernen der hier abgedeckten Inhalte reduziert werden kann. Die Tatsache, dass sich negative Korrelationen der Skala Benutzerfreundlichkeit ausschließlich mit der Sub-Skala *extrinsische Belastung* nachweisen lassen, lässt sich als Argument für die Validität des eingesetzten Fragenbogens interpretieren. Einschränkend ist natürlich anzumerken, dass die gewonnenen Ergebnisse durch die relativ geringe Stichprobengröße limitiert sind. Dennoch geben Sie Anlass, die Untersuchung im Rahmen einer Studie mit einer größeren Stichprobe zu wiederholen. Die gefundenen Ergebnisse sollen dabei repliziert und weitere Aspekte wie z. B. der Einfluss von AR auf den Lernzuwachs beider Gruppen oder der Einfluss der Fähigkeit des mentalen Rotierens betrachtet werden. Um den Kontaktbeschränkungen im Zusammenhang der Corona-Pandemie zu genügen, sollen alle Materialien den Teilnehmenden zum eigenständigen Bearbeiten von zuhause aus bereitgestellt werden. Hierzu soll ebenfalls die App ARC genutzt werden, die den teilnehmenden Studierenden über die bekannten App-Stores zur Verfügung gestellt wird.

Literatur

Bangor, A., Kortum, P., & Miller, J. (2009). Determining what individual SUS scores mean: Adding an adjective rating scale. *Journal of Usability Studies, 4*(3), 114–123.

Brooke J. (1996). SUS-A quick and dirty usability scale. *Usability Eval Ind. 1996;189*(4).

Habig, S. (2019). Augmented Reality Chemistry–Förderung internaler Modellrepräsentation in Organischer Chemie durch AR. *In Proceedings of DELFI Workshops 2019*. Gesellschaft für Informatik e.V..

Herber, E. (2012). Augmented Reality - Auseinandersetzung mit realen Lernwelten In: *Zeitschrift für E-Learning*, Themenheft 03/2012.

Ibánez, M.B. & Delgado-Kloos, C. (2018). Augmented Reality for STEM learning: A systematic review. In: *Computer and Education, 123* (2018). S. 109-123.

Klepsch, M., Schmitz, F., & Seufert, T. (2017). Development and Validation of two Instruments Measuring Intrinsic, Extraneous, and Germane Cognitive Load. In: *Frontiers in Psychology*. 8.

Lindgren, R. & Moshell, J.M. (2011). Supporting children´s learning with body-based methaphors in a mixed reality environment. In: *Proceedings of the 10th int. Conference on Interaction Design and Children*. ACM-Press 2011.

Oliver-Hoyo, M. & Sloan, C. (2014). The development of a Visual-Perceptual Chemistry Specific (VPCS) assessment tool. *Journal of Research in Science Teaching, 51*(8), 963-981. doi:10.1080/0950069032000032199

Sweller, J., Ayres, P., & Kalyuga, S. (2011). Cognitive Load Theory. New-York City: Springer-Verlag.

Angela Fösel[1] [1]FAU Erlangen-Nürnberg

Empirische Forschung im Erlanger SchülerForschungsZentrum

Konzept des Erlanger SchülerForschungsZentrums

Seit etwas mehr als 10 Jahren gibt es das Erlanger SchülerForschungsZentrum ESFZ (www.esfz.nat.uni-erlangen.de), verortet am Department Physik der Friedrich-Alexander-Universität (FAU) Erlangen-Nürnberg. Schülerinnen und Schüler ab 14 Jahren, die *Lust und Spaß am Forschen und Tüfteln an eigenen Projektideen* aus dem Bereich Naturwissenschaft und Technik haben, finden hier Unterstützung in einem wissenschaftlich professionellen Rahmen, um sich über den Unterricht hinaus mit ihren eigenen MINT-Forschungsprojekten zu beschäftigen. Das ESFZ veranstaltet in der Regel[1] viermal jährlich in den Ferien einwöchige *Forschungscamps*, an denen bis zu 25 Jugendliche teilnehmen können. Eine exzellente Infrastruktur zum Forschen an eigenen Projektideen ist vorhanden. Studentische Tutor*innen, Wissenschaftler*innen und Professor*innen betreuen die Schüler*innen. (Fösel et al., 2010; Durst, Fösel & Anton, 2010; Fösel & Anton, 2019)

Das Erlanger SchülerForschungsZentrum wurde von Professor*innen und Wissenschaftler*innen des Departments Physik der FAU ins Leben gerufen. Es wird als eigenständige Einrichtung der Universität betrieben und finanziert, wobei die finanziellen Mittel für den laufenden Betrieb zu großen Teilen von externen Förderern und Partnern (siehe hierzu https://www.esfz.nat.uni-erlangen.de/esfzweb/spenden-und-sponsoren/) kommen und von der Leitung des ESFZ eingeworben werden. Das ESFZ ist so in der Lage, die Kosten für das ganze Forschungscamp außer für die An- und Abreise zu tragen (Bildungsgerechtigkeit!).

Rückmeldungen aus anonymen Fragebögen am Ende der Forschungswochen zeigen (vgl. Abb. 1), dass das besondere Konzept des ESFZ bei den Jugendlichen sehr großen Anklang findet.

Forschungsfrage

Viele ESFZ-Teilnehmer*innen scheinen experimentelle Fähigkeiten und Fertigkeiten zu haben, die ihnen zusammen mit der Unterstützung durch das ESFZ eine Bearbeitung der Projekte mit mindestens nur persönlichem Erfolg erlauben. Häufig geht es über diesen nur persönlichen Erfolg hinaus: Einige Schüler*innen nehmen mit ihren Projekten an Wettbewerben wie *Jugend forscht* oder *Schüler experimentieren* teil und erlangen auf regionaler Ebene oder gar auf Landes- oder Bundesebene Erfolge.

---

[1] Die Auswirkungen der Corona-Pandemie lassen aktuell keine Forschungscamps in den Räumlichkeiten der Universität zu. Schüler*innen mit eigenen Projektideen bekommen dennoch Unterstützung durch das ESFZ: Erfahrene studentische Tutor*innen des Erlanger SchülerForschungsZentrums unterstützen die Jugendlichen online beim Experimentieren (Details zum Angebot siehe https://www.esfz.nat.uni-erlangen.de/esfzweb/2020/10/05/corona-kein-forschungscamp-wir-unterstuetzen-dich-trotzdem/) und werden so zu persönlichen Begleitern beim Forschen und Tüfteln.

Die subjektive Wahrnehmung, dass ESFZ-Teilnehmer*innen - neben z. B. hoher Motivation durch Interesse und einem großem Durchhaltevermögen - durch gute oder sehr gute experimentelle Fähigkeiten und Fertigkeiten charakterisiert werden können, legt folgende Forschungsfrage nahe: *Wie gut können die ESFZ-Teilnehmer*innen tatsächlich experimentieren, d.h. Fragestellungen entwickeln, Hypothesen bilden, Versuchsanordnungen funktionsfähig aufbauen, beobachten bzw. messen, Daten aufbereiten und sachgerechte Schlüsse ziehen?*



Abb. 1: Rückmeldungen aus anonymen Fragebögen

Methode und Durchführung

Im Verbundprojekt *Messung experimenteller Kompetenz in Large Scale Assessments* (MEK-LSA) der Universitäten Duisburg-Essen und Bremen sowie des Leibniz-Instituts für die Pädagogik der Naturwissenschaften (IPN, Kiel) wurde ein Testverfahren entwickelt, das die valide und reliable Messung experimenteller Kompetenz umfassend erlaubt. Das computerbasierte Online-Testverfahren (Details zum Test siehe (Theyßen et al., 2010)) erfasst experimentelle Teilkompetenzen bez. dreier Bereiche des Experimentierprozesses: *Planung*, *Durchführung* und *Auswertung* von Experimenten. Jede der 12 *Testunits* enthält zu einer übergeordneten experimentellen Aufgabenstellung je zwei *Items* zur Planung, Durchführung und Auswertung. Zur Sicherung lokaler stochastischer Unabhängigkeit der Items innerhalb einer Unit wird jeweils die Zwischenlösung zum vorhergehenden Item angeboten. Die Aufgabenstellungen stammen allesamt aus dem Physikunterricht der Sekundarstufe I, konkret aus den Bereichen Mechanik, Optik und Elektrizitätslehre.

Dieses Testinstrument wurde dem ESFZ für eine Untersuchung der experimentellen Kompetenz der ESFZ-Teilnehmer*innen zur Verfügung gestellt. In den Jahren 2016-2019 haben insgesamt 100 Jugendliche aus 13 Forschungscamps den Test durchgeführt. Die Abtestung erfolgte hierbei jeweils bei Erstteilnahme an einem Forschungscamp[2].

[2] Aus der Statistik der Teilnehmerzahlen des ESFZ lässt sich entnehmen, dass sich jedes Jahr Jugendliche *neu* auf das Abenteuer „Forschen an eigenen Projektideen" einlassen. Den Zahlen lässt sich aber auch entnehmen, dass an den Projekten typischerweise längerfristig gearbeitet wird. Ca. 11% der Schüler*innen haben

Zum Einsatz kamen in jedem der 13 Tests hälftig die Testhefte E (Units E1, E3, M2, M3) und H (Units E4, E2, O4, O3). Die Bewertung der Itembearbeitungen erfolgte gemäß der Codiermanuals, wie sie auch im Projekt MEK-LSA herangezogen wurden. Die Objektivität der Kodierungen wurde abgesichert durch eine Doppelkodierung von knapp 20% der Daten pro Item (Beurteilerübereinstimmung: gut bis sehr gut).

Ergebnisse

Abb. 2 zeigt für die Phasen Planung (oben links), Durchführung (oben rechts) und Auswertung (unten Mitte) in Histogrammform die Verteilung des „relative score“ der ESFZ-Teilnehmer*innen. Ein „relative score“ von 1.0 bedeutet dabei: „100% der maximal möglichen Punkte wurden erreicht.“

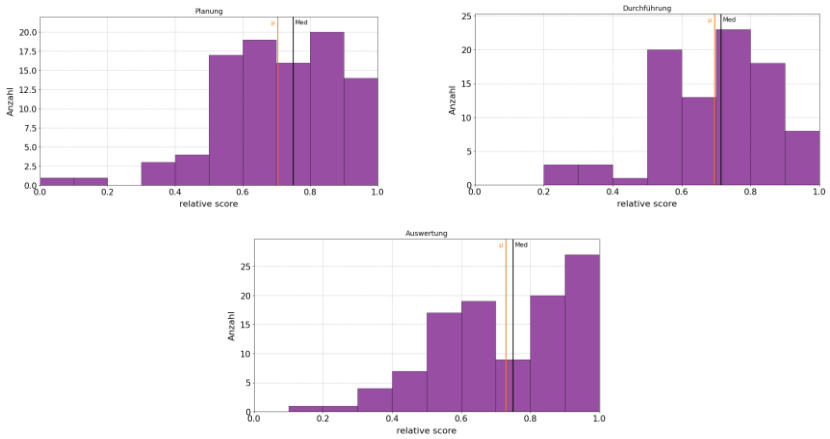


Abb. 2: Verteilung des „relative score“ der ESFZ-Teilnehmer*innen für drei Phasen des Experimentierprozesses

Die Verteilungen des „relative score“ und auch die jeweiligen Mittelwerte bestätigen, dass die ESFZ-Teilnehmer*innnen über große Fähigkeiten und Fertigkeiten im Planen, Durchführen und Auswerten von Experimenten verfügen. Eine Aussage über Kompetenzen bez. anderer Phasen eines Experimentierprozesses, beispielsweise bez. der Phase des Stellens von Hypothesen, kann aus diesem Test nicht gewonnen werden. Auch ist keine Aussage möglich, ob die Schüler*innen nach einem mehrfachen Besuch von Forschungscamps einen Zugewinn an Experimentierkompetenz erfahren, experimentieren sie doch zwischen den Camps beispielsweise auch zuhause und in der Schule.

---

mindestens viermal teilgenommen. - Die Schüler*innen kommen aus ganz Bayern, in einigen Ausnahmefällen sogar aus Regionen über die Grenzen von Bayern oder gar Deutschland hinaus.

Literatur

Fösel, A., Anton, G., Christl, M., Durst, J. & Schreiner, I. (2010). Lust und Spaß am Forschen und Tüfteln – Das Erlanger SchülerForschungsZentrum (ESFZ) für Bayern. In PhyDid B – Didaktik der Physik – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung. (http://www.phydid.de/index.php/phydid-b/article/view/188)

Durst, J., Fösel, A. & Anton, G. (2010). Fun and Joy with Researching and Ruminating – The Erlangen Student Research Centre. (Vortrag auf der Internationalen Physikdidaktikkonferenz der 'Groupe International de la Recherche sur L'Enseignement de la Physique' GIREP) abgerufen am 30.10.2020, von https://www.univ-reims.fr/site/evenement/girep-icpe-mptl-2010-reims-internationalconference/gallery_files/site/1/90/4401/22908/29321/29437.pdf

Theyßen, H., Schecker, H., Neumann, K., Eickhorst, B. & Dickmann, M. (2016). Messung experimenteller Kompetenz ein computergestützter Experimentiertest. In Phydid B – Didaktik der Physik – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung 1/15, S. 26-48. (http://www.phydidi.de/index.pho/phydid/article/view/652/859)

Fösel, A. & Anton, G. (2019). Lust und Spaß am Forschen und Tüfteln. Vortrag auf der 4. Fachtagung Schülerforschungszentren (Organisation und Durchführung: Joachim Herz-Stiftung in Kooperation mit der FAU und dem ESFZ) abgerufen am 30.10.2020, von URL https://schuelerfroschungszentren.de/fileadmin/Redaktion/Tagungen/2019_Erlangen/Vortrag_ESFZ_4._Fachtagung_SFZ.pdf

Timo Fleischer[1]
Markus Tatzgern[2]
Ines Deibl[1]
Jörg Zumbach[1]

[1]Universität Salzburg
[2]FH Salzburg

Virtual Reality Chemielabor für Labor- und Gerätekunde

Einleitung

Im Bereich der Naturwissenschaften halten digitale Medien vielfältige Einsatzbereiche bereit, wie z.B. für computergestützte Messwerterfassung oder Modellierungsvorgänge (von Kotzebue & Fleischer, 2020). Dabei bieten digitale Medien insbesondere in der Chemiedidaktik und dem Chemieunterricht ein großes Zukunftspotential. Vor allem interaktive virtuelle 3D-Lernumgebungen bieten hier viele Chancen, da die Lernenden in diesen Lernumgebungen mit virtuellen, realitätsgetreuen Objekten arbeiten und diese erkunden können (Dalgarno, Bishop, Adlong & Bedgood, 2009; Georgiou, Dimitropoulos & Manitsaris, 2007). Die Umsetzung solcher Lernumgebungen auf dem aktuellsten Stand der Technik wird insbesondere durch ***Virtual Reality (VR)*** ermöglicht (Hamilton, McKechnie, Edgerton & Wilson, 2020; Merchant et al., 2012). Allerdings wird das große Potential digitaler Medien, insbesondere im naturwissenschaftlichen Unterricht und bei dessen fachdidaktischen Konzepten, noch nicht hinreichend ausgeschöpft. Gerade das aktive Arbeiten mit den digitalen Medien im Rahmen einer konstruktivistisch orientierten Unterrichtsgestaltung nimmt bislang einen zu geringen Stellenwert an. Deshalb besteht durchaus noch Optimierungspotenzial hinsichtlich der Mediennutzung im naturwissenschaftlichen Studium und Unterricht (Becker & Nerdel, 2017; Hanekamp, 2014).

Design und Usability des Virtual Reality Chemielabors

Derzeit finden sich keine Veröffentlichungen zu deutschsprachigen VR Lernumgebungen, welche sich mit der Thematik Labor- und Gerätekunde befassen, dabei sicherheitsrelevante Aspekte für das Arbeiten mit Chemikalien und Labormaterialien beinhalten und mit VR-Brille und Controllern interaktiv zu steuern sind. Um dieses zu ermöglichen, wird hier das „Oculus Quest“ All-in-One-VR Headset eingesetzt (siehe Abb. 1). In dem hier skizzierten Ansatz wird ein VR Chemielabor aus fachdidaktischer Perspektive konzipiert und evaluiert, welches genau die zuvor beschriebenen Aspekte beinhaltet. Die Zielgruppe sind Lernende (SchülerInnen/ Studierende) die bisher keine oder nur wenig Erfahrung mit der Laborarbeit gemacht haben. Daher beschränken sich die interaktiven Inhalte der Lernumgebung zunächst auf das Basiswissen, wie z.B. Geräte und deren Funktionen kennenlernen und benennen; Funktionsweise des Bunsenbrenners; Einfüllen, Umfüllen und Abwiegen von Feststoffen und Flüssigkeiten; Erhitzen von Flüssigkeiten oder Durchführen eines einfachen Trennungsgangs sowie sicherheitsrelevante Aspekte.

Im Vordergrund der Konzeption des VR Chemielabors steht das möglichst realitätsgetreue Arbeiten in einem Chemieraum bzw. Labor. Daher wird die Lernumgebung auch interaktiv konzipiert, sodass die Lernenden mit den Laborgeräten in der virtuellen Realität arbeiten können (z.B. kann man Flüssigkeiten in ein Reagenzglas einfüllen und diese erhitzen; siehe Abb. 1 und Abb. 2).



Abb.1 Einfüllen von destilliertem Wasser in ein Reagenzglas

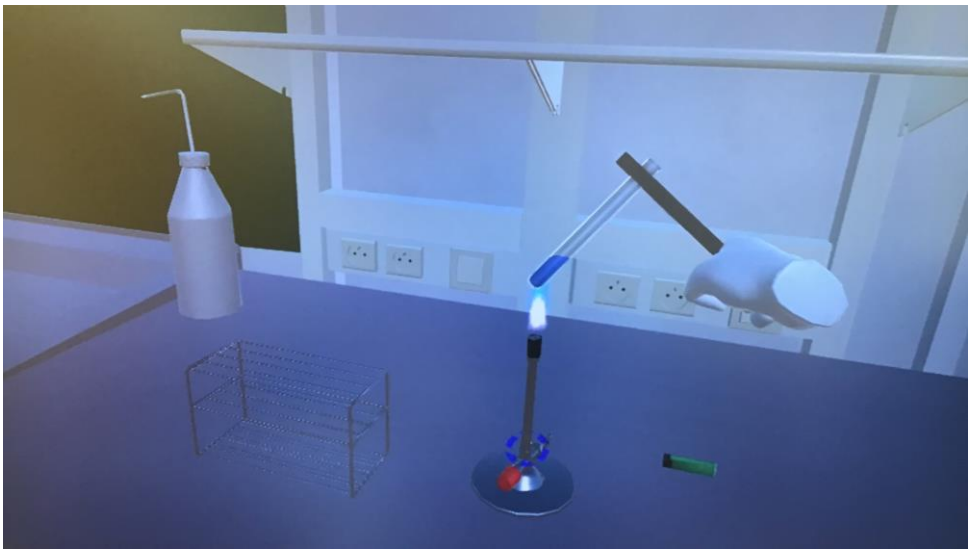


Abb. 2 Erhitzen des destillierten Wassers über der Brennerflamme

Das Arbeiten in der virtuellen Lernumgebung hat gegenüber der realen Situation mehrere Vorteile. Einer dieser Vorteile liegt im Training der psychomotorischen Fähigkeiten bezüglich des Umgangs mit den Laborgeräten beim Experimentieren. Wie angehende PilotInnenen in einem Flugsimulator das Fliegen eines Flugzeugs üben können, können SchülerInnen oder Studierenden die grundlegenden Handgriffe im Umgang mit den Chemikalien und Geräten realitätsgetreu trainieren, bevor sie in der Realsituation experimentieren. So sollen die Lernenden bestmöglich auf das reale Experimentieren vorbereitet werden. Im VR Labor ist dies auch dann möglich, wenn die Schule mangelhafte Raum- und Laborausstattung besitzt oder, wie während der aktuellen COVID-19-Pandemie, kein Präsenzunterricht möglich ist (also Distance Learning betrieben wird). Ohne eine angemessene Ausstattung wird der Chemieunterricht oft zum reinen Theorieunterricht.

Ein weiterer Vorteil ist, dass die Lernenden an die Thematik Laborarbeit herangeführt werden können, ohne realen Gefahren ausgesetzt zu sein. Somit wird ein sicheres Arbeiten ermöglicht, wobei die Lernenden für real existente Gefahren sensibilisiert werden können (z.B. Glasbruch, Siedeverzug, Brände & Brandlöschung, usw.). Aus diesem Grund werden auch Gefahrensituationen in das Labor eingebaut, damit die Lernenden lernen, auch diese Situationen angemessen zu meistern. Auf diese Weise besteht die Gelegenheit, etwaige Bedenken seitens der Lernenden, dass Laborarbeit gefährlich, unsicher und kompliziert ist, abzubauen. Somit können die Lernenden in einer sicheren Lernumgebung an das chemische Experimentieren bzw. die Handhabung verschiedener Geräte herangeführt werden, ohne dabei Gefahren ausgesetzt zu sein und überfordert zu werden. Damit kann auch die Selbstwirksamkeit der Lernenden im Umgang mit Laborgeräten gefördert werden.
Das VR Chemielabor soll schließlich dazu dienen, die Lernenden auf die reale Laborarbeit vorzubereiten und sich diesbezüglich Wissen anzueignen, sodass die Lernenden gut auf das reale Experimentieren vorbereitet sind. *Dabei soll die reale Laborarbeit keineswegs durch das virtuelle Arbeiten ersetzt werden, sondern die Realsituation hilfreich und lernwirksam ergänzt bzw. vorbereitet werden.* Daher wird die Lernumgebung interaktiv konzipiert, sodass die Lernenden mit den Laborgeräten in der VR arbeiten und interagieren können.

Ausblick

Da das VR Chemielabor eine neue Lernumgebung darstellt, muss diese empirisch evaluiert und geprüft werden. Anhand empirischer Studien soll daher der Umgang mit der VR Lernumgebung, der Lernerfolg (Wissenstest) sowie u.a. das Interesse, die Motivation, die Selbstwirksamkeit, das Immersionserleben und Cognitive Load der SchülerInnen/ Studierenden überprüft werden.
In einer ersten Studie sollen Lautes Denken und LehrerInneninterviews zur Usability der Gerätekunde und zum möglichen Einsatz (Potential der Lernumgebung) im Unterricht durchgeführt werden. Eine weitere Studie soll als Interventionsstudie im Prä-Post-Design durchgeführt werden, um die VR-Gerätekunde im virtuellen Chemielabor als Lernumgebung gegenüber klassischen Lernarrangements zu testen.

Danksagung

Das Projekt „ChemGerLab-VR“ wurde von der Joachim Herz Stiftung gefördert. Ein Dank gilt auch allen beteiligten Projektpartnern: Universität Salzburg & FH Salzburg.

Literatur

Becker, S. & Nerdel, C. (2017). Gelingensbedingungen für die Implementation digitaler Werkzeuge im Unterricht. In J. Meßinger-Koppelt, S. Schanze & J. Groß (Hrsg.), *Lernprozesse mit digitalen Werkzeugen unterstützen - Perspektiven aus der Didaktik naturwissenschaftlicher Fächer* (S. 36-55). Hamburg: Joachim Herz Stiftung Verlag.

Dalgarno, B., Bishop, A. G., Adlong, W., & Bedgood Jr., D.R. (2009). Effectiveness of a Virtual Laboratory as a preparatory resource for Distance Education chemistry students, *Computer & Education 53*, 853-865.

Georgiou, J., Dimitropoulos, K., & Manitsaris, A. (2007). A Virtual Reality Laboratory for Distance Education in Chemistry. *International Journal of Educational and Pedagogical Sciences, 1*(11), 617-624.

Hamilton, D., McKechnie, J., Edgerton, E., & Wilson, C. (2020). Immersive virtual reality as a pedagogical tool in Education: a systematic literature review of quantitative learning outcomes and experimental design. *Journal of Computers in Education (2020)*. https://doi.org/10.1007/s40692-020-00169-2

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

Merchant, Z., Goetz, E. T., Keeney-Kennicutt, W., Kwok, O., Cifuentes, L., & Davis, T. J. (2012). The learner characteristics, features of desktop 3D virtual reality environments, and college chemistry instruction: A structural equation modeling analysis. *Computers & Education 59*, 551-568.

von Kotzebue, L., & Fleischer, T. (2020). Experimentieren mit digitalen Sensoren - Unsichtbares sichtbar machen. In S. Becker, J. Meßinger-Koppelt, & C. Thyssen (Hrsg.), Digitale Basiskompetenzen - Orientierungshilfe und Praxisbeispiele für die universitäre Lehramtsausbildung in den Naturwissenschaften (S. 58-61). Hamburg: Joachim Herz Stiftung Verlag.

Sven Weissenborn[1] [1]Universität Hildesheim
Ute Kraus[1]
Crovin Zahn[1]

Relativitätstheorie: Design und Evaluation eines Online-Schülerlabors

Abstract
Wer sich mit Gravitation entsprechend der Allgemeinen Relativitätstheorie beschäftigt, wird in den Standardlehrbüchern schnell mit komplexen und für die Schule ungeeigneten mathematischen Formulierungen konfrontiert. Dabei geht es auch anders, denn Gravitation und Geometrie hängen unweigerlich zusammen und Geometrie ist bereits in frühen Schuljahren fester Bestandteil des Lehrplans. Die Anzahl solcher Ansätze, die über einen geometrischen Zugang versuchen die Allgemeine Relativitätstheorie zu vermitteln, ist jedoch noch nicht sehr groß. Ziel des vorgestellten Projekts ist die Bereitstellung und Evaluation schülerorientierter Online-Kurse, welche sich den geometrischen Charakter der Theorie zu Nutze machen. Dabei setzen wir eine digitale Version sogenannter Sektormodelle ein, mit denen sich die Geometrie gekrümmter Raumzeiten untersuchen lässt. Der Beitrag stellt das Design der digitalen Lernumgebung sowie die geplante Evaluation zur Lernwirksamkeit vor.

Die Allgemeine Relativitätstheorie in der Schule

Im Jahr 1915 veröffentlichte Albert Einstein die vollständige Formulierung der Allgemeinen Relativitätstheorie. Darin wird Gravitation, im Gegensatz zur klassischen Newtonschen Theorie, nicht als Kraft, sondern als Geometrie der Raumzeit beschrieben. Diese revolutionäre Vorstellung der Wechselwirkung von Materie, Raum und Zeit hat bis heute kaum Einzug in die nationale und internationale Schullandschaft finden können. In Deutschland führen lediglich vier Bundesländer die Allgemeine Relativitätstheorie explizit in ihren Curricula auf (Stand 2017, (Kraus, Zahn & Moustafa, 2018)). Doch wie kann es sein, dass eine exaktere und für das heutige physikalische Weltbild relevantere Beschreibung als die Newtonsche Gravitationstheorie kaum Beachtung im Physik-Unterricht findet? Eine mögliche Antwort ist, dass der ihr zugrundeliegende mathematische Apparat für die Schule zu komplex ist. Hier steht die Physikdidaktik vor der Herausforderung, Methoden und Modelle zu entwickeln, mit deren Hilfe die Allgemeine Relativitätstheorie fachlich befriedigend bereits in der Schule vermittelt werden kann.

Was wird bereits dafür getan?

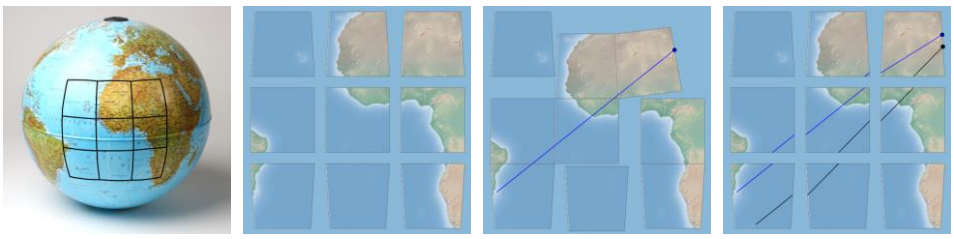
Verschiedene nationale und internationale Arbeitsgruppen widmen sich der Herausforderung, die Allgemeine Relativitätstheorie schülergerecht aufzubereiten. Exemplarisch sollen an dieser Stelle zwei Arbeitsgruppen genannt werden, die ebenfalls einen stark geometrieorientierten Vermittlungsansatz verfolgen, sich jedoch in der Repräsentation ihrer Modelle unterscheiden:
Einen auf einem gegenständlichen Modell basierenden Ansatz verfolgt eine Arbeitsgruppe der University of Western Australia. Im Projekt *Einstein-first* (Kaur et al., 2017) werden Kurse entwickelt, die die Einsteinsche Theorie bereits in Klassen der Unterstufe thematisieren. Mit Hilfe eines horizontal gespannten und durch Massen vertikal gewölbten Gummituchs wird eine Analogie zu einem durch Materie gekrümmten zweidimensionalen Raum geschaffen. Die so entstandene Verzerrung in eine dritte Dimension verursacht eine Verformung der zweidimensionalen Fläche. Mit sich auf dem Gummituch bewegenden Objekten untersuchen die Lernenden in qualitativen und quantitativen Experimenten die

geometrischen Eigenschaften des Gummituchs und leiten anhand der Ergebnisse die Wirkung des gekrümmten Raumes auf Licht- und Teilchenbahnen ab. Ein ähnlicher, jedoch auf digitalen Medien basierender, Ansatz wird an der Universität in Oslo im Rahmen des Projekts *ReleQuant* (Kersting et al., 2018) verfolgt. Eine für höhere Schulklassen entwickelte digitale Lernumgebung stellt über den Einsatz von Kurzvideos, Animationen, Informationstexten sowie kleinen Applikationen dar, dass Gravitation in der Allgemeinen Relativitätstheorie nicht als Kraft sondern als Geometrie der gekrümmten Raumzeit beschrieben wird. Dabei illustriert die Lernumgebung die Eigenschaften dieser Geometrie anhand gekrümmter Flächen und zeigt, dass sie sich anders als die vertraute euklidische Geometrie verhält. Dazu werden Geodäten (lokal gerade Linien) als Beschreibung von Licht- und Teilchenbahnen im durch Massen gekrümmten Raum eingeführt und ihr Verhalten auf gekrümmten Flächen sowie auf einem digitalen Gummituch-Modell (Kersting & Steier, 2018) gezeigt. Einen besonderen Schwerpunkt legen die hier erstellten digitalen Materialien auf „talking physics“. Diskussionen in Partnerarbeit oder in Kleingruppen sollen das Verständnis der Zusammenhänge fördern und das Lernen durch Erklären betonen.

Die Raumzeitwerkstatt

Seit 2009 bietet das Institut für Physik der Universität Hildesheim das Schülerlabor Raumzeitwerkstatt an. Dessen Ziel ist es, Schülerinnen und Schülern der Jahrgangsstufen 9 bis 13 einen Einstieg in die Spezielle und Allgemeine Relativitätstheorie zu bieten. Zu den Themen gehören unter anderem Zeitdilatation, Äquivalenzprinzip, Lichtablenkung und Gravitationswellen. Es wird mit interaktiven Computersimulationen, realen und virtuellen Modellen sowie mit Analogieexperimenten gearbeitet.

Im Folgenden beschreiben wir eine Einheit zur Allgemeinen Relativitätstheorie, die derzeit zu einem Online-Angebot weiterentwickelt wird. Sie gibt am Beispiel der Lichtablenkung an Schwarzen Löchern eine Einführung in die geometrische Beschreibung der Gravitation. Mit Hilfe sogenannter Sektormodelle zur Darstellung gekrümmter Flächen und Räume (Zahn & Kraus, 2014) werden Geodäten auf maßstabsgetreuen Abbildungen zwei- bzw. dreidimensionaler Räume und Raumzeiten konstruiert und untersucht (Zahn & Kraus, 2018; Kraus & Zahn, 2018). Ein einführendes Beispiel ist die Konstruktion solcher Geodäten auf dem Sektormodell der Kugeloberfläche. Hier untersuchen die Lernenden ein ihnen meist noch unbekanntes Feld und erfahren, dass die vertrauten Eigenschaften der euklidischen Geometrie auf einer Kugel nicht gelten. Dazu wird die Oberfläche einer Kugel zunächst in Vierecke zerlegt (Abb. 1(a)). Jedes Flächenstück der Kugeloberfläche wird dann durch ein ebenes Flächenstück angenähert (Abb. 1(b)). Eine Geodäte verläuft innerhalb eines solchen Sektors gerade. Erreicht sie eine Sektorkante wird der entsprechende Nachbarsektor angelegt und die Geodäte fortgesetzt (Abb. 1(c)). Konstruiert man so eine zweite, zur ersten parallel startende Geodäte, nähern sich diese auf dem Sektormodell an (Abb. 1(d)). Vergleichbar ist dieses Verhalten der Geodäten mit den Längengraden auf einem Globus: Am Äquator verlaufen sie parallel, in Richtung der Pole nähern sie sich einander an. Hierin zeigt sich die nichteuklidische Geometrie der Kugeloberfläche.



(a) (b) (c) (d)

Abb. 1: Die Konstruktion von Geodäten auf dem Sektormodell der Kugeloberfläche

Inhalte und Struktur des Online-Schülerlabors

Das geplante Online-Schülerlabor wird mindestens vier Module zur Allgemeinen Relativitätstheorie umfassen, die von den Lernenden selbstständig bearbeitet werden sollen:
Das erste Modul umfasst als Grundlage eine Einführung in die Eigenschaften nichteuklidischer Geometrien (Geometrien der Kugeloberfläche und der Sattelfläche). Das zweite Modul greift die erweiterten Geometriekenntnisse auf und zeigt über einen historischen Zugang wie das Phänomen der Lichtablenkung am Sonnenrand auf die Geometrieeigenschaften des Raumes zurückgeführt werden kann. Wahlweise kann dies in einem dritten Modul anhand astronomischer Beobachtungen vertieft werden. Untersuchungen des gekrümmten Raumes um einen Neutronenstern illustrieren in diesem Modul den Einfluss der Raumzeit auf die Ausbreitung von Licht. Im vierten Modul werden die bisherigen räumlichen Betrachtungen um die Dimension der Zeit erweitert und darüber Teilchenbahnen in der gekrümmten Raumzeit analysiert.
Die technische Grundlage für diese Module bilden auf Moodle basierende Onlinekurse auf einer institutseigenen Plattform. Neben darin enthaltenen standardisierten Aufgaben- und Textformaten greifen die Kurse auf weitere webbasierte Applikationen und Inhalte wie kurze Erklärvideos, Geogebra-Applets und virtuelle Sektormodelle (ViSeMo) (Weissenborn et al., 2020) zurück.

Die Sicherstellung der Lernwirksamkeit und die geplante Evaluation

Dieses Projekt basiert auf dem „Design-Based Research"-Ansatz (Design-Based Research Collective, 2003) und strebt durch iterative Zyklen aus Design, Anwendung, Analyse und Re-Design eine möglichst hohe Lernwirksamkeit der hier vorgestellten Lernumgebung an. Innerhalb der Anwendungszeiträume sind Experteninterviews mit Lehrkräften, Akzeptanzbefragungen (Jung, 1992) mit einzelnen Lernenden und Feldstudien in ganzen Klassenverbänden mit anschließender Auswertung der in Moodle gegebenen Antworten geplant. Ziel ist die Beantwortung der folgenden Fragestellung: Wie beeinflusst die digitale Darstellung von Sektormodellen den Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler in der Vermittlung der Allgemeinen Relativitätstheorie? Dabei stellen sich einige Teilfragen, die es ebenfalls für das Erreichen einer hohen Lernwirksamkeit zu beantworten gilt:
F1: Welche Elemente der digitalen Lernumgebung wirken sich förderlich, welche hinderlich auf den Lernprozess aus?
F2: Welche Anforderungen müssen die verwendeten Applikationen erfüllen, um vom Nutzer mühelos und zielführend verwendet werden zu können?
F3: Welche Fehler der Lernenden im Umgang mit Sektormodellen sollten durch die Applikationen zugelassen und welche direkt unterbunden werden, um den Lernprozess der Schülerinnen und Schüler zu unterstützen sowie das Aufkommen von Fehlvorstellungen zu unterbinden?

Literatur

Design-Based Research Collective (2003). Design-based research: An emerging paradigm for educational inquiry. Educational Researcher, 32 (1), 5 – 8.

Jung, W. (1992). Probing Acceptance, A Technique for Investigating Learning Difficulties. In: R. Duit et al. (eds.): Research in Physics Learning: Theoretical Issues and Empirical Studies, Kiel: IPN, 278 – 295.

Kaur, T., Blair, D., Moschilla, J., Stannard, W. & Zadnik, M. (2017). Teaching Einsteinian physics at schools: part 1, models and analogies for relativity. Physics Education, 52 (6), 065012.

Kersting, M. Henriksen, E. K., Bøe, M. V. & Angell, C. (2018). General relativity in upper secondary school: Design and evaluation of an online learning environment using the model of educational reconstruction. American Physical Society, 14, 010130.

Kersting, M. & Steier, R. (2018). Understanding curved spacetime - the role of the rubber sheet analogy in learning general relativity. Science & Education. 27(7) ,593 – 623.

Kraus, U., Zahn, C. & Moustafa, M. (2018). General relativity in German secondary schools. In Nordmeier, V. & Grötzebauch, H. (Hrsg.). PhyDid B – Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung Würzburg 2018. Beitrag DD 02.55.

Kraus, U. & Zahn, C. (2018). Sector Models – A Toolkit for Teaching General Relativity: III. Spacetime geodesics. European Journal of Physics, 40, 015602.

Weissenborn, S., Kraus, U., Zahn, C. & Görsch, N. (2020). Virtuelle Sektormodelle (ViSeMo). In Nordmeier, V. & Grötzebauch, H. (Hrsg.). PhyDid B – Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung Bonn 2020. Beitrag DD 12.02.

Zahn, C. & Kraus, U. (2014). Sector Models – A Toolkit for Teaching General Relativity: I. Curved Spaces and Spacetimes. European Journal of Physics, 35, 055020.

Zahn, C. & Kraus, U. (2018). Sector Models – A Toolkit for Teaching General Relativity: II. Geodesics. European Journal of Physics, 40, 015601.

Tobias Mehrtens[1]
Hilde Köster[1]
Daniel Rehfeldt[1]
Freya Müller[1]

[1]Freie Universität Berlin

Naturwissenschaftsbezogene Leistungspotenziale bei Grundschulkindern diagnostizieren

Ausgangssituation

Das Teilprojekt 9 ‚DiaMINT Sachunterricht' des durch das BMBF geförderten Verbundprojekts ‚Leistung macht Schule' (LemaS)[1] am Standort Freie Universität Berlin zielt auf die Entwicklung und Evaluation adaptiver Konzepte für eine diagnosebasierte individuelle naturwissenschaftsbezogene Förderung von (potenziell) leistungsstarken Kindern im Fach Sachunterricht. Um individuelle Leistungspotenziale bei Kindern im Unterricht erkennen, erfassen, beschreiben und durch adaptive Fördermaßnahmen unterstützen zu können, bedarf es Lernumgebungen, die ein individualisiertes Lernen ermöglichen (Köster & Mehrtens, 2020). Zur Entfaltung und Identifikation naturwissenschaftsbezogener Potenziale bei Kindern wird daher das Konzept des Freien Explorierens und Experimentierens (FEE) nach Köster (2018) eingesetzt. FEE initiiert individualisiertes, interessegeleitetes, forschendes und weitgehend selbstbestimmtes naturwissenschaftsbezogenes Lernen.
Ziel des Teilprojekts ist die Entwicklung eines Maßnahmen- und Materialienpakets aus Unterrichtskonzept, Diagnosetool und Fördermaterialien, das zur Dissemination bzw. dem Transfer an weitere Schulen geeignet und flexibel an die jeweiligen konkreten Bedingungen in den unterschiedlichen Grundschulen angepasst werden kann. Berücksichtigt werden dabei die jeweiligen didaktischen Spezifika des naturwissenschaftsbezogenen Sachunterrichts, die Rahmenbedingungen und Bedarfe in den beteiligten Schulen sowie die individuellen Potenziale und Lernbedürfnisse der Kinder.
Trotz erster Ansätze zur Bestimmung naturwissenschaftsbezogener Potenziale mangelt es derzeit jedoch noch an tragfähigen Modellen und empirischen Evidenzen zur zuverlässigen Beschreibung naturwissenschaftsbezogener Begabung im Grundschulalter.

Grundannahmen zu naturwissenschaftlicher Begabung

Urban (1996) einbeziehend formuliert Kirchner (2006) für naturwissenschaftsbezogene Begabungen: „Urban interpretierend kann ein naturwissenschaftliches Talent ‚abstrakt-intellektuelle Begabung' und/oder ‚praktisch-instrumentelle Begabung' aufweisen, gepaart mit Kreativität, Anstrengungs- und Leistungsbereitschaft." (ebd., S. 4) Kirchner verweist auch auf die von Käpnick (2001) für mathematische Begabungen identifizierten begabungsstützenden Persönlichkeitseigenschaften und formuliert eine Reihe von Merkmalen, die Lehrkräfte bei der Identifikation von naturwissenschaftsbezogenen Begabungen nutzen können (Kirchner, 2006, S. 7). Diese umfassen u. a.: „Interesse und

[1] Das TP 9 wird im Rahmen des Verbundprojekts ‚LemaS – Leistung macht Schule' von Bund und Ländern mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) unter dem Förderkennzeichen 01JW1801B gefördert.

Freude an naturwissenschaftlichen Themen, Fähigkeit zur genauen Beobachtung und Beschreibung von Phänomenen, Fähigkeit zur Analyse dieser, Bedürfnis nach Erklärungen (Modellvorstellungen) von naturwissenschaftlichen Phänomenen (Warum kann ein Ballon/ ein Heißluftballon fliegen?“), Bedürfnis nach experimenteller Überprüfung von Erklärungen etc.“ (ebd., S. 8)

Ein an den curricularen Kompetenzzielen orientierter Ansatz zur Beschreibung naturwissenschaftsbezogener Begabung findet sich bei Labudde (Labudde, 2014): „Die Frage nach der Definition naturwissenschaftlicher Begabung lässt sich auf der Basis der Kompetenzraster leicht beantworten: Kinder und Jugendliche, welche die hohen Kompetenzen in Naturwissenschaften am Ende des 6. bzw. 9. Schuljahres erreichen, besitzen ‚überdurchschnittliche Fähigkeiten in einer Domäne‘. Das heißt, sie erfüllen im Drei-Ringe-Modell von Joseph Renzulli eine von drei Voraussetzungen, um (hoch)begabtes Verhalten zeigen zu können“.

Ein erstes Modell für naturwissenschaftliche-biologische Begabung für die Sekundarstufe I und II wurde unter Bezug auf Renzullis‘ (1986) Annahme, dass sich Begabung aus unterschiedlichen Facetten zusammensetzt und sich die Begabung erst durch das Zusammenspiel dieser ausprägt, von Wegner (2014; 2017) entwickelt. Wegner geht davon aus, dass sich naturwissenschaftsbezogene Begabungen insbesondere durch ein hohes naturwissenschaftliches Interesse, Selbstvertrauen, eine ausgeprägte Arbeitsdisziplin und einen hohen Grad an Kreativität, Intelligenz, sozialer Kompetenz sowie Selbststeuerung zeigen (Wegner, 2017, S. 217). Laut Wegner (2014) lassen sich diese Merkmale anhand des Auftretens bestimmter Kompetenzen - er bezeichnet diese auch als ‚Indikatoren‘ - erkennen. Beispielhaft werden folgende Merkmale benannt: „[.] die rasche Erschließung von biologischen Sachverhalten, die Anwendung des naturwissenschaftlichen Erkenntnisweges, die Verwendung von Fachtermini, Kombination abstrakter mit phänomenologischen Informationen, Verknüpfung von Wissensclustern über biologische Systeme, interdisziplinäre Anwendung des biologischen Wissens, Wissensgebrauch zur kritischen Behandlung von Alltagsphänomenen, frühzeitiges Erreichen der Stufe des formal-operationalen Denkens“ (ebd., S. 219).

Die Arbeiten von Höner und Käpnick liefern weitere Hinweise auf die bisher angenommene strukturelle Beschaffenheit naturwissenschaftsbezogener Begabungen (Höner & Käpnick, 2005; Köster & Mehrtens, 2020).

Modell naturwissenschaftsbezogener Begabung für Kinder im Grundschulalter

In Ermangelung eines Modells dazu, wie naturwissenschaftsbezogene Begabung im Grundschulbereich sicher identifiziert werden können (Höner, 2015, 59; Kirchner, 2006) und um Hinweise hinsichtlich der Entwicklungszusammenhänge dieser Potenziale mit Umweltfaktoren und Fördermaßnahmen zu eruieren, wird derzeit im Rahmen des Projekts DiaMINT Sachunterricht an einem *Modell naturwissenschaftsbezogener Begabung für Kinder im Grundschulalter* (s. Abb.1) gearbeitet, das auf Basis des *Modells zur mathematischen Begabung* (Käpnick, 2014; Fuchs, 2006; Sjuts, 2017) sowie unter Berücksichtigung der bisher formulierten theoretischen Annahmen und erster empirischer Forschungsergebnisse zu naturwissenschaftsbezogenen Begabungen (Wegner 2014; Labudde 2014, Kirchner, 2006) entwickelt und im weiteren Projektverlauf empirisch geprüft und ggf. erweitert werden soll.

Naturwissenschaftsbezogene Begabungen werden dabei in Anlehnung an das Modell zur mathematischen Begabung (s.o.) als individuelles (latentes) überdurchschnittliches Leistungspotenzial in den Naturwissenschaften verstanden, welches sich durch eine (starke) Ausprägung von naturwissenschaftsspezifischen Begabungsmerkmalen zeigt und in (hohe) Leistungen umgesetzt werden kann (s. Abb. 1; vgl. Köster & Mehrtens, 2020, S. 119).



Abb. 1: Modell naturwissenschaftsbezogener Begabung für Kinder im Grundschulalter

Die Entfaltung dieser Potenziale ist einerseits von den vorhergehenden Erfahrungen im Bereich der Naturwissenschaften abhängig und wird andererseits durch Persönlichkeitsmerkmale und Umweltbedingungen beeinflusst.

Auf Grundlage des Modells naturwissenschaftsbezogener Begabung sollen vorhandene Diagnose- und Förderformate (z.B. Heilbronner & Renzulli 2016) theorie- und evidenzbasiert weiterentwickelt werden, die die Identifikation und die Ausprägung von Leistungspotenzialen bei Kindern im naturwissenschaftsbezogenen Sachunterricht ermöglichen.

Lernarrangement, Diagnosetool, Fördermaterialien und Förderansätze werden gemeinsam mit Lehrkräften in der Unterrichtspraxis in Sinne des Design-Based Research-Ansatzes (Philipp & Souvignier, 2016) weiterentwickelt und formativ evaluiert.

Literatur

Fuchs, M. (2006). Vorgehensweisen mathematisch potentiell begabter Dritt- und Viertklässler beim Problemlösen: Empirische Untersuchungen zur Typisierung spezifischer Problembearbeitungsstile. LIT.

Heilbronner, N. N., & Renzulli, J. S. (2016). The schoolwide enrichment model in science: A hands-on approach for engaging young scientists. Prufrock Press Inc.

Höner, K. (2015). Expedition Naturwissenschaften—Lernen über die Natur der Naturwissenschaften in Kindertagesstätten. In C. Fischer, C. Fischer-Ontrup, F. Käpnick, F.-J. Mönks, & C. Solzbacher (Hrsg.), Giftedness Across the Lifespan—Begabungsförderung von der frühen Kindheit bis ins ALter. Forder- und Förderkonzepte aus der Forschung. (Bd. 18). LIT.

Höner, K., & Käpnick, F. (2005). Naturwissenschaftliche Experimente und deren Deutung- eine Fallstudie zur Identifizierung mathematisch-naturwissenschaftlicher Begabung. In K. Höner, M. Looß, & R. Müller (Hrsg.), Naturwissenschaftlicher Unterricht—Handlungsorientiert und fächerübergreifend. Lit-Verl.

Käpnick, F. (2014). Fachdidaktik Mathematik. In C. Fischer, F. Schmid, C. Perleth, F. Preckel, & International Panel of Experts for Gifted Education (Hrsg.), Professionelle Begabtenförderung—Fachdidaktik und Begabtenförderung. Eigenverl. Österr. Zentrum für Begabtenförderung und Begabungsforschung (ÖZBF).

Kirchner, E. (2006). Talente entdecken und fördern (Bd. G5). IPN Kiel. https://www.schulportal-thueringen.de/get-data/83d3895f-1878-4f93-849a-fb982435f4d4/N5.pdf

Köster, H. (2018). Freies Explorieren und Experimentieren: Eine Untersuchung zur selbstbestimmten Gewinnung von Erfahrungen mit physikalischen Phänomenen im Sachunterricht (2., unveränderte Auflage). Logos-Verl.

Köster, H., & Mehrtens, T. (2020). Naturwissenschafts- und technikbezogene Potenziale bei Grunrschulkindern aufdecken, diagnostizieren und fördern. In Begabungsförderung, Leistungsentwicklung, Bildungsgerechtigkeit—Für alle! Beiträge aus der Begabungsförderung. (Bd. 10).

Labudde, P. (2014). Fachdidaktik Naturwissenschaften. In C. Fischer, F. Schmid, C. Perleth, F. Preckel, & International Panel of Experts for Gifted Education (Hrsg.), Professionelle Begabtenförderung—Fachdidaktik und Begabtenförderung. Eigenverl. Österr. Zentrum für Begabtenförderung und Begabungsforschung (ÖZBF).

Philipp, M., & Souvignier, E. (Hrsg.). (2016). Implementation von Lesefördermaßnahmen. Perspektiven auf Gelingensbedingungen und Hindernisse. Waxmann Verlag.

Sjuts, B. (2017). Mathematisch begabte Fünft- und Sechstklässler: Theoretische Grundlegung und empirische Untersuchungen. WTM Verlag für wissenschaftliche Texte und Medien.

Wegner, C. (2014). Fachdidaktik Biologie/Naturwissenschaften. In C. Fischer, F. Schmid, C. Perleth, F. Preckel, & International Panel of Experts for Gifted Education (Hrsg.), Professionelle Begabtenförderung—Fachdidaktik und Begabtenförderung. Eigenverl. Österr. Zentrum für Begabtenförderung und Begabungsforschung (ÖZBF).

Wegner, C. (2017). Domänenspezifische Begabungs- und Leistungsförderung im Bereich der Naturwissenschaften. journal für begabtenförderung - für eine begabungsfreundliche lernkultur, 2/2017.

Sarah Kieferle — Pädagogische Hochschule Ludwigsburg
Silvija Markic — Pädagogische Hochschule Ludwigsburg
Iztok Devetak — University of Ljubljana (Slowenien)
Jane Essex — University of Strathclyde (Vereinigtes Königreich)
Saime Salehjee — University of Strathclyde (Vereinigtes Königreich)
Martin McHugh — University of Limerick (Irland)
Sarah Hayes — University of Limerick (Irland)
Marina Stojanovska — University of Skopje (Nord Mazedonien)

DiSSI
Diversity in Science towards Social Inclusion

Hintergrund des Projektes

Aus Theorie und Praxis ist seit Jahren deutlich, dass Schüler*innen-Gruppen nicht als homogen zu betrachten sind. Der Blick ins Klassenzimmer zeigt, dass die Gruppenzusammensetzung weitaus komplexer ist. Dies belegt auch die Begleitstudie zur PISA-Studie, indem sie aufzeigt, dass trotz der gezielten Separierung und Selektion von Schüler*innen innerhalb jeder Schulform eine deutliche Leistungsstreuung vorliegt (Sliwka, 2012). In der Forschung lag der Fokus lange auf den Unterschieden in den Lernvoraussetzungen der Schüler*innen, ihren vielschichtigen Begabungsprofilen sowie in ihrer Motivation und Interessen beim Lernen (Sliwka, 2012). Inklusion geht jedoch nicht nur von unterschiedlichen Leistungsniveaus aus. Inklusive Pädagogik geht von individuellen Bedürfnissen und Besonderheiten eines jeden Kindes und Jugendlichen aus und erhebt den Anspruch eine Antwort für möglichst alle Kinder und Jugendliche zu sein (Schuhmann, 2009). Betrachtet man die individuellen Lernvoraussetzungen von Schüler*innen genauer, so stellt man fest, dass sprachliche Kompetenzen und das Vorwissen aber auch die soziale Herkunft sowie kulturelle und ethnische Merkmale einen wesentlichen Einfluss auf die individuelle Nutzung des Lernpotenzials haben (Helmke,2015). Der Diversity-Ansatz, der gesellschaftlichen Entwicklungen Rechnung trägt, nimmt Bezug auf das nach Marilyn Loden and Julie Rosener (1991) entwickelte Modell „Dimensions of Diversity Wheel“, welches vier Dimensionen eines jeden Individuums: die der Persönlichkeit, der inneren Dimension (Alter, Geschlecht, etc.), der äußeren Dimension (Religion, Ausbildung, Einkommen, etc.) und der organisationalen Dimension (Funktion und Einstufung, Arbeitsort, Managementstatus, etc.) beschreibt. Die Wahrnehmung dieser Dimensionen soll dazu beitragen, dass zugrundeliegende Normsetzungen infrage gestellt, Diskriminierungen verhindert und gesellschaftliche Vielfalt als Potenzial begriffen werden. Dabei handelt es sich um einen aktiven Umgang mit Diversität (Stiftung SPI, 2011).

Professionelles Handeln im Bildungskontext setzt demnach voraus, die Diversität der Schüler*innen bewusst wahrzunehmen, diese zu reflektieren und sie auf verschiedenen Wegen so zu berücksichtigen, dass möglichst alle Schüler*innen Lernbedingungen erfahren, durch die sie gleiche Bildungschancen erhalten (Sliwka, 2013). Dabei soll kein Kind exkludiert werden, nur weil es den normativen Anforderungen nicht gerecht werden kann (Schuhman, 2009). Der Fokus in der Forschung sowie Ansätze für sozial inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht konzentrieren sich allerdings derzeit meistens nur auf eine Dimension der Diversität. Dabei werden häufig die betreffenden Gruppen aus dem Unterrichtsgeschehen und der Klassengemeinschaft durch beispielsweise anderes oder

zusätzliches Material oder durch separate Lerngruppen exkludiert anstelle von inkludiert. Die Tatsache, dass Vielfalt mehrdimensional ist, wird dabei vernachlässigt.

Ziele des Projekts

Im Fokus des Projekts „*Diversity in Science towards Social Inclusion – non-formal education in science for students` diversity*“ (DiSSI) steht die Entwicklung und Umsetzung innovativer Methoden, Instrumente und Aktivitäten in Form von Best-Practice Beispielen für eine inklusive naturwissenschaftliche Bildung, die auf eine Verbesserung der Bildungschancen verschiedener benachteiligter Schüler*innengruppen in non-formellen Settings abzielen. Dabei liegt ein besonderes Augenmerk auf der gezielten Förderung inklusiver Lehrmethoden, die mehrere Dimensionen der Diversität gleichzeitig berücksichtigen. Hierbei sollen konkrete Best-Practice-Beispiele für non-formelle Settings entstehen, die diversen Dimensionen gleichzeitig Rechnung tragen (s. Abb.1). Forscherinnen und Forscher aus Irland, Deutschland, dem Vereinigten Königreich, Slowenien und Nord Mazedonien entwickeln im Rahmen dieses Projekts einen Lern- und Lehransatz, der die Bedürfnisse von (i) Schülerinnen und Schülern mit einem niedrigen sozioökonomischen Status, (ii) Schülerinnen und Schülern unterschiedlicher ethnischer Minderheiten oder mit einem anderen kulturellen Hintergrund als der vorherrschenden Kultur, (iii) Schülerinnen und Schülern mit geringen Sprachkenntnissen und (iv) hochbegabten Schülerinnen und Schülern berücksichtigt. Forschungen haben gezeigt, dass gerade diese Dimensionen insbesondere denjenigen Gruppen von Schüler*innen im naturwissenschaftlichen Unterricht entsprechen, die benachteiligt und häufiger exkludiert als inkludiert zu betrachten sind. Parallel wird ein Evaluierungsrahmen für die Bewertung inklusiver Praktiken in der naturwissenschaftlichen Bildung entwickelt und im Projekt umgesetzt. Ein ferneres Ziel ist es, Lehrer*innen beim Unterrichten von Naturwissenschaften in heterogenen Klassen durch berufsbegleitende Fortbildungen zu unterstützen. Ein weiteres Anliegen ist es, die Überzeugungen der angehenden Naturwissenschaftslehrer*innen in Bezug auf die Diversität ihrer Schüler*innen infrage zu stellen und ihnen mögliche Strategien für den Umgang mit Diversität in ihrem künftigen Unterricht an die Hand zu geben.

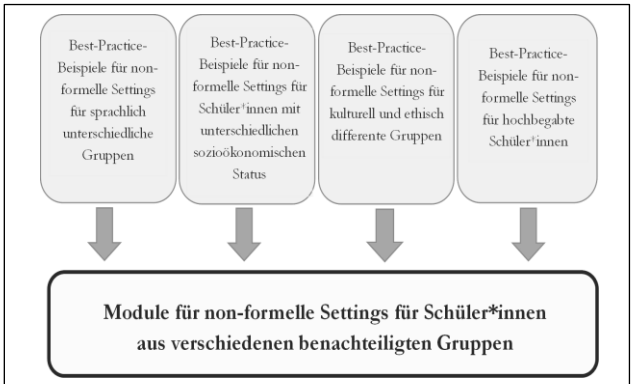


Abb. 1 Innovation

Um das inklusive Konzept auch in der formellen Bildung umzusetzen, wird es in die Ausbildung von Lehrpersonen der naturwissenschaftlichen Fächer integriert. Darüber hinaus werden die Forscher*innen anstreben, das DiSSI-Konzept curricular zu verankern und es mithilfe von Partnerschaften und Netzwerken mit Lehrer*innen, Schulleiter*innen wie auch politischen Entscheidungsträger*innen zu verbreiten.

Pädagogisches Modell der Differenzierung

Zum Zweck der Entwicklung eines mehrdimensionalen Ansatzes wurde im Rahmen dieses Projektes ein pädagogisches Modell zur Differenzierung erarbeitet, welches im Gegensatz zur gängigen Praxis, kooperatives Lernen in verschiedenen Dimensionen der Diversität

ermöglicht und dadurch der Lernfortschritt der genannten benachteiligten Gruppen gleichzeitig unterstützt werden kann.

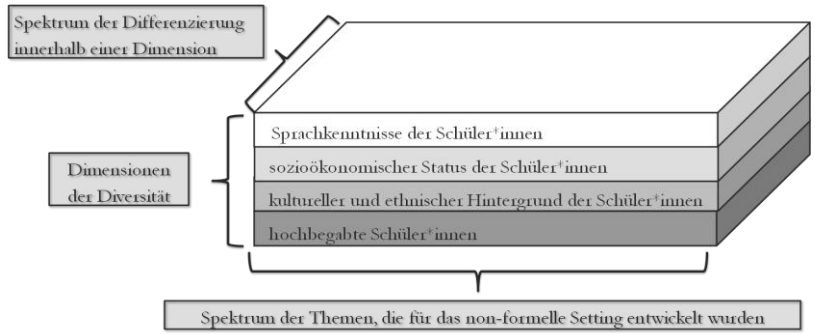


Abb. 2 Pädagogisches Modell der Differenzierung

Abbildung 2 zeigt, dass diese Ansätze nicht nur jede dieser Dimensionen der Diversität berücksichtigt, sondern bei Bedarf auch eine Differenzierung innerhalb dieser zulässt. Auf diese Art und Weise können möglichst viele differente Anforderungen von Schüler*innen im naturwissenschaftlichen Unterricht bedient, unterstützt, gefördert und gefordert werden. Entwickelt werden Materialien für unterschiedliche non-formelle Settings (z.B. Schüler*innenlabore, Museen, Gärten, Zoos, u.v.m.), in denen verschiedene Herangehensweisen und Methoden getestet werden können. In der ersten Phase ist jedem der DiSSI-Partner eine der Dimensionen der Diversität zugeordnet, zu der in einem ersten Schritt Best-Practice-Beispiele gesammelt und ein Portfolio erstellt werden. Anschließend werden eigenen Beispiele zu verschiedenen fachlichen Themen entwickelt, die genau diese, in den Naturwissenschaften benachteiligte Gruppe, von Schüler*innen beim Lernen unterstützt. Die so entwickelten Ansätze werden anschließend von den Partner*innen implementiert und hinsichtlich des Einflusses auf die Motivation, des Selbstverständnisses der Aufgaben und des Interesses der Schüler*innen evaluiert. In der zweiten Phase tauschen die Partner*innen die angepassten und evaluierten Methoden, Werkzeuge und Aktivitäten aus und passen diesen den jeweiligen nationalen Kontext wie auch der gegebenen non-formalen Lernumgebung an. Die so entstandenen mehrdimensionalen Ansätze und Best-Practice Beispiele sollen nun in die Bildung der Lehrkräfte integriert werden. Die Ergebnisse des DiSSI-Projekts werden durch verschiedene Interessensvertreter*innen verstetigt. Dadurch soll dieser Ansatz schließlich in den naturwissenschaftlichen Unterricht etabliert werden.

Disclamer
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

Helmke, A. (2015). *Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität*. Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts: Franz Emanuel Weinert gewidmet. Seelze-Velber: Klett/Kallmeyer.

Schumann, B. (2009). Inklusion statt Integration – eine Verpflichtung zum Systemwechsel. *Sonderdruck Pädagogik, 2009* (2), 51-53.

Sliwka, A. (2012). Diversität als Chance und als Ressource in der Gestaltung wirksamer Lernprozesse. In Fereidooni, K. (Hrsg.), *Das interkulturelle Lehrerzimmer* (S. 196-176) Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Sliwka, A. (2013). Soziale Ungleichheit-Diversity-Inklusion. Zugriff am 5.10.2020 unter https://www.kubi-online.de/artikel/soziale-ungleichheit-diversity-inklusion

Stiftung SPI (2011). Handreichung Diversity. Vielfalt Gestaltet. Handreichung zu Diversity in Schule und Berufsvorbereitung. Zugriff am 19.10.2020 unter https://www.vielfalt-mediathek.de/data/spi_vielfalt_gestaltet.pdf

Daniel Laumann WWU Münster
Bianca Kramp
Alexander Pusch
Malte Ubben
Stefan Heusler
Susanne Heinicke

Eigene Smartphones im MINT-Unterricht – Gelingensbedingungen

Hintergrund und Zielsetzung

Die fortschreitenden gesellschaftlichen Transformationsprozesse hin zu einer immer stärker digitalisierten Lebenswelt beziehen in zunehmendem Maße auch die Bildung mit ein. Während aktuelle Studien zur Digitalisierung des Bildungssektors in Deutschland immerhin einen positiven Trend aufzeigen (Rohleder, 2019), offenbart insbesondere die Corona-Pandemie jedoch, dass die notwendigen Grundlagen für digitale Bildung häufig nicht gegeben sind (MPFS, 2020). So stellt der Bericht „Bildung in Deutschland 2020“ (Maaz et al., 2020) in einem Schwerpunktkapital zur Bildung in der digitalisierten Welt erheblichen Handlungsbedarf hinsichtlich der Förderung digitaler Kompetenzen der Lernenden sowie der Befähigung der Lehrenden zum didaktisch begründeten und reflektierten Einsatz digitaler Technologien fest. Er beschreibt zudem den Entwicklungsbedarf bei der Ausstattung von Bildungseinrichtungen. Im Hinblick auf den letztgenannten Aspekt gilt für allgemeinbildende Schulen, dass „die technische Infrastruktur an deutschen Schulen international weiterhin nicht anschlussfähig“ ist und „insbesondere [die] Ausstattung mit mobilen Endgeräten unterdurchschnittlich“ ausgeprägt erscheint (Maaz et al., S. 240). Dem gegenüber ist festzustellen, dass fast alle Jugendlichen ab einem Alter von zwölf Jahren in Deutschland selbst ein Smartphone besitzen (Berg, 2019). Berücksichtigt man mögliche didaktische Ansätze zur Nutzung von mobilen Endgeräten im Unterricht, die entweder die Einbindung schülereigener Geräte (Bring Your Own Device, nf. BYOD) oder schuleigener Geräte (Corporate Owned, Personally Embedded, nf. COPE) vorsehen, eröffnen sich aus Perspektive der Bildungsforschung u.a. folgende Fragen:

1. Inwiefern beeinflusst die Verwendung des eigenen Smartphones (BYOD) im Vergleich zu einem schuleigenen Gerät (COPE) die Leistung, Motivation, Konzentration im Unterricht?
2. Welche Gelingensbedingungen für eine zielführende Nutzung und welche Auslöser für Distraktionen lassen sich beim Einsatz des Smartphones im Unterricht identifizieren?

Der aktuelle wissenschaftliche Kenntnisstand beantwortet diese Fragen eher allgemein und ohne Berücksichtigung spezifischer Randbedingungen des Lehr-Lernkontextes (z.B. Ward et al., 2017). Da für gute Lehre jedoch nicht die digitale Technologie als solche entscheidend ist, sondern positive Wirkungen sich aus dem didaktisch fundierten Einsatz durch eine (erfahrene) Lehrkraft ergeben (Laumann & Heusler, 2020), ist auch hinsichtlich des Einsatzes von Smartphones anzunehmen, dass Hinweise auf Gelingensbedingungen oder Distraktionen sich nicht allgemein für eine bestimmte Technologie ergeben, sondern je nach Lehr-Lernsituation und insbesondere je nach Unterrichtsfach variieren (können). Da weiterhin für den mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht zahlreiche

Unterrichtskonzepte für den Einsatz von Smartphones existieren (z.B. Staacks et al., 2018) und Deutschland bezogen auf Smartphone-basierte Unterrichtskonzepte im Fach Physik im internationalen Vergleich sogar eine Vorreiterrolle einnimmt (Girwidz, 2019), untersucht das *BMBF*-Projekt *smart for science* die genannten Forschungsfragen aus mathematisch-naturwissenschaftsdidaktischer Perspektive für die Fächer Chemie, Mathematik und Physik.

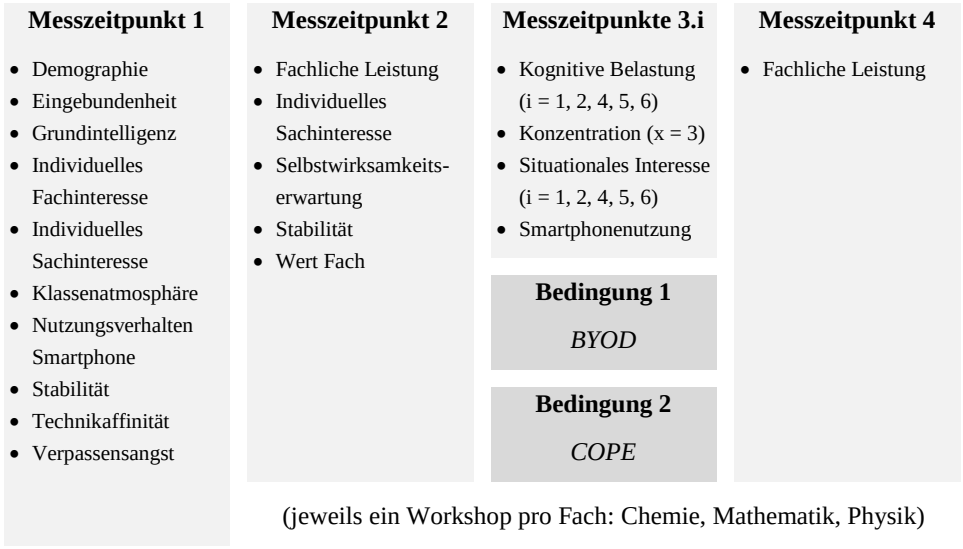


Abb. 1: Untersuchungsplan des Projektes smart for science. Die Erhebung aller Variablen mit Ausnahme der Smartphonenutzung (Videographie) erfolgt in schriftlicher Form.

Methode

Die Untersuchung der unter 1. und 2. formulierten Forschungsfragen im Rahmen des *BMBF*-Projektes *smart for science* (Projektlaufzeit 2019 bis 2022) folgt einem quasi-experimentellen Vergleichsgruppendesign (Bedingung 1: BYOD, Bedingung 2: COPE). Während der Hauptuntersuchung absolvieren $N \geq 15$ Klassen (Jahrgangsstufe 8 oder 9) ein dreitägiges Projekt bestehend aus drei Workshops am SchülerInnenlabor *MExLab ExperiMINTE* der Universität Münster zum Thema „Elektromobilität“ und setzen sich pro Workshop mit Fragestellungen eines der beteiligten Fächer auseinander. Jede der teilnehmenden Klassen wird in zwei Gruppen (Gruppe 1 und 2) unterteilt. In den zentralen Arbeitsphasen nutzen die Lernenden Smartphones zur Bearbeitung fachspezifischer Aufgaben (Chemie: interaktive Simulationen, Mathematik: Modellierungen, Physik: digitale Messwerterfassung), die ihnen während der gesamten Workshopzeit zur Verfügung stehen. Weitere Informationen zum Physikworkshop finden sich bei Kramp et al. (2020). Der Untersuchungsplan des Projektes mit Angabe der Messzeitpunkte und Treatments (mit Bedingungen) findet sich in Abbildung 1. Die grundsätzliche Struktur der Untersuchung sieht vor, dass vor dem ersten Workshop alle Teilnehmenden an einer Erhebung (Messzeitpunkt 1) teilnehmen, die zur Erfassung von Kontrollvariablen und Einführung in das Projekt genutzt wird. Nachfolgend absolvieren die Lernenden einen Workshop pro Fach und durchlaufen dabei jeweils die Messzeitpunkte 2 bis 4. Für die Erhebung der videographischen Daten zur Smartphonenutzung während des Workshops werden

Kamerabrillen genutzt, die das gesamte Blickfeld der Lernenden mitsamt dem Display des Smartphones aufzeichnen (Pilotierung und Voruntersuchung: Anfang 2020, Hauptuntersuchung: vsl. Schuljahr 2020/2021).

Ergebnisse – Voruntersuchung

Die Pilotierung der Workshops (a) sowie des Ablaufs der Untersuchung (b), der genutzten schriftlichen Testinstrumente (c) und der Kamerabrillen (d) erfolgte Anfang 2020 mit N = 48 Schülerinnen und Schülern der Jahrgangsstufe 9. Zu (a): Hinsichtlich des Workshops im Fach Physik zeigt sich über die positive Beurteilung der Interessantheit und Relevanz des Workshops hinaus anhand der Rückmeldungen, dass der Textanteil der Arbeitsmaterialien zu umfangreich ist. Anstelle der Texte sollte versucht werden Informationen in graphischer Form zu visualisieren und die für die Durchführung von Versuchen notwendigen Hinweise als Videos bereitzustellen. Zu (b): Der Untersuchungsverlauf insgesamt erscheint nach den Eindrücken der Voruntersuchung geeignet für die Untersuchung der Forschungsfragen und entspricht auch zeitlich dem im Vorfeld abgeschätzten Umfang. Zu (c): Die für die schriftlichen Untersuchungen genutzten Instrumente entsprechen oder basieren zu großen Teilen auf umfangreich validierten und geprüften Skalen. Im Fach Physik wurde lediglich der Test zur fachlichen Leistung passend zu den Inhalten des Workshops zum Thema „Elektromobilität“ entwickelt. Hier konnte die Voruntersuchung wichtige Hinweise liefern, um die Güte des Instrumentes mit Blick auf die Hauptuntersuchung hin zu optimieren. Aufgrund der geringen Stichprobengröße konnten jedoch keine Erkenntnisse hinsichtlich der Beantwortung von Forschungsfrage 1 abgeleitet werden. Zu (d): Die für die Erhebung der videographischen Daten genutzten Kamerabrillen wurden von den Lernenden hinsichtlich des Datenschutzes und der Privatsphäre voll umfänglich akzeptiert, aber überdies aufgrund des Tragekomforts vielfach kritisiert. Für die Hauptuntersuchung ergibt sich somit, dass das Tragen der Kamerabrillen nicht verpflichtend, sondern freiwillig erfolgen sollte. Aufgrund der COVID-19-Pandemie muss in der Hauptstudie während des gesamten Workshops ein Mund-Nasenschutz getragen werden. Wie sich dies auf die Akzeptanz für das Tragen einer Kamerabrille auswirkt, ist noch offen. Bezogen auf Forschungsfrage 2 konnten bereits erste mögliche Auslöser von Distraktionen identifiziert werden. So wurden Lernende der BYOD-Gruppe durch private Nachrichten in sozialen Medien abgelenkt, während Schülerinnen und Schüler der COPE-Gruppe die Funktionalität der gestellten Geräte erkundeten und davon in ihrer Konzentration gestört wurden. Insgesamt konnten jedoch ein hohes Maß an Disziplin unter den Teilnehmenden und somit nur wenig Distraktionen beobachtet werden.

Ausblick

Die Erkenntnisse des *BMBF*-Projektes *smart for science* sollen helfen den Einsatz mobiler digitaler Endgeräte in der Schule bestmöglich zu gestalten. Dies umfasst schulpolitische Entscheidungen hinsichtlich verschiedenartiger Nutzungsformen, aber auch praktische Hinweise zur Unterrichtsgestaltung durch Lehrkräfte. Ein besonderes Merkmal des Projektes stellt dabei die Berücksichtigung fachspezifischer Besonderheiten dar. So lassen sich zunächst Befunde für den mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht gewinnen, die jedoch bereits als Indikator für nachfolgende Untersuchungen anderer Fächer dienen können.

Hinweis

Dieses Projekt wird im Rahmen des Metavorhabens „Digitalisierung im Bildungsbereich“ vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert.

Literatur

Berg, A. (2019). Kinder und Jugendliche in der digitalen Welt: Berlin: bitkom.

Girwidz, R., Thoms, L.-J., Pol, H., López, V., Michelini, M., Stefanel, A., Greczyło, T., Müller, A., Gregorcic, B., & Hömöstrei, M. (2019). Physics teaching and learning with multimedia applications: a review of teacher-oriented literature in 34 local language journals from 2006 to 2015. International Journal of Science Education, 41 (9), 1181-1206.

Kramp, B., Pusch, A., Heusler, S., Laumann, D., & Heinicke, S. (2020). Smart for science. Gelingensbedingungen für den Einsatz schülereigener Smartphones im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht. In H. Grötzebauch & V. Nordmeier (Hrsg.), PhyDid B – Didaktik der Physik – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung, Bonn (S. 319-326).

Laumann, D., & Heusler, S. (2020). Digitale Bildung im Physikunterricht in Deutschland. Naturwissenschaften im Unterricht Physik, 30 (179), 2-7.

Maaz, K., Artelt, C., Buchholz, S., Kühne, S., Leerhoff, H., Rauschenbach, T., Rockmann, U., Roßbach, H.-G., Schrader, J., & Seeber, S. (2020). Bildung in Deutschland 2020. Bielefeld: wbv.

Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest [MPFS] (2020). JIMplus 2020 Corona-Zusatzuntersuchung. Stuttgart: MPFS.

Rohleder, B. (2019). Smart School – Auf dem Weg zur digitalen Schule. Berlin: bitkom.

Staacks, S., Hütz, S., Heinke, H., & Stampfer, C. (2018). Advanced tools for smartphone-based experiments: phyphox. Physics Education, 53 (4), 045009.

Ward, A., Duke, K., Gneezy, A., & Bos, M. (2017). Brain Drain: The Mere Presence of One's Own Smartphone Reduces Available Cognitive Capacity. Journal of the Association for Consumer Research, 2 (2), 140–154.

Johannes Lewing[1]
Susanne Schneider[1]

[1]Universität Göttingen

Design und Pilotierung einer Interessenstudie zu Energie in biologischen und technischen Kontexten

In diesem Beitrag wird ein Studiendesign präsentiert, mit dem untersucht werden soll, wie sich die systematische Variation von Kontexten auf das situationale Interesse beim Bearbeiten von Physikaufgaben auswirkt. Die Studie knüpft bei der Wahl der Kontexte an Forschungsergebnisse zum naturwissenschaftlichen Interesse von Schülerinnen und Schülern an und betrachtet vor allem geschlechtsspezifische Unterschiede. Als Intervention wurden isomorphe Lernumgebungen zum Energiekonzept in biologischen und technischen Kontexten entwickelt.

Hintergrund

In der Debatte um den naturwissenschaftlichen Unterricht wird verstärkt ein kontextorientierter Unterricht gefordert, der durch authentische Problemstellungen das Interesse der Schülerinnen und Schüler sowie durch die Anwendung von Konzepten in verschiedenen Situationen die Flexibilität des Schülerwissens fördert (Parchmann et al., 2006, Kuhn et al., 2010). Zur Wirksamkeit von Kontexten konnten Bennett, Lubben und Hogarth (2007) zeigen, dass im Vergleich zum traditionellen Unterricht kontextorientierte bzw. *Science-Technologie-Society*-Ansätze das Interesse am Unterricht steigern und Genderdifferenzen im Interesse verringern können. Interesse wird dabei nach der Person-Gegenstands-Theorie von Krapp (1992) als Konstrukt verstanden, welches sich aus dem relativ stabilen individuellen Interesse der Person am Gegenstand und der Interessantheit der Lernumgebung zusammensetzt. Beide Komponenten beeinflussen den Zustand der Interessiertheit einer Person in einer Lernsituation und damit deren interessenorientiertes Handeln. Dieses Handeln kann vor allem durch bereits vorhandenes Interesse am Lerngegenstand (*aktualisiertes Interesse*) oder aber durch die Gestaltung der Lernumgebung (*situationales Interesse*) bestimmt sein.

Themen, an denen Schülerinnen und Schüler ein besonders hohes individuelles Interesse haben, können genutzt werden, um als einbettender Kontext die Interessantheit einer Lernumgebung bzw. das situationale Interesse zu erhöhen (Krapp, 1992, Holstermann & Bögeholz, 2007). Hier besteht weiterer Forschungsbedarf, durch welche Merkmale sich besonders geeignete Kontexte auszeichnen und welche Mechanismen zur Erhöhung des situationalen Interesses wirken.

Zur Klassifizierung von Kontexten bestehen mehrere Ansätze. So schlagen van Vorst et al. (2015) als Kategorisierung unter anderem die Bekanntheit, charakterisiert durch die Alltäglichkeit, sowie die Besonderheit und die Aktualität vor. Empirisch lassen sich geringe Effektstärken bekannter Kontexte auf das situationale Interesse feststellen (Habig et al., 2018). In vorangegangenen Studien zum individuellen Interesse, wie der IPN-Interessenstudie (Hoffmann, Häußler & Lehrke, 1998) und der ROSE Erhebung (Holstermann & Bögeholz, 2007), wurden naturwissenschaftliche Fragestellungen vor allem thematischen Gruppen zugeordnet. Es zeigt sich, dass Jungen ein deutlich höheres Interesse an technischen Fragestellungen aufweisen, während Mädchen an biologischen Themen wie Krankheiten, Körperfunktion und Körperbewusstsein ein höheres Interesse als Jungen haben (Holstermann & Bögeholz, 2007).

Forschungsfragen

In der Studie soll anknüpfend an die IPN Interessenstudie und die ROSE Erhebung der Einfluss des inhaltsbezogenen Themenbereichs innerhalb eines einbettenden Kontexts einer Lernumgebung auf das situationale Interesse untersucht werden. Dafür sollen biologische und technische Kontexte systematisch variiert werden.

F1. Inwiefern wirkt sich die Einbettung von Lernaufgaben in biologische und technische Kontexte auf das situationale Interesse von Schülerinnen und Schülern aus?
F2. Lassen sich Genderdifferenzen bezüglich des situationalen Interesses durch den Einsatz biologischer Kontexte im Vergleich zu technischen Kontexten verringern?
F3. Welchen Einfluss haben kontextbasiertes Sachinteresse und Selbstkonzept auf das situationale Interesse beim Bearbeiten von kontextualisierten Aufgaben?

Hypothesen lassen sich aus der ROSE Erhebung direkt ableiten (Holstermann & Bögeholz, 2007). So wird unter anderem erwartet, dass innerhalb der technischen Kontexte ein starker geschlechtsbezogener Unterschied im situationalen Interesse festzustellen sein wird, welcher durch die Einbettung in einen biologischen Kontext deutlich verringert werden kann. Auch wird erwartet, dass ein hohes Sachinteresse am bzw. Selbstkonzept zum Themenbereich des einbettenden Kontexts mit dem situationalen Interesse korreliert.

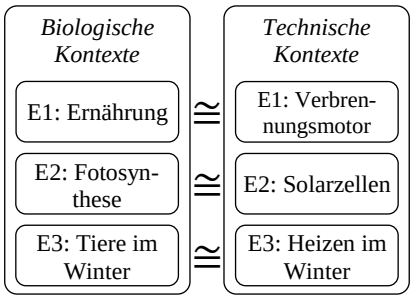


Abb. 1: Entwickelte Lernumgebungen zum Energiekonzept

Entwicklung des Lernmaterials

Aufgrund seiner zentralen Stellung in den Naturwissenschaften und seiner Interdisziplinarität wurde das physikalische Energiekonzept als Lerngegenstand gewählt. In Zusammenarbeit mit Biologiedidaktikerinnen und Lehrkräften wurden isomorphe Lernumgebungen entworfen, die sowohl in biologischen als auch in technischen Kontexten eingebettet sind (Abbildung 1). Die Einbettung erfolgt dabei im Sinne eines Mikrokontexts (Kuhn et al., 2010). Das Design erlaubt so einen direkten Vergleich zwischen jeweils zwei Aufgabenblöcken.

Die Gestaltung der Aufgaben folgte für die drei Aufgabenblöcke nach demselben Aufbau. Zunächst wurde eine kurze Einleitung in den Kontext mit charakteristischer Abbildung gegeben. Im Anschluss wurden Leitfragen an den Kontext präsentiert, welche im Laufe der Bearbeitung beantwortet werden. Mit einem Informationstext (etwa 200 Wörter) wird der Kontext verankert, bevor schließlich die Leitfragen durch die Bearbeitung der Aufgaben beantwortet werden. Abbildung 2 zeigt den Aufbau des Aufgabenblocks zum Themenpaar Ernährung und Stoffwechsel bzw. Verbrennungsmotor. Die erste Aufgabe besteht hier in der Formulierung einer Energieumwandlungskette, in der die im Informationstext beschriebenen Energieumwandlungen systematisiert werden. Aufgabe 2 behandelt die Messung mit einem Kalorimeter, wobei zunächst der experimentelle Aufbau behandelt wird, bevor

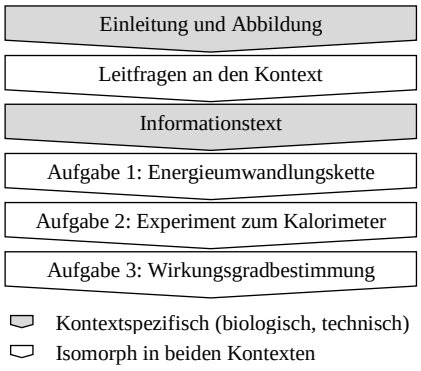


Abb. 2: Aufbau des Lernmaterials am Beispiel des Aufgabenblocks E1

Brennwerte von Nährstoffen bzw. Treibstoffen berechnet werden und schließlich ein Rückbezug zum Kontext innerhalb einer Anwendungsaufgabe stattfindet. In der letzten Aufgabe werden der Wirkungsgrad eines Menschen beim Fahrradfahren bzw. eines Motorrollers bestimmt und Energieverluste thematisiert.

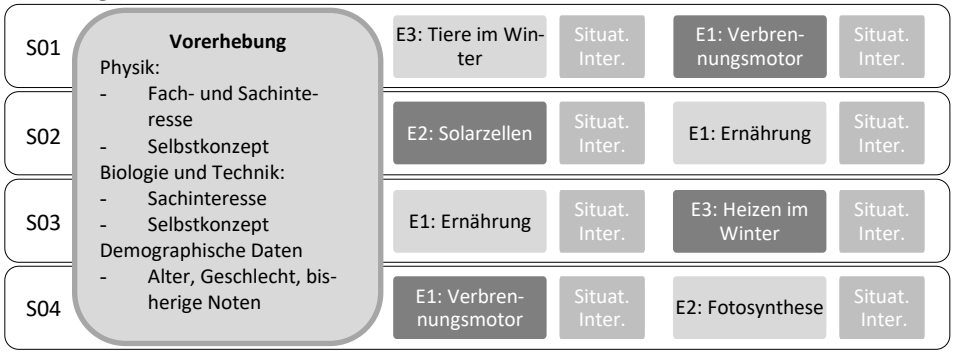


Abb. 3: Design und Ablauf der Studie am Beispiel von vier Versuchspersonen

Studiendesign und Messinstrumente

Die Lernaufgaben stellen Vertiefungsaufgaben zum Energiekonzept dar und sollen von Schülerinnen und Schülern der 10. Jahrgangsstufe des Gymnasiums bearbeitet werden. Innerhalb der Intervention werden den Schülerinnen und Schüler jeweils zwei nicht isomorphe Lernumgebungen zugelost, wobei eine im biologischem Kontext und die andere im technischen Kontext eingebettet ist (Abbildung 3). Die Intervention wird in Einzelarbeit innerhalb einer Doppelstunde (90 Minuten) durchgeführt.

Als Kontrollvariablen werden vor der Bearbeitung des Lernmaterials das Fach- und Sachinteresse, sowie das Selbstkonzept im Fach Physik gemessen. Zusätzlich werden neben den demographischen Daten das Sachinteresse und Selbstkonzept in den beiden Themenbereichen Biologie und Technik erfragt. Die Fragebögen zum Sach- und Fachinteresse sowie dem Selbstkonzept wurden aus der BIJU-Studie adaptiert (Daniels, 2008). Jeweils im Anschluss an die Bearbeitung einer Lernumgebung wird die kognitive Belastung und das situationale Interesse der Schüler erfragt. Der Fragebogen wurde von Habig (2017) übernommen und entsprechend angepasst. Aufgabenmaterial und Fragebögen sind in LimeSurvey als Online-Studie implementiert.

Zur Berechnung der Stichprobengröße wurde angenommen, dass Geschlechtereffekte von mindestens $d = 0.4$ innerhalb eines Kontexts festzustellen sein sollen ($N_{Kontext} > 156$). Aufgrund des experimentellen Designs ergibt sich eine Gesamtstichprobengröße von $N > 468$.

Pilotierung und Ausblick

Die Pilotierung erfolgte durch eine Studie lauten Denkens mit sieben Probandinnen und Probanden der 10. (N=6) bzw. 11. (N=1) Jahrgangsstufe. Die Probanden wiesen ein heterogenes Leistungsspektrum auf, sodass die Differenzierungsmöglichkeiten des Arbeitsmaterials exemplarisch geprüft und weiterentwickelt werden konnten. So wurden insbesondere bei Aufgaben mit höherem Mathematisierungsgrad gestufte Hilfen entwickelt, um eine Bewältigung der Aufgaben zu gewährleisten. Auch wurden Hintergrundinformationen zum Wirkungsgrad und zu Energieumwandlungsketten zur Verfügung gestellt, falls diese Konzepte nicht hinreichend bekannt sind. Es zeigte sich zudem, dass die Oberfläche von LimeSurvey von den Schülerinnen und Schülern intuitiv zu bedienen ist.

Literatur

Bennett, J., Lubben, F., & Hogarth, S. (2007). 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.

Daniels, Z. (2008). Entwicklung schulischer Interessen im Jugendalter. Pädagogische Psychologie und Entwicklungspsychologie: Vol. 69. Münster, München u.a.: Waxmann.

Habig, S. (2017). Systematisch variierte Kontextaufgaben und ihr Einfluss auf kognitive und affektive Schülerfaktoren (Dissertation). Logos Verlag Berlin GmbH.

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

Hoffmann, L., Häußler, P., & Lehrke, M. (1998). Die 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(p71-86; 630 KB), 71-86; 630 KB. Retrieved from http://archiv.ipn.uni-kiel.de/zfdn/pdf/006_Holster_13.pdf

Kuhn, J., Müller, A., Müller, W., & Vogt, P. (2010). Kontextorientierter Physikunterricht: Konzeptionen, Theorien und Forschung zu Motivation und Lernen. Praxis Der Naturwissenschaften - Physik in Der Schule, 59(5).

Krapp, A. (1992). Interesse, Lernen und Leistung: Neue Forschungsansätze in d. Pädagogischen Psychologie. Zeitschrift für Pädagogik.

Parchmann, I., Gräsel, C., Baer, A., Nentwig, P., Demuth, R., & Ralle, B. (2006). “Chemie im Kontext”: A symbiotic implementation of a context-based teaching and learning approach. International Journal of Science Education, 28(9), 1041–1062. https://doi.org/10.1080/09500690600702512

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

Daniel Walpert[1] [1]Universität Kassel
Rita Wodzinski[1]

Einstellungen von Studierenden zur Vermittlung digitaler Kompetenzen

Einleitung

Für eine gelungene integrative Vermittlung digitaler Kompetenzen im Regelunterricht müssen (angehende) Lehrkräfte über zusätzliche Kompetenzen verfügen, welche beispielsweise im TPACK-Modell nach Mishra & Koehler (2006) beschrieben werden. Demnach ist für die Unterrichtsplanung nicht nur die Berücksichtigung fachlicher und pädagogischer Kompetenzen notwendig, sondern erfordert auch die Einbeziehung von technologischen Kompetenzen sowie deren Verknüpfen mit weiteren Kompetenzbereichen.

Umso wichtiger erscheint daher der frühzeitige Erwerb und die vertiefte Auseinandersetzung mit technologischen Inhalten in der (Physik-)Lehramtsausbildung, um die Kompetenzen der Lehrkräfte in Hinblick auf die Unterrichtsplanung und -durchführung mit technologiebezogenem Schwerpunkt zu fördern. Neben den erworbenen technologiebezogenen Kompetenzen stellen die Einstellungen und die wahrgenommene Relevanz wichtige Gelingensbedingungen zur Vermittlung digitaler Kompetenzen dar.

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, TPACK) erzielen soll. Darüber hinaus wird die Einstellungs- und Akzeptanzänderung angehender Physik-Lehrkräfte in Abhängigkeit zu den erworbenen technologiebezogenen Kompetenzen untersucht.

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

Mit dem Beschluss der KMK zur integrativen Vermittlung digitaler Kompetenzen im Regelunterricht ergeben sich neue Anforderungen an Lehrkräfte und Lehramtsstudierende (Kultusministerkonferenz, 2017). Einerseits muss den (angehenden) Physiklehrkräften der Stellenwert digitaler Bildung und deren Relevanz für die Vorbereitung von Schülerinnen und Schülern auf die neuen gesellschaftlichen und beruflichen Anforderungen bewusst sein. Andererseits müssen Lehrkräfte auch über Kompetenzen in den im TPACK-Modell formulierten Kompetenzbereichen verfügen, um technologiebezogenen Unterricht planen und durchführen zu können.

Das TPACK-Modell nach Mishra & Koehler (2006) aufbauend auf Shulman (1987) stellt ein Ordnungsrahmen für Kompetenzen dar, die als Instrument zur Planung und Durchführung

[1]Das 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.

von Unterricht dienen, bei dem der Schwerpunkt auf der Vermittlung digitaler Kompetenzen liegt. Die drei Hauptkomponenten des TPACK-Modells – technisches Wissen (TK), pädagogisches Wissen (PK) und inhaltliches Wissen (CK) – beeinflussen sich gegenseitig und können nicht unabhängig voneinander betrachtet werden.

Der Handlungsbedarf zur Implementation von Lerngelegenheiten zum Erwerb digitaler Kompetenzen in das (Physik-)Lehramtsstudium wird insbesondere durch die geringe Einschätzung der Studierenden in Bezug auf ihre digitalen Kompetenzen im Vergleich zu Studierenden anderen Studiengängen deutlich (Bertelsmann Stiftung, 2017; Farjon, Smits & Voogt, 2019). Auch im Bereich der technologisch-pädagogischen Kompetenzen fühlen sich Studierende der Sekundarstufe 1 nur wenig kompetent (Schmid, Krannich & Petko, 2020).

Neben den technologiebezogenen Kompetenzen stellt die Selbsteinschätzung der Studierenden zur Vermittlung digitaler Kompetenzen eine zentrale Gelingensbedingung für gewinnbringenden technologiebezogenen Unterricht dar (Redecker, 2017). Weitere Faktoren, welche die erfolgreiche Umsetzung digitaler Lerngelegenheiten im Regelunterricht begünstigen, sind die Selbstwirksamkeit und die wahrgenommene Relevanz der Studierendenden in Hinblick auf die Vermittlung digitaler Kompetenzen (Blömeke, 2017; Redecker, 2017). Umso wichtiger erscheint es deshalb, Lernarrangements zu entwickeln, die nicht nur eine Förderung technologiebezogener Kompetenzen anstreben, sondern auch an die Einstellungen und Erfahrungen der Studierenden anknüpfen.

Zielsetzung des Projekts
Im Vordergrund des Projekts steht die Entwicklung von Lernarrangements zur Förderung technologiebezogener Kompetenzen bei Physik-Lehramtsstudierenden. Innerhalb der Lernarrangements wird die Verzahnung von Fachinhalten mit technologiebezogenen Inhalten angestrebt, um die genannten technologiebezogenen Kompetenzen gestuft aufzubauen bzw. zu erweitern. Darüber hinaus soll die Integration der Lernarrangements in bestehende Veranstaltungen der Physik-Fachdidaktik stattfinden.

Forschungsfrage
Angelehnt an die Zielsetzung des Forschungsvorhabens ergibt sich folgende Forschungsfrage: Wie wirkt sich eine Förderung von technologiebezogenen Kompetenzen (TK, TPK, TCK, TPCK) auf die Einstellungen der Studierenden zur Vermittlung digitaler Kompetenzen aus?

Gestaltung der Lernarrangements
Bei der Entwicklung der Lernarrangements steht der gestufte Aufbau von technologischem, technologisch-pädagogischem Wissen und technologischem Inhaltswissen sowie deren Verknüpfung mit bereits erworbenem pädagogischen und fachlichen Wissen im Vordergrund. Zunächst sollen die technologiebezogenen Kompetenzen der Studierenden gefördert und anschließend im Rahmen eines fachdidaktischen Experimentierpraktikums vertieft werden. Daran anschließend wird das technologische Wissen – in Anlehnung an das TPACK-Modell – mit pädagogischem und inhaltlichem Wissen verknüpft und in Praxisphasen vertieft. In einem letzten Schritt soll eine ganzheitliche Förderung technologiebezogener Kompetenzen durch die Planung und Durchführung einer Unterrichtssequenz im Rahmen eines Lehr-Lern-Labors durch die Studierenden stattfinden. Hier sollen einzelne Kompetenzfacetten des TPACK-Modells stärker miteinander verknüpft und theoretische Kenntnisse mit Praxiserfahrung bei der Vermittlung digitaler Kompetenzen untermauert werden.

Wie von Mishra und Koehler (2006) beschrieben, sind die technologiebezogenen Kompetenzen eng an fachliche und technologische Inhalte geknüpft. Die Auswahl der fachlichen Themen orientiert sich an den Fachveranstaltungen der Universität Kassel und beinhaltet folgende Themen: Mechanik, Elektrizität, Wärmelehre und Optik. Die technologischen Inhalte wurden auf Grundlage des Kompetenzrahmens DigCompEdu sowie den im KMK-Beschluss beschriebenen digitalen Kompetenzen ausgewählt. Vordergründig sollen digitale Kompetenzen in den Bereichen des Problemlösens und des Umgangs mit digitalen Medien adressiert werden (vgl. KMK-Beschluss: „5. Problemlösen und Handeln“, DigCompEdu: „6. Förderung der Digitalen Kompetenz der Lernenden“) (Kultusministerkonferenz, 2017; Redecker, 2017). Bei der Themenauswahl technologischer Inhalte wurde die Anschlussfähigkeit an physikalische Fachinhalte beachtet. Konkrete technologische Inhalte, welche innerhalb der Lernarrangements thematisiert werden, sind: digitale Messwerterfassung, digitale Arbeitsplattformen und digitale Werkzeuge.

Einordnung der Lernarrangements in bestehende Fachdidaktik-Veranstaltungen
Innerhalb der ersten vier Semester durchlaufen Physik-Lehramtsstudierende vier Grundmodule, welche sich jeweils zur Hälfte aus Fachveranstaltungen (Vorlesung Experimentalphysik) und Fachdidaktik-Veranstaltungen (didaktisches Experimentierpraktikum, fachdidaktisches Seminar) zusammensetzen. Die Integration der beschriebenen Lernarrangements erfolgt in das didaktische Experimentierpraktikum, in dem technologische und technologisch-pädagogische Inhalte sowie technologisches Inhaltswissen adressiert werden.

Untersuchungsdesign und -methodik
Innerhalb eines Lernarrangements werden zu je drei Messzeitpunkten die Einstellungen der Studierenden zur Vermittlung digitaler Kompetenzen mithilfe teilstrukturierter Interviews erfasst. Darüber hinaus werden die bereits erworbenen Kompetenzen in den Bereichen des technologischen, technologisch-pädagogischen Wissens, des technologischen Inhaltswissens sowie des TPACK erhoben. Unter den Einstellungen der Studierenden werden – in Orientierung an Redecker (2017) und Blömeke (2017) – folgende Teilfacetten zusammengefasst: Selbstwirksamkeitserwartung, Motivation und wahrgenommene Relevanz zur Vermittlung digitaler Kompetenzen. Die Interview-Auswertung erfolgt mit einer induktiven qualitativen Inhaltsanalyse.

Die Datenerhebung findet in einem Prä-Mid-Post-Design statt, bei dem die Erhebungszeitpunkte vor dem Beginn der Veranstaltung (MZP 1), nach dem ersten Veranstaltungsteil (MZP 2) und nach dem zweiten Veranstaltungsteil (MZP 3) durchgeführt werden. In der anschließenden Datenauswertung werden die Einstellungen der Studierenden zwischen den Messzeitpunkten 1 bis 3 mit den erfassten Kompetenzfacetten in den Bereichen des technologischen und des technologisch-pädagogischen Wissens, des technologischen Inhaltswissens sowie des TPACK verglichen.

Ausblick
Die erstmalige Erprobung der Lernarrangements, der eingesetzten Materialien und der Erhebungsinstrumente sowie deren Überarbeitung erfolgt im Wintersemester 2020/21. Nach dem Abschluss der Pilotierungs-Phase beginnt die Datenerhebung und Auswertung bis Ende des Sommersemesters 2022. Es soll weiterhin erprobt werden, inwieweit eine Integration der entwickelten Lernarrangements in andere Bereiche der naturwissenschaftlichen Lehramtsausbildung möglich ist.

Literatur

Bertelsmann Stiftung (Hrsg.) (2017). Monitor Digitale Bildung. Die Hochschule im digitalen Zeitalter. https://doi.org/10.11586/2017014.https://www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/BSt/Publikationen/GrauePublikationen/DigiMonitor_Hochschulen_final.pdf. Zugegriffen: 10.10.2020.

Blömeke, S. (2017). Erwerb medienpädagogischer Kompetenz in der Lehrerausbildung. 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 Lehrerausbildung 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.

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. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.11.010.

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: 10.10.2020.

Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge. A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record, 108(6)*, 1017–1054. https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x.

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.

Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching. Foundations of the new reform. *Harvard educational review, 57(1)*, 1–22.

Abels, Simone, Prof. Dr.
Leuphana Universität Lüneburg
Didaktik der Naturwissenschaften
Universitätsallee 1
21335 Lüneburg
Deutschland
simone.abels@leuphana.de

169, 181

Albert, Gerrit
RWTH Aachen
Didaktik der Physik und Technik
Alsenstraße 34
52068 Aachen
Deutschland
galbert@physik.rwth-aachen.de

581

Altmeyer, Kristin
Universität des Saarlandes
Lehrstuhl für empirische Bildungsforschung
66123 Saarbrücken
Deutschland
kristin.altmeyer@uni-saaarland.de

378

Asali, Ahmad, Dr.
Fakultät für Mathematik, Informatik und Naturwissenschaften
Institut II A (Festkörperphysik)
Otto-Blumenthal-Str.
52074 Aachen
Deutschland
asali@physik.rwth-aachen.de

77, 645

Auer, Verena
Universität Salzburg
School of Education, AG Didaktik der Physik
Hellbrunnerstr. 34
5020 Salzburg
Österreich
verena.auer@sbg.ac.at

457

Aydogmus, Hatice
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
hatice.aydogmus@stud.uni-due.de

149

Bach, Sarah, Dr.
Universität des Saarlandes
Didaktik des Sachunterrichts
Campus C6 3
66123 Saarbrücken
Deutschland
sarah.bach@uni-saarland.de

362, 366, 370, 374, 378, 557

Bednarek, Andreas
Universität Kassel
Didaktik der Physik
Heinrich-Plett-Str. 40
34132 Kassel
Deutschland
bednarek@physik.uni-kassel.de

157

Beil, Fabian, Dr.
Technische Universität Kaiserslautern
AG Didaktik der Physik
Erwin-Schroedinger-Straße Bau 46-532
67663 Kaiserslautern
Deutschland
beil@physik.uni-kl.de

541

Belova, Nadja, Dr.
Universität Bremen
Institut für Didaktik der Naturwissenschaften - Abteilung Chemiedidaktik
Leobener Str. NW2
28359 Bremen
Deutschland
n.belova@uni-bremen.de

117

Benz, Gregor
Pädagogische Hochschule Karlsruhe
Physik und ihre Didaktik
Bismarckstraße 10
76133 Karlsruhe
Deutschland
gregor.benz@ph-karlsruhe.de

414

Berger, Josephine
Technische Universität Darmstadt
Berufspädagogik
Alexanderstraße 6
64283 Darmstadt
Deutschland
berger@bp.tu-darmstadt.de

633

Bernholt, Sascha, Dr.
IPN Kiel
Didaktik der Chemie
Olshausenstraße 62
24118 Kiel
Deutschland
bernholt@leibniz-ipn.de

216

Bertoldi, Frank, Prof. Dr.
Universität Bonn
Argelander-Institut für Astronomie
Auf dem Hügel 71
53121 Bonn
Deutschland
bertoldi@uni-bonn.de

681

Beuter, Anja,
Universität Konstanz
Binational School of Education (BiSE)
Universitätsstraße 10
78464 Konstanz
Deutschland
anja.beuter@uni-konstanz.de

669

Bicak, Besim Enes
TU Braunschweig
Institut für Fachdidaktik der Naturwissenschaften - Abt. Chemie und Chemiedidaktik
Bienroder Weg 82
38106 Braunschweig
Deutschland
b.bicak@tu-braunschweig.de

334

Bittorf, Robert Marten
Am Kleinen Felde 30
Didaktik der Chemie
Am Kleinen Felde 30
30167 Hannover
Deutschland
bittorf@idn.uni-hannover.de

625

Bitzenbauer, Philipp, Dr.
Universität Erlangen
Didaktik der Physik
Staudtstr. 7
91058 Erlangen
Deutschland
philipp.bitzenbauer@fau.de

270, 402, 709

Bläsing, Robin
RWTH Aachen

729

Bley, Christoph
Friedrich-Schiller-Universität Jena
AG Chemiedidaktik
christoph.bley@uni-jena.de

310, 326

Bliesmer, Kai, Dr.
Universität Oldenburg
Didaktik der Physik
Carl-von-Ossietzky-Straße 9-11
26129 Oldenburg
Deutschland
kai.bliesmer@uni-oldenburg.de

165

Bodensiek, Oliver, Jun.-Prof. Dr.
Technische Universität Braunschweig
Institut für Fachdidaktik der
Naturwissenschaften Abteilung Physik
und Physikdidaktik
Bienroder Weg 82
38106 Braunschweig
Deutschland
o.bodensiek@tu-braunschweig.de

338

Bolte, Claus, Prof. Dr.
Freie Universität Berlin
Didaktik der Chemie
Haderslebener str. 9
2163 Berlin
Deutschland
claus.bolte@fu-berlin.de

54, 185, 193, 549, 689, 705

Bonin, Frederic
Universität Bielefeld
Didaktik der Chemie
Universitätsstraße 25
33615 Bielefeld
Deutschland
frederic.bonin@uni-bielefeld.de

673

Borowski, Andreas, Prof. Dr.
Universität Potsdam
Didaktik der Physik
Karl-Liebknecht Str. 24/25
14476 Potsdam
Deutchland
andreas.borowski@uni-potsdam.de

93, 226, 258, 282

Böttcher-Graf, Pauline
TUM School of Education
Didaktik der Chemie
Arcisstraße 22
80331 München
Deutschland
PaulineBG@web.de

410

Brauns, Sarah
Leuphana Universität Lüneburg
Didaktik der Naturwissenschaften
Universitätsallee 1
21335 Lüneburg
Deutschland
sarah.brauns@leuphana.de

181

Bresges, André, Prof. Dr.
Universität zu Köln
Institut für Physikdidaktik
Gronewaldstrasse 2
50931 Köln
Deutschland
Andre.Bresges@uni-koeln.de

701

Breuer, Judith
Universität Paderborn
Warburger Str. 100
33098 Paderborn
Deutschland
judith.breuer@upb.de

45, 242

Brinkmann, Ute, Dr.
Technische Universität Darmstadt
Fachdidaktik Chemie
Alarich-Weiss-Straße 4
64287 Darmstadt
Deutschland
ute.brinkmann@tu-darmstadt.de

298

Brockmüller, Steffen
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
steffen.brockmueller@uni-due.de

717

Brück, Selina
Technische Universität Braunschweig
Pädagogische Psychologie
Bienroderweg 82
38106 Braunschweig
Deutschland
s.brueck@tu-braunschweig.de

342

Burde, Jan-Philipp, Juniorprof. Dr.
Eberhard Karls Universität Tübingen
AG Didaktik der Physik
Auf der Morgenstelle 14
72076 Tübingen
Deutschland
Jan-Philipp.Burde@uni-tuebingen.de

137, 145, 541, 617

Buschhüter, David, Dr.
Universität Potsdam
Didaktik der Physik
Karl-Liebknecht-Straße 24/25
14476 Potsdam
Deutschland
David.Buschhueter@uni-potsdam.de

41, 51, 93, 258

Buschmann, Jana-Kim
Universität Bielefeld
Didaktik der Chemie
Universitätsstraße 25
33615 Bielefeld
Deutschland
jana-kim.buschmann@uni-bielefeld.de

445

Busker, Maike, Prof Dr.
Europa-Universität Flensburg
Abteilung Chemie und ihre Didaktik
Auf dem Campus 1
24943 Flensburg
Deutschland
maike.busker@uni-flensburg.de

382

Czubatinski, Lars
Studienseminar Kaiserslautern

201

Dahlkemper, Merten
Georg-August-Universität Göttingen
Didaktik der Physik
Friedrich-Hund-Platz 1
37077 Göttingen
Deutschland
m.dahlkemper@stud.uni-goettingen.de

121

Dannemann, Sarah, Dr.
Leibniz Universität Hannover
IDN - Institut für Didaktik der Naturwissenschaften
Am Kleinen Felde 30
30167 Hannover
Deutschland
dannemann@idn.uni-hannover.de

449

Deibl, Ines, Dr.
Universität Salzburg
AG Fachdidaktische Lehr-/Lernforschung mit Neuen Medien
Hellbrunnerstr. 34
5020 Salzburg
Österreich
ines.deibl@sbg.ac.at

741

Devetak, Iztok
Univerity of Ljubljana

753

Dietz, Dennis
Freie Universität Berlin
Chemiedidaktik
Haderslebener Str. 9
12163 Berlin
Deutschland
dietzden@gmail.com

193

Dietze, Stefan
Henrich-Heine-Universität Düsseldorf

449

Do, Huong Giang
I. Physikalisches Institut, RWTH Aachen
Sommerfeldstrasse 14
52074 Aachen
Deutschland
giang.do@rwth-aachen.de

729

Dohrmann, René, Dr.
Freie Universität Berlin
Didaktik der Physik
Arnimallee 14
14195 Berlin
Deutschland
rene.dohrmann@fu-berlin.de

294

Dopatka, Liza
Technische Universität Darmstadt
Didaktik der Physik
Hochschulstraße 12
64289 Darmstadt
Deutschland
liza.dopatka@physik.tu-darmstadt.de

145

Dorn, André, Dr.
Uni Siegen
Didaktik der Chemie
Adolf-Reichwein-Str. 2
57068 Siegen
dorn@chemie.uni-siegen.de

685

Dorschu, Alexandra, Prof. Dr.
Hochschule Ruhr West
Institut Maschinenbau
Duisburger Str. 100
45479 Mülheim
Deutschland
alexandra.dorschu@hs-ruhrwest.de

453, 521

Eckhard, Julia
Universität Gießen
Institut für Didaktik der Chemie
Heinrich-Buff-Ring 17
35392 Gießen
Deutschland
Julia.Eckhard@didaktik.chemie.uni-giessen.de

216

Ehlert, Lars
Universität Regensburg
Didaktik der Chemie
Universitätsstraße 31
93053 Regensburg
Deutschland
lars.ehlert@ur.de

430

Eichinger, Annika
Universität des Saarlandes
Physikalische Chemie und Didaktik der Chemie
66123 Saarbrücken
Deutschland
s8aneich@stud.uni-saarland.de

362, 366, 370, 374, 378, 557

Eitemüller, Carolin, Dr.
Universität Duisburg-Essen
Schützenbahn 70
45127 Essen
carolin.eitemueller@uni-due.de

553, 621

Elsner, Julia
Universität Paderborn
Chemiedidaktik
Warburger Str. 100
33098 Paderborn
Deutschland
julia.elsner@uni-paderborn.de

609

Engelmann, Philipp, Dr.
Friedrich-Schiller-Universität Jena
AG Chemiedidaktik
philipp.engelmann@uni-jena.de

310, 322

Engl, Alexander
Universität Koblenz-Landau
Didaktik der Chemie
engl@uni-landau.de

238

Erb, Roger, Prof. Dr.
Goethe-Universität Frankfurt am Main
Institut für Didaktik der Physik
Max-von-Laue-Str. 1
60438 Frankfurt am Main
Deutschland
roger.erb@physik.uni-frankfurt.de

177, 205, 577

Essex, Jane
University of Strathclyde

753

Ewerth, Ralph

449

Fechner, Sabine, Prof. Dr.
Universität Paderborn
Didaktik der Chemie
Warburgerstr. 100
33098 Paderborn
Deutschland
sabine.fechner@upb.de

605, 609, 613

Fischer, Vanessa, Dr.
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
vanessa.fischer@uni-due.de

81

Fitting, Nils
Technische Universität Kaiserslautern
Fachdidaktik Chemie
Erwin-Schrödinger-Straße 52
67663 Kaiserslautern
Deutschland
fitting@chemie.uni-kl.de

201

Fitzgerald, Barry W.

469

Fleischer, Timo, Dr.
Universität Salzburg
AG Didaktik der Chemie
Hellbrunnerstr. 34
5020 Salzburg
Österreich
timo.fleischer@sbg.ac.at

593, 741

Flieser, Katharina
Universität Regensburg
Didaktik der Physik
Universitätsstraße 31
93053 Regensburg
Deutschland
katharina.flieser@physik.uni-regensburg.de

697

Freese, Mareike
Goethe-Universität Frankfurt am Main
Institut für Didaktik der Physik
Max-von-Laue-Str. 1
60438 Frankfurt am Main
Deutschland
freese@physik.uni-frankfurt.de

390

Friege, Gunnar

449

Garrelfs, Svenja M.

382

Gerke, Franziska
TU Braunschweig
Physikdidaktik
Bienroder Weg 82
38106 Braunschweig
Deutschland
f.gerke@tu-braunschweig.de

709

Geyer, Marie-Annette, Dr.
Technische Universität Dresden
Didaktik der Physik
marie-annette.geyer@tu-dresden.de

121, 601

Ghassemi, Novid
Freie Universität Berlin
Didaktik der Physik
Arnimallee 14
14195 Berlin
Deutschland
nghassemi@zedat.fu-berlin.de

294, 649

Gildehaus, Lara
Universität Paderborn
Didaktik der Mathematik
Warburger Str. 100
33098 Paderborn
Deutschland
lara.gildehaus@math.uni-paderborn.de

89

Glatz, Lion Cornelius
Goethe-Universität Frankfurt am Main
Institut für Didaktik der Physik
Max-von-Laue-Str. 1
60438 Frankfurt am Main
Deutschland
glatz@physik.uni-frankfurt.de

577

Gottschlich, Benedikt
Eberhard Karls Universität Tübingen
(Studierender)
benedikt.gottschlich@gmail.com

617

Graulich, Nicole, Prof. Dr.
Justus-Liebig-Universität Gießen
Insitut für Didaktik der Chemie
Heinrich-Buff-Ring 17
35392 Gießen
Deutschland
nicole.graulich@didaktik.chemie.uni-giessen.de

125, 209, 212, 216

Greitemann, Lars
Technische Universität Dortmund
Lehrstuhl für Chemie und ihre Didaktik
Otto-Hahn-Straße 6
44227 Dortmund
Deutschland
lars.greitemann@tu-dortmund.de

497

Grewe, Oliver
Westfälische Wilhelms-Universität
Institut für Didaktik des Sachunterrichts
Leonardo-Campus 11
48149 Münster
Deutschland
Oliver.grewe@uni-muenster.de

109

Gröger, Martin, Prof. Dr.
Uni Siegen
Didaktik der Chemie
Adolf-Reichwein-Str. 2
57068 Siegen
Deutschland
groeger@chemie.uni-siegen.de

685

Groos, Lukas
Justus-Liebig-Universität Gießen
Institut für Didaktik der Chemie
Heinrich-Buff-Ring 17
35392 Gießen
Deutschland
lukas.groos@didaktik.chemie.uni-giessen.de

125

Groß, Katharina, Prof. Dr.
Universität Wien
Institut für Didaktik der experimentellen Chemie
Sensengasse 8
1090 Wien
Österreich
katharina.gross@univie.ac.at

398, 589

Große, André
Goethe-Universität Frankfurt am Main
Institut für Didaktik der Physik
Max-von-Laue-Str. 1
60438 Frankfurt am Main
Deutschland
grosse@physik.uni-frankfurt.de

234, 677

Grottke, Tina

51

Güth, Fabien
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
fabien.gueth@uni-due.de

48, 597

Haagen-Schützenhöfer, Claudia, Prof. Dr.
Universität Graz
Fachbereich Physikdidaktik
Universitätsplatz 5
8010 Graz
Österreich
claudia.haagen@uni-graz.at

58, 145, 250, 485, 693

Haak, Inka, Dr.
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Didaktik der Physik
Hoher Weg 8
06120 Halle
Deutschland
inka.haak@physik.uni-halle.de

89

Haase, Sebastian

137

Habel, Stefan, Dr.
Hochschule Ruhr West
Institut Energieysteme und Energiewirtschaft
Lützowstr. 5
46236 Bottrop
Deutschland
stefan.habel@hs-ruhrwest.de

521

Habig, Sebastian, Dr.
Universität Paderborn
Didaktik der Chemie
Warburgerstraße 100
33098 Paderborn
Deutschland
sebastian.habig@upb.de

1, 85, 533, 613, 733

Hachfeld, Axinja, Prof. Dr.
Universität Konstanz/Pädagogische Hochschule Thurgau (CH)
Fachbereich Geschichte und Soziologie mit Empirischer Bildungsforschung und Sportwissenschaft/Binational School of Education (BiSE)
Universitätsstraße 10
78464 Konstanz
Deutschland
axinja.hachf

669

Halverscheid, Stefan, Prof. Dr.
Georg-August-Universität Göttingen
Didaktik der Mathematik
Bunsenstraße 3-5
37073 Göttingen
Deutschland
stefan.halverscheid@mathematik.uni-goettingen.de

306

Harmer, Sandra Pia
Universität Wien
Institut für Didaktik der Chemie
Sensengasse 8/07
1090 Wien
Österreich
sandra.pia.harmer@univie.ac.at

589

Härtig, Hendrik, Prof. Dr.
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Physik
Universitätsstr. 2
45141 Essen
Deutschland
hendrik.haertig@uni-due.de

302, 453

Hartig, Katja, Dr.
Goethe-Universität Frankfurt
Pädagogische Psychologie
Theodor-W.-Adorno-Platz 6
60629 Frankfurt am Main
Deutschland
hartig@psych.uni-frankfurt.de

177

Hasselbrink, Eckart

73

Hauck, David Johannes
Technische Universität Dortmund
Lehrstuhl für Chemie und ihre Didaktik
Otto-Hahn-Straße 6
44227 Dortmund
Deutschland
david.hauck@tu-dortmund.de

493

Havlena, Silvia Alexandra
Pädagogische Hochschule Salzburg
Stefan Zweig
Institut für Didaktik, Unterrichts- und Schulentwicklung
silvia.havlena@phsalzburg.at

725

Hayes, Sarah

753

Heine, Erik
TU Dresden
Professur für Didaktik der Physik
Haeckelstraße 3
01069 Dresden
Deutschland
erik.heine@tu-dresden.de

254

Heinicke, Susanne, Prof. Dr.
Westfälische Wilhelms-Universität Münster
Didaktik der Physik
Wilhelm-Klemm-Straße 10
48149 Münster
Deutschland
susanne.heinicke@wwu.de

757

Heinitz, Benjamin
Leibniz Universität Hannover
Institut für Didaktik der Naturwissenschaften
Am Kleinen Felde 30
30167 Hannover
Deutschland
heinitz@idn.uni-hannover.de

224, 230

Heinke, Heidrun, Prof. Dr.
RWTH Aachen University
I. Physikalisches Institut IA
Sommerfeldstr. 14
52074 Aachen
Deutschland
heinke@physik.rwth-aachen.de

77, 220, 565, 645, 665, 729

Helzel, Andreas, Dr.
Universität Halle
Didaktik der Physik
Hoher Weg 8
06120 Halle
Deutschland
andreas.helzel@physik.uni-halle.de

629

Henne, Anna
Universität Konstanz
Fachbereich Physik
Universitätsstraße 10
78464 Konstanz
Deutschland
anna.henne@uni-konstanz.de

669

Herzig, Melanie
Hochschule Ruhr West
Institut Energiesysteme und Energiewirtschaft
Lützowstr. 5
46236 Bottrop
Deutschland
melanie.herzig@hs-ruhrwest.de

521

Heusler, Stefan, Prof. Dr.
Universität Münster
Didaktik der Physik
Wilhelm-Klemm-Straße 10
48149 Münster
Deutschland
stefan.heusler@uni-muenster.de

661, 757

Hickmann, Pauline
Freie Universität Berlin
Chemiedidaktik
Haderslebener Str. 9
12163 Berlin
Deutschland
pauline1997@zedat.fu-berlin.de

193

Hilfert-Rüppell, Dagmar, Dr.
Technische Universität Braunschweig
Institut für Fachdidaktik der Naturwissenschaften, Abt. Chemie und Chemiedidaktik
Bienroder Weg 82
38106 Braunschweig
Deutschland
d.hilfert-rueppell@tu-braunschweig.de

330, 346, 350

Holland, Dominique
Universität Regensburg
Didaktik der Physik
dominique.holland@ur.de

561

Holländer, Monika, Dr.
Technische Universität Dortmund
Lehrstuhl für Chemie und ihre Didaktik
Otto-Hahn-Str. 6
44227 Dortmund
Deutschland
monika.hollaender@tu-dortmund.de

509

Holschemacher, Sven
Freie Universität Berlin
Didaktik der Chemie
Haderslebener Str. 9
12163 Berlin
Deutschland
s.holschemacher@fu-berlin.de

549

Höner, Kerstin, Prof. Dr.
Technische Universität Braunschweig
Institut für Fachdidaktik der Naturwissenschaften Abt. Chemie und Chemiedidaktik
Bienroder Weg 82
38106 Braunschweig
Deutschland
k.hoener@tu-braunschweig.de

334, 346, 350, 354

Hönig, Marina
Pädagogische Hochschule Ludwigsburg
Abteilung Chemie
Reuteallee 46
71634 Ludwigsburg
Deutschland
marina.hoenig@ph-ludwigsburg.de

489

Hopf, Martin, Univ.-Prof. Dr.
Universität Wien
AECC Physik
Porzellangasse 4/2/2
1090 Wien
Österreich
martin.hopf@univie.ac.at

145, 153, 274, 657

Horn, Martin Erik, Dr.
Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin
FB2: Ingenieurwissenschaften - Technik und Leben
Wilhelminenhofstr. 75a
12459 Berlin
Deutschland
hornmar@htw-berlin.de

418

Hornung, Gabriele

201

Horvat, Anja Kranjc
Universität Potsdam & CERN
Karl-Liebknecht Str. 24/25
14476 Potsdam
Deutchland
anja.horvat@cern.ch

282

Horz, Holger

177

Höttecke, Dietmar, Prof. Dr.
Universität Hamburg
Didaktik der Physik
Von-Melle-Park 8
20146 Hamburg
Deutschland
dietmar.hoettecke@uni-hamburg.de

517

Hull, Michael M., Dr.
Universität Wien
Österreichisches Kompetenzzentrum für Didaktik der Physik
Österreich
michael.malvern.hull@univie.ac.at

274

Hundertmark, Sarah, Dr.
Leibniz Universität Hannover
Didaktik der Chemie
Am Kleinen Felde 30
30449 Hannover
Deutschland
hundertmark@idn.uni-hannover.de

169, 189, 525

Huwer, Johannes, Prof. Dr.
PH Weingarten
Chemie und ihre Didaktik
Kirchplatz 2
88250 Weingarten
Deutschland
huwer@ph-weingarten.de

197, 557

Janke, Salome
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
salome.janke@uni-due.de

85

Janksy, Alexandra, Dr.
CERN
European Organization for Nuclear Research
Switzerland
alexandra.jansky@cern.ch

274

Jeličić, Katarina

121

John, Tilmann
Pädagogische Hochschule Ludwigsburg
tilmann.john@ph-ludwigsburg.de

545

Joswig-Käfer, Ann-Kathrin
RWTH Aachen University
Didaktik der Physik und Technik
Sommerfeldstraße 14
52074 Aachen
Deutschland
joswig-kaefer@physik.rwth-aachen.de

286

Jugel, David

290

Jünger, Theresa
Friedrich-Schiller-Universität Jena
AG Chemiedidaktik
Deutschland
theresa.juenger@uni-jena.de

310, 314

Kapanadze, Marika

473

Kappe, Matthias
Universität Bielefeld
Didaktik der Chemie
Universitätsstraße 25
33615 Bielefeld
Deutschland
m.kappe@uni-bielefeld.de

445

Kaulhausen, Simon
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
simon.kaulhausen@uni-due.de

48, 621

Kay, Christopher W.M., Prof. Dr.
Universität des Saarlandes
Physikalische Chemie und Didaktik der Chemie
66123 Saarbrücken
Deutschland
christopher.kay@uni-saarland.de

197, 362, 366, 370, 374, 378, 557

Keiner, Liz
Justus-Liebig-Universität Gießen
Didktik der Chemie
Heinrich-Buff-Ring 17
35392 Gießen
Deutschland
liz.keiner@dc.jlug.de

209

Kelkel, Mareike, Dr.
Universität des Saarlandes
Didaktik des Sachunterrichts
Campus C6 3
66123 Saarbrücken
Deutschland
mareike.kelkel@uni-saarland.de

362, 366, 370, 374, 378, 557

Keller, Sebastian
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
sebastian.keller@uni-due.de

733

Kempin, Maren
Universität Bremen
IDN Physikdidaktik
Otto-Hahn-Allee 1
28359 Bremen
Deutschland
maren.kempin@uni-bremen.de

262

Kieferle, Sarah
Pädagogische Hochschule Ludwigsburg
sarahkieferle@web.de

753

Klein, Pascal, Juniorprof. Dr.
Georg-August-Universität Göttingen
Didaktik der Physik
Friedrich-Hund-Platz 1
37077 Göttingen
Deutschland
pascal.klein@uni-goettingen.de

121, 306

Koenen, Jenna, Prof. Dr.

410

Komor, Ines
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
ines.komor@uni-due.de

73

Komorek, Michael, Prof. Dr.
Universität Oldenburg
Didaktik der Physik
Carl-von-Ossitzky-Straße 9-11
26129 Oldenburg
Deutschland
michael.komorek@uol.de

161, 165

Korneck, Friederike, Prof. Dr.
Goethe-Universität Frankfurt am Main
Institut für Didaktik der Physik
Max-von-Laue-Str. 1
60438 Frankfurt am Main
Deutschland
korneck@em.uni-frankfurt.de

4, 224, 234, 633, 653, 677

Köster, Hilde, Prof. Dr.
Freie Universität Berlin
Habelschwerdter Allee 45
14195 Berlin
Deutschland
hilde.koester@fu-berlin.de

749

Krabbe, Christina, Dr.
Technische Universität Dortmund
Lehrstuhl für Chemie und ihre Didaktik
Otto-Hahn-Str. 6
44227 Dortmund
Deutschland
christina.krabbe@tu-dortmund.de

107

Krabbe, Heiko, Prof. Dr.
Ruhr-Universität Bochum
Didaktik der Physik
Universitätstraße 150
44801 Bochum
Deutschland
heiko.krabbe@rub.de

105, 133

Kranz, David
Justus-Liebig-Universität Gießen
Didaktik der Chemie
Heinrich-Buff-Ring 17
35392 Gießen
Deutschland
david.kranz@dc.jlug.de

212

Kraus, Ute, Prof. Dr.
Universität Hildesheim
Institut für Physik
Universitätsplatz 1
31141 Hildesheim
Deutschland
ute.kraus@uni-hildesheim.de

745

Kreikenbohm, Annika

641

Kressdorf, Freja
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Didaktik der Physik
Hoher Weg 8
06120 Halle
Deutschland
freja.kressdorf@physik.uni-halle.de

394

Krumphals, Ingrid, Dr.
Universität Graz
Fachbereich Physikdidaktik
Universitätsplatz 5
8010 Graz
Österreich
ingrid.krumphals@uni-graz.at

58

Kubsch, Marcus, Dr.
IPN · Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik
Didaktik der Physik
Olshausenstraße 62
24118 Kiel
Deutschland
kubsch@leibniz-ipn.de

45

Küchemann, Stefan, Dr.
Technische Universität Kaiserslautern
Didaktik der Physik
Erwin-Schrödinger Straße 46
67663 Kaiserslautern
Deutschland
s.kuechemann@physik.uni-kl.de

121

Kuhn, Jochen, Prof. Dr.
Technische Universität Kaiserslautern
Didaktik der Physik
Erwin-Schrödinger Straße 46
67663 Kaiserslautern
Deutschland
kuhn@physik.uni-kl.de

306, 541

Kurth, Christopher
Universität Kassel
Didaktik der Physik
Heinrich-Plett-Straße 40
34132 Kassel
Deutschland
kurth@physik.uni-kassel.de

637

Küsel, Julian
Pädagogische Hochschule Ludwigsburg
Abteilung Chemie und ihre Didaktik
Reuteallee 46
71634 Ludwigsburg
Deutschland
julian.kuesel@ph-ludwigsburg.de

489, 573

Kuske-Janßen, Wiebke

601

Lamprecht, Jan, Dr.
Goethe-Universität Frankfurt am Main
Institut für Didaktik der Physik
Max-von-Laue-Str. 1
60438 Frankfurt am Main
Deutschland
lamprecht@physik.uni-frankfurt.de

4, 653, 677

Lang, Martin, Prof. Dr.
Fakultät für Ingenieurwissenschaften
Technologie und Didaktik der Technik
Universitätsstr. 15
45141 Essen
Deutschland
martin.lang@uni-due.de

521

Lang, Vanessa
Universität des Saarlandes
Physikalische Chemie und Didaktik der Chemie
Campus B2 2
66123 Saarbrücken
Deutschland
vanessa.lang@uni-saarland.de

362, 366, 370, 374, 378, 557

Langlotz, Miriam

358

Lauer, Luisa
Universität des Saarlandes
Didaktik des Sachunterrichts
Campus C6 3
66123 Saarbrücken
Deutschland
luisa.lauer@uni-saarland.de

362, 366, 370, 378, 557

Leisen, Wiebke
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Physik
Universitätsstr. 2
45141 Essen
Deutschland
wiebke.leisen@uni-due.de

302

Lenze, Joscha
Freie Universität Berlin
Chemiedidaktik
Haderslebener Str. 9
12163 Berlin
Deutschland
jolenze@zedat.fu-berlin.de

193

Lewing, Johannes
Universität Göttingen
Didaktik der Physik
Friedrich-Hund-Platz 1
37077 Göttingen
Deutschland
Johannes.lewing@uni-goettingen.de

761

Liebendörfer, Michael, Juniorprof. Dr.
Universität Paderborn
Didaktik der Mathematik
Warburger Str. 100
33098 Paderborn
michael.liebendoerfer@math.upb.de

89

Lieber, Leonie
Justus-Liebig Universität Gießen
Didaktik der Chemie
Heinrich-Buff-Ring 17
35392 Gießen
Deutschland
leonie.lieber@dc.jlug.de

66

Lück, Gisela

673

Lüders, Christina
RWTH Aachen University
I. Physikalisches Institut IA
Sommerfeldstraße 14
52074 Aachen
Deutschland
lueders@physik.rwth-aachen.de

77, 645

Lutz, Wolfgang
Universität Würzburg
Physik und ihre Didaktik
Emil-Hilb-Weg 22
97074 Würzburg
Deutschland
wolfgang.lutz@physik.uni-wuerzburg.de

137

Marenzi, Ivana

449

Markic, Silvija, Prof. Dr.
Pädagogische Hochschule Ludwigsburg
Abteilung Chemie und ihre Didaktik
Reuteallee 46
71634 Ludwigsburg
Deutschland
markic@ph-ludwigsburg.de

473, 489, 573, 753

Martin, Catherine

473

McHugh, Martin

753

Mehrtens, Tobias
Freie Universität Berlin
Sachunterricht und seine Didaktik
Habelschwerdter Allee 45
14195 Berlin
Deutschland
t.mehrtens@fu-berlin.de

749

Melle, Insa, Prof. Dr.
Technische Universität Dortmund
Lehrstuhl für Chemie und ihre Didaktik
Otto-Hahn-Straße 6
44227 Dortmund
Deutschland
insa.melle@tu-dortmund.de

493, 497, 501, 505, 509, 513

Menthe, Jürgen, Prof. Dr.
Universität Hildesheim
Institut für Biologie und Chemie
Universitätsplatz 1
31141 Hildesheim
Deutschland
juergen.menthe@uni-hildesheim.de

169

Meßinger-Koppelt, Jenny, Dr.
Joachim Herz Stiftung
Programmbereich Naturwissenschaften
Langenhorner Chaussee 384
22419 Hamburg
Deutschland
jmessinger@joachim-herz-stiftung.de

569, 661

Mientus, Lukas
Universität Potsdam
Didaktik der Physik
Karl-Liebknecht-Str. 24/25
14476 Potsdam
Deutschland
lukas.mientus@uni-potsdam.de

226

Mikelskis-Seifert, Silke, Prof. Dr.
Pädagogische Hochschule Freiburg
Kunzenweg / 21
79117 Freiburg
Deutschland
silke.mikelskisseifert@ph-freiburg.de

173

Milker, Clemens
TU Dresden
Didaktik der Chemie
Ludwig Ermold Straße 3
01062 Dresden
Deutschland

290

Modebadze, Nino

473

Möhrke, Philipp

51, 669

Möller, Kornelia, Prof. Dr.
Westfälische Wilhelms-Universität
Institut für Didaktik des Sachunterrichts
Leonardo-Campus 11
48149 Münster
Deutschland
kornelia.moeller@uni-muenster.de

109

Mönch, Corinna
Pädagogische Hochschule Ludwigsburg
Chemie und ihre Didaktik
Reuteallee 46
71634 Ludwigsburg
Deutschland
corinna.moench@ph-ludwigsburg.de

473

Morales, Marie Paz

473

Müller, Andreas

725

Müller, Freya

749

Müller, Rainer, Prof. Dr.
TU Braunschweig
Physikdidaktik
Bienroder Weg 82
38106 Braunschweig
Deutschland
rainer.mueller@tu-braunschweig.de

358, 709

Müller, Stefan
Universität zu Köln
Institut für Chemiedidaktik
Herbert-Lewin-Straße 2
50931 Köln
Deutschland
s.mueller@uni-koeln.de

529

Mutschler, Tanja
Universität Potsdam
Didaktik der Physik
Karl-Liebknecht-Str. 24/25
14476 Potsdam
Deutschland
tmutschl@uni-potsdam.de

42, 258

Neff, Sascha
Universität Koblenz-Landau
Institut für naturwissenschaftliche
Bildung, AG Chemiedidaktik
Fortstraße 7
76829 Landau
Deutschland
neff@uni-landau.de

238

Nehring, Andreas, Prof. Dr.
Leibniz Universität Hannover
Institut für Didaktik der
Naturwissenschaften (IDN)
Am Kleinen Felde 30
30167 Hannover
Deutschland
nehring@idn.uni-hannover.de

169, 224, 230, 449, 537

Nell, Sebastian
RWTH Aachen University
I. Physikalisches Institut IA
Otto-Blumenthal-Straße
52074 Aachen
Deutschland
nell@physik.rwth-aachen.de

565, 729

Nimz, Annika
TU Braunschweig
Institut für Fachdidaktik der Naturwissenschaften, Abt. Chemie und Chemiedidaktik
Bienroder Weg 82
38106 Braunschweig
Deutschland
a.nimz@tu-braunschweig.de

338, 354

Noethlichs, Michael

701

Nordmeier, Volkhard, Prof. Dr.
Freie Universität Berlin
Didaktik der Physik
Arnimallee 14
14195 Berlin
Deutschland
nordmeier@physik.fu-berlin.de

294, 649

Noritzsch, Jens

729

Nowak, Anna, Frau
Universität Potsdam
Didaktik der Physik
Karl-Liebknecht-Str. 24/25
14476 Potsdam
Deutschland
anna.nowak@uni-potsdam.de

93, 226

Ntoutsi, Eirini

449

Nuic, Ines

473

Oettinghaus, Lars

4

Opfermann, Maria, Dr.
Ruhruniversität Bochum
Institut für Erziehungswissenschaft
Universitätsstraße 150
44801 Bochum
Deutschland
maria.opfermann@ruhr-uni-bochum.de

69, 302

Österlein, Jan-Martin
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
jan-martin.oesterlein@uni-due.de

533

Paczulla, Bianca
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
bianca.paczulla@uni-due.de

81

Parchmann, Ilka

633

Pawlak, Felix
Universität zu Köln
Institut für Chemiedidaktik
Herbert-Lewin-Str. 2
50931 Köln
Deutschland
F.pawlak@uni-koeln.de

398

Peeters, Hendrik
Universität Paderborn
Chemiedidaktik
Warburger Straße 100
33098 Paderborn
Deutschland
hendrik.peeters@uni-paderborn.de

613

Peperkorn, Yannik
Universität Bielefeld
Didaktik der Chemie
Universitätsstraße 25
33615 Bielefeld
Deutschland
yannik.peperkorn@uni-bielefeld.de

461

Perels, Franziska, Prof. Dr.
Uni Saarland
Empirische Schul- und
Unterrichtsforschung
Campus A4 2
66123 Saarbrücken
Deutschland
f.perels@mx.uni-saarland.de

197, 362, 366, 370, 374, 378, 557

Pilic, Zora

473

Plicht, Katja
Hochschule Ruhr West
Institut Naturwissenschaften
Duisburger Straße 100
45479 Mülheim an der Ruhr
Deutschland
katja.plicht@hs-ruhrwest.de

42, 453

Plotz, Thomas, Dr.
KPH Wien/Krems
Mayerweckstraße 1
1210 Wien
Österreich
thomas.plotz@kphvie.ac.at

469

Poensgen, Fabian
Universität zu Köln
Institut für Chemiedidaktik
Herbert-Lewin-Straße 2
50931 Köln
Deutschland
fabian.poensgen@uni-koeln.de

97

Pollmeier, Pascal
Universität Paderborn
Chemiedidaktik
Warburger Straße
33098 Paderborn
Deutschland
pascal.pollmeier@upb.de

605

Pospiech, Gesche, Prof. Dr.
TU Dresden
Professur für Didaktik der Physik
Haeckelstraße 3
01069 Dresden
Deutschland
didaktik@physik.tu-dresden.de

254

Prechtl, Markus, Prof. Dr.
Technische Universität Darmstadt
Fachdidaktik Chemie
Alarich-Weiss-Straße 4
64287 Darmstadt
Deutschland
markus.prechtl@tu-darmstadt.de

298, 465, 477

Pusch, Alexander, Dr.
Universität Münster
Didaktik der Physik
Wilhelm-Klemm-Straße 10
48149 Münster
Deutschland
alexander.pusch@uni-muenster.de

757

Ratzek, Johanna Henriette
Universität Hamburg
Didaktik der Physik
Von-Melle-Park 8
20146 Hamburg
Deutschland
johanna.ratzek@uni-hamburg.de

517

Rau-Patschke, Sarah, Dr.
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie / Institut für Sachunterricht
Schützenbahn 70
45127 Essen
sarah.rau-patschke@uni-due.de

713

Rautenstrauch, Hanne, Dr.
Europa-Universität Flensburg
Abteilung Chemie und ihre Didaktik
Auf dem Campus 1
24943 Flensburg
Deutschland
hanne.rautenstrauch@uni-flensburg.de

382, 386

Refehldt, Daniel, Dr.
Freie Universität Berlin
Didaktik des Sachunterrichts
Habelschwerdter Allee 45
14195 Berlin
Deutschland
daniel.rehfeldt@fu-berlin.de

749

Rehm, Markus

37

Reiners, Christiane S., Prof. Dr.
Universität zu Köln
Institut für Chemiedidaktik
Herbert-Lewin-Straße 2
50931 Köln
Deutschland
christiane.reiners@uni-koeln.de

97, 529

Reinhold, Peter, Prof. Dr.
Universität Paderborn
Didaktik der Physik
Warburger Str. 100
33098 Paderborn
Deutschland
preinhol@mail.uni-paderborn.de

113, 242

Reith, Marco
Leibniz Universität Hannover
Institut für Didaktik der Naturwissenschaften (IDN)
Am Kleinen Felde 30
30167 Hannover
Deutschland
reith@idn.uni-hannover.de

537

Riese, Josef, Prof. Dr.
RWTH Aachen University
Didaktik der Physik und Technik
Sommerfeldstraße 14
52074 Aachen
Deutschland
riese@physik.rwth-aachen.de

258, 266, 286, 441, 581, 585

Rincke, Karsten, Prof. Dr.
Uni Regensburg
Didaktik der Physik
Universitätsstraße 31
93053 Regensburg
Deutschland
Karsten.Rincke@ur.de

561, 697

Risch, Björn, Prof. Dr.
Universität Koblenz-Landau
AG Chemiedidaktik
Fortstr. 7
76829 Landau
Deutschland
risch@uni-landau.de

238

Rodemer, Marc
Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik
Didaktik der Chemie
Olshausenstr. 62
24118 Kiel
Deutschland
rodemer@leibniz-ipn.de

216

Roelle, Julian, Prof. Dr.
Ruhr-Universität Bochum
Institut für Erziehungswissenschaft
Uni-ver-si-täts-stra-ße 150
44801 Bochum
Deutschland
julian.roelle@ruhr-uni-bochum.de

69, 73

Roleda, Lydia

473

Rollett, Wolfram, Prof. Dr.
Pädagogische Hochschule Freiburg

Kunzenweg / 21
79117 Freiburg
Deutschland
wolfram.rollett@ph-freiburg.de

173

Rönnebeck, Silke

633

Rosenberg, Dominique, Dr.
Europa-Universität Flensburg
Chemie und ihre Didaktik
Auf dem Campus 1
24943 Flensburg
dominique.rosenberg@uni-flensburg.de

386

Roskam, Annika
Universität Oldenburg
Didaktik der Physik
Carl-von-Ossitzky-Straße 9-11
26129 Oldenburg
Deutschland
annika.roskam@uol.de

165

Roski, Marvin
Leibniz Universität Hannover
IDN - Institut für Didaktik der Naturwissenschaften
Am Kleinen Felde 30
30167 Hannover
Deutschland
roski@stud.uni-hannover.de

449

Rost, Marvin
Humboldt-Universität zu Berlin
Fachdidaktik und Lehr-/Lernforschung Chemie
12489 Berlin
Deutschland
marvin.rost@hu-berlin.de

51, 62

Rott, Lisa, Dr.
Westfälische Wilhelms-Universität Münster
Institut für Didaktik der Chemie
Fliednerstraße 21
48149 Münster
Deutschland
l.rott@uni-muenster.de

169

Rückert, Simone
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
simone.rueckert@uni-due.de

422

Rumann, Stefan, Prof. Dr.
Uni Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
stefan.rumann@uni-due.de

2, 69, 733

Rüschenpöhler, Lilith

489

Salehjee, Saime

753

Sauer, Ingolf

569

Schanze, Sascha, Prof. Dr.
Leibniz Universität Hannover
IDN - Didaktik der Chemie
Am kleinen Felde 30
30167 Hannover
Deutschland
schanze@idn.uni-hannover.de

189, 449, 625

Scharenberg, Katja, Juniorprof. Dr.
Pädagogische Hochschule Freiburg
Kunzenweg / 21
79117 Freiburg
Deutschland
katja.scharenberg@ph-freiburg.de

173

Schenk, Lena
Technische Universität Braunschweig
Institut für Fachdidaktik der Naturwissenschaften; Abteilung Physik und Physikdidaktik
Bienroder Weg 82
38106 Braunschweig
Deutschland
le.schenk@tu-braunschweig.de

358

Schlummer, Paul
Universität Münster
Institut für Didaktik der Physik
Wilhelm-Klemm-Str. 10
48149 Münster
Deutschland
paul.schlummer@wwu.de

661

Schmeling, Sascha, Dr.
CERN
Schweiz
sascha.schmeling@cern.ch

153, 282

Schmitt, Kevin
Technische Universität Darmstadt
Physikdidaktik
Hochschulstraße 12
64289 Darmstadt
Deutschland
kevin_richard.schmitt@tu-darmstadt.de

481

Schmoll, Isabel

366

Schneider, Susanne, Prof. Dr.
Universität Göttingen
Didaktik der Physik
Friedrich-Hund-Platz 1
37077 Göttingen
Deutschland
sschnei@gwdg.de

761

Schrader, Nicole
Freie Universität Berlin
Didaktik der Chemie
Haderslebener Str. 9
12163 Berlin
Deutschland
n.schrader@fu-berlin.de

185

Schröder, Jan
RWTH Aachen University
Didaktik der Physik und Technik
Sommerfeldstr. 14
52074 Aachen
Deutschland
jkschroeder@physik.rwth-aachen.de

258, 266

Schubatzky, Thomas, Dr.
Universität Graz
Physikdidaktik
Universitätsplatz 5
8010 Graz
Österreich
thomas.schubatzky@uni-graz.at

145, 250, 485

Schumann, Stephan, Prof. Dr.
Universität Konstanz
Fachbereich
Wirtschaftswissenschaften/Binational
School of Education (BiSE)
Universitätsstraße 10
78464 Konstanz
Deutschland
stephan.schumann@uni-konstanz.de

669

Schwanewedel, Julia, Prof. Dr.
Humboldt-Universität zu Berlin
Sachunterrichtsdidaktik
Friedrichstraße 194-199
10117 Berlin
Deutschland
julia.schwanewedel@hu-berlin.de

721

Schwanke, Hagen
Universität Würzburg
Lehrstuhl für Physik und ihre Didaktik
Emil-Hilb-Weg 22
97074 Würzburg
Deutschland
hagen.schwanke@physik.uni-wuerzburg.de

641

Seibert, Johann
Universität des Saarlandes
Physikalische Chemie und Didaktik der Chemie
Campus B2 2
66123 Saarbrücken
Deutschland
johann.seibert@uni-saarland.de

197, 362, 366, 370, 374, 378, 557

Seiter, Marco
Ruhr-Universität Bochum
Didaktik der Physik
Universitätsstraße 150
44801 Bochum
Deutschland
marco.seiter@rub.de

133

Simon, Marcel
Friedrich-Schiller-Universität Jena
AG Chemiedidaktik
m.simon@uni-jena.de

310, 318

Skorsetz, Nina, Dr.
Universität Frankfurt
Institut für Pädagogik der Elementar- und Primarstufe
Theodor-W.-Adorno-Platz 6
60629 Frankfurt
Deutschland
skorsetz@em.uni-frankfurt.de

101

Sommer, Stefan
Goethe Universität Frankfurt am Main
Institut für Didaktik der Physik
Schlegelstraße 18
63128 Dietzenbach
Deutschland
steffano.sommer@gmail.com

406

Sonntag, Dörte
Technische Universität Braunschweig
Institut für Fachdidatkik der Naturwissenschahften
Bienroder Weg 82
38106 Braunschweig
Deutschland
doerte.sonntag@tu-braunschweig.de

338

Sorge, Stefan, Dr.
IPN - Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik
Didaktik der Physik
Olshausenstr. 62
24118 Kiel
Deutschland
sorge@leibniz-ipn.de

45

Spatz, Verena, Prof. Dr.
Technische Universität Darmstadt
Physikdidaktik
Hochschulstraße 12
64289 Darmstadt
Deutschland
verena.spatz@tu-darmstadt.de

141, 145, 481

Staacks, Sebastian, Dr.
RWTH Aachen University
II. Physikalisches Institut A
Otto-Blumenthal-Straße 18
52074 Aachen
Deutschland
staacks@physik.rwth-aachen.de

77, 645, 729

Stampfer, Christoph

729

Starauschek, Erich

545

Stavrou, Dimitris, Prof. Dr.
University of Crete
Science Education
University of Crete
74100 Rethymno
Griechenland
dstavrou@edc.uoc.gr

161

Steinbach, Martin
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Königsteinerstraße 4
45145 Essen
Deutschland
martin.steinbach@uni-due.de

48, 553

Stender, Anita, Dr.
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Physik
Universitätsstraße 2
45117 Essen
Deutschland
Anita.Stender@uni-due.de

465

Sterzing, Fabian
Universität Paderborn
Didaktik der Physik
Warburger Str. 100
33098 Paderborn
Deutschland
fabian.sterzing@upb.de

48, 113

Stinken-Rösner, Lisa, Dr.
Leuphana Universität Lüneburg
Didaktik der Naturwissenschaften
Universitätsallee 1
21335 Lüneburg
Deutschland
lisa.stinken-roesner@leuphana.de

169

Stollin, Fabian
Freie Universität Berlin
Didaktik der Chemie
Haderslebener Straße 9
12163 Berlin
Deutschland
fstollin@willi-graf-os.de

54

Strahl, Alexander

457, 593, 701, 725

Streller, Sabine, Dr.
Freie Universität Berlin
Didaktik der Chemie
Haderslebener Str. 9
12163 Berlin
Deutschland
sabine.streller@fu-berlin.de

705

Striligka, Anastasia
Universität Oldenburg
Physikdidaktik
Carl-von-Ossietzky Straße 9-11
26111 Oldenburg
Deutschland
anastasia93@live.com

161

Stubbe, Ulla
Technische Universität Darmstadt
Fachdidaktik Chemie
Alarich-Weiss-Straße 4
64287 Darmstadt
Deutschland
ulla.stubbe@tu-darmstadt.de

298

Sührig, Laura
Goethe-Universität Frankfurt am Main
Institut für Didaktik der Physik
Max-von-Laue-Straße 1
60438 Frankfurt am Main
Deutschland
suehrig@physik.uni-frankfurt.de

177

Sumfleth, Elke, Frau
Universität Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
elke.sumfleth@uni-due.de

73, 81, 85

Suppert, Simone
Universität Salzburg
School of Education - Didaktik der Chemie
Hellbrunner Straße 43
5020 Salzburg
Österreich
simone.suppert@sbg.ac.at

593

Syskowski, Sabrina
Pädagogische Hochschule Karlsruhe
Institut für Chemie
Bismarckstr. 10
76133 Karlsruhe
Deutschland
syskowski@ph-karlsruhe.de

45

Szabone Varnai, Agnes, Dr.
Universität Paderborn
Didaktik der Physik
Warburger Str. 100
33098 Paderborn
avarnai@mail.uni-paderborn.de

113

Szogs, Michael
Goethe-Universität Frankfurt am Main
Institut für Didaktik der Physik
Max-von-Laue-Str. 1
60438 Frankfurt am Main
Deutschland
szogs@physik.uni-frankfurt.de

224, 234, 653, 677

Tampe, Jana
Technische Universität Darmstadt
Didaktik der Physik
Hochschulstraße 12
64289 Darmstadt
Deutschland
jana.tampe@physik.tu-darmstadt.de

141

Tatzgern, Markus, FH-Prof. DI Dr.
FH Salzburg
Game Development & Mixed Reality
Urstein Süd 1
5412 Puch/Salzburg
Österreich
markus.tatzgern@fh-salzburg.ac.at

741

Teichrew, Albert
Goethe-Universität Frankfurt am Main
Institut für Didaktik der Physik
Max-von-Laue-Str. 1
60438 Frankfurt am Main
Deutschland
teichrew@physik.uni-frankfurt.de

177, 205, 390, 577

Tenberge, Claudia

609

Tepner, Oliver, Prof. Dr.
Universität Regensburg
Didaktik der Chemie
Universitätsstraße 31
93053 Regensburg
Deutschland
oliver.tepner@ur.de

430

Thies, Barbara, Prof. Dr.
TU Braunschweig
Pädagogische Psychologie
Bienroderweg 82
38106 Braunschweig
Deutschland
barbara.thies@tu-braunschweig.de

342

Tiemann, Rüdiger, Prof. Dr.

62

Tietjen, Jan Mathis

117

Tobias Ludwig, Gregor Benz, Juniorprof. Dr.
Pädagogische Hochschule Karlsruhe
Didaktik der Physik
Bismarckstraße 10
76133 Karlsruhe
Deutschland
tobias.ludwig@ph-karlsruhe.de

414

Todorova, Maria, Dr.
Westfälische Wilhelms-Universität
Institut für Didaktik des Sachunterrichts
Leonardo-Campus 11
48149 Münster
Deutschland
maria.todorova@uni.muenster.de

109

Tonyali, Büşra
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
buesra.tonyali@uni-due.de

721

Trefzger, Thomas, Prof. Dr.
Universität Würzburg
Lehrstuhl für Physik und ihre Didaktik
Emil-Hilb-Weg 22
97074 Würzburg
Deutschland
trefzger@physik.uni-wuerzburg.de

137, 641

Ubben, Malte,
WWU Münster
Institut für Didaktik der Physik
Wilhelm-Klemm-Str. 10
48149 Münster
Deutschland
malte.ubben@uni-muenster.de

709, 757

Ullrich, Mark

177, 390

Vairo Nunes, Renan Marcello
Goethe-Universität Frankfurt am Main
Institut für Didaktik der Physik
Max-von-Laue-Str. 1
60438 Frankfurt am Main
Deutschland
renan@vairo.eu

633

van Vorst, Helena, Dr.
Universität Paderborn
Zentrum für Bildungsforschung und Lehrerbildung
Warburger Straße 100
33098 Paderborn
Deutschland
cvogelsa@mail.uni-paderborn.de

73, 149, 422, 597

Vogelsang, Christoph, Dr.
Universität zu Köln
Didaktik der Chemie
Herbert-Lewin-Str. 2
50931 Köln
Deutschland
h.vanvorst@uni-koeln.de

48, 242, 266

Wackermann, Rainer, Dr.
Ruhr-Universität Bochum
Didaktik der Physik
44801 Bochum
Deutschland
wackermann@physik.rub.de

485

Wagner, Steffen, Dr.
Humboldt-Universität zu Berlin
Didaktik der Physik
Newtonstr. 15
12489 Berlin
Deutschland
steffen.wagner@physik.hu-berlin.de

101

Walpert, Daniel
Universität Kassel
Didaktik der Physik
Heinrich-Plett-Straße 40
34132 Kassel
Deutschland
walpert@physik.uni-kassel.de

765

Walpuski, Maik, Prof. Dr.
Universität Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
maik.walpuski@uni-due.de

81, 85, 553, 621

Weatherby, Thomas
Goethe-Universität Frankfurt am Main
Institut für Didaktik der Physik
Max-von-Laue-Straße 1
60438 Frankfurt am Main
Deutschland
weatherby@physik.uni-frankfurt.de

541

Weber, Kim-Alessandro
Goethe-Universität Frankfurt
Institut für Didaktik der Physik
Max-von-Laue-Str. 1
60438 Frankfurt am Main
Deutschland
weber@physik.uni-frankfurt.de

709

Weiler, David Christoph

48

Weißbach, Anna
Universität Bremen
IDN Physikdidaktik
Otto-Hahn-Allee 1
28359 Bremen
Deutschland
annweiss@uni-bremen.de

262

Weissenborn, Sven
Universität Hildesheim
Institut für Physik
Universitätsplatz 1
31141 Hildesheim
Deutschland
sven.weissenborn@uni-hildesheim.de

745

Welzel-Breuer, Manuela, Prof. Dr.
Institut für Naturwissenschaften
Geographie und Technik Abt. Physik
Im Neuenheimer Feld 561
69120 Heidelberg
Deutschland
welzel@ph-heidelberg.de

101

Werthmüller, Julia
Technische Universität Darmstadt
Didaktik der Chemie
Alarich-Weiss-Str. 4
64287 Darmstadt
Deutschland
julia.werthmueller@tu-darmstadt.de

465

Wessel, Florian
Goethe Universität Frankfurt am Main
Institut für Didaktik der Physik
Am Wingertsberg 20
63128 Dietzenbach
Deutschland
f.wessel@mail.de

406

Wiener, Jeff, Dr.
European Organization for Nuclear Research CERN
Esplanade des Particules 1
1211 Geneve
Switzerland
jeff.wiener@cern.ch

282

Wilhelm, Thomas, Prof. Dr.
Goethe-Universität Frankfurt am Main
Institut für Didaktik der Physik
Max-von-Laue-Straße 1
60438 Frankfurt am Main
Deutschland
wilhelm@physik.uni-frankfurt.de

101, 133, 137, 145, 541

Winkelmann, Jan, Dr.
Goethe-Universität Frankfurt
Institut für Didaktik der Physik
Max-von-Laue Str. 1
60438 Frankfurt
Deutschland
winkelmann@physik.uni-frankfurt.de

177, 390, 406, 426, 438

Winkler, Bianca
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
Didaktik der Physik
Staudtstraße 7
91058 Erlangen
Deutschland
bianca.winkler@fau.de

402

Wodzinski, Rita, Prof. Dr.
Universität Kassel
Didaktik der Physik
Heinrich-Plett-Straße 40
34132 Kassel
Deutschland
wodzinski@physik.uni-kassel.de

157, 637, 765

Woest, Volker, Prof. Dr.
Friedrich-Schiller-Universität Jena
AG Chemiedidaktik
volker.woest@uni-jena.de

310, 314, 318, 322, 326

Wöhlke, Carina
Ruhr-Universität Bochum
Didaktik der Physik
Universitätsstraße 150
44780 Bochum
Deutschland
carina.woehlke@rub.de

45, 105, 485

Woithe, Julia
CERN
Teacher and Student Programmes
1211 Geneva
Switzerland
julia.woithe@cern.ch

153

Wulff, Peter, Dr.
Universität Potsdam, Didaktik der Physik
Didaktik der Physik
Karl-Liebknecht-Straße 24/25
14476 Potsdam-Golm
Deutschland
peter.wulff@uni-potsdam.de

41, 42, 93, 226

Zahn, Corvin, Dr,
Universität Hildesheim
Institut für Physik
Universitätsplatz 1
31141 Hildesheim
Deutschland
corvin.zahn@uni-hildesheim.de

745

Ziegler, Birgit

633

Zimmermann, Franziska
TU Dortmund
Lehrstuhl für Chemie und ihre Didaktik
Otto-Hahn-Straße 6
44227 Dortmund
Deutschland
franziska.zimmermann@tu-dortmund.de

501

Zimmermann, Luisa
Goethe-Universität Frankfurt am Main
Institut für Didaktik der Physik
Max-von-Laue-Str. 1
60438 Frankfurt am Main
Deutschland
Luisa@showmo.de

653

Zloklikovits, Sarah
Universität Wien
Didaktik der Physik
Porzellangasse 4
1090 Wien
Österreich
sarah.zloklikovits@univie.ac.at

657

Zöchling, Sarah
Universität Wien
1090 Wien
Österreich
sarah.zochling@cern.ch

153

Zumbach, Jörg, Univ.-Prof. Dr.
Universität Salzburg
AG Fachdidaktische Lehr-
/Lernforschung mit Neuen Medien
Hellbrunnerstr. 34
5020 Salzburg
Österreich
joerg.zumbach@sbg.ac.at

741

Die 47. Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDCP) wurde im September 2020 als virtuelle Konferenz ausgerichtet.

Zum Tagungsthema „Naturwissenschaftlicher Unterricht und Lehrerbildung im Umbruch?“ diskutierten neben den Plenarreferent*innen eine große Anzahl an Tagungsgästen.

Der vorliegende Band umfasst die ausgearbeiteten Beiträge der Teilnehmenden.

GDCP

www.gdcp.de