Sebastian Habig & Helena van Vorst (Hrsg.)

Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDCP)

Unsicherheit als Element von naturwissenschaftsbezogenen Bildungsprozessen

Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik

Virtuelle Jahrestagung 2021

GDCP

www.gdcp-ev.de

Inhaltsverzeichnis

Vorwort und Einführung

SEBASTIAN HABIG

Vorwort 1

STEFAN RUMANN

Einführung 2

Plenarvorträge

RAINER BROMME

6

UWE HERICKS

21

IRENE NEUMANN

36

Ehrenmedaille

FRIEDERIKE KORNECK

51

Schwerpunkttagung

MARKUS KUBSCH, PETER WULFF & DAVID BUSCHHÜTER

Schwerpunkttagung Maschinelles Lernen und computerbasierte Textanalysen: Potentiale und Herausforderungen für die Naturwissenschaftsdidaktik 56

Gruppenvorträge

Vortragsblock A

TATJANA KATHARINA STÜRMER-STEINMANN, JULIAN ALEXANDER FISCHER, DANIEL LAUMANN, KNUT NEUMANN & SUSANNE WEßNIGK

Digitale Energieeinheiten: Analyse eines Implementationsprozesses 60

HEIKO HOFFMANN

Drug Design – Bezüge zum Schulunterricht und experimenteller Zugang 64

ALINA BEHRENDT, VANESSA FISCHER & MAIK WALPUSKI
Chemiebezogene Kompetenzen am Übergang zur Sekundarstufe I 68

LISA STINKEN-RÖSNER & SIMONE ABELS
Forschendes Lernen mit digitalen Medien – ein Beitrag zur „Diklusion“ 72

ELISABETH HOFER & SIMONE ABELS
Literature Review zu konzeptionellem Lernen in Open Inquiry-Settings 76

JENNA KOENEN, WANDA PAETZOLD, PAULINE BÖTTCHER-GRAF & ANNE VOIT
Beschreibung von Instruktionen in Erkenntnisgewinnungsphasen 80

NADEZDA STRUNK & DIETMAR HÖTTECKE
Orientierungen der Lehrkräfte auf sprachsensiblen Physikunterricht 84

ANDREAS HELZEL & THORID RABE
Orientierungen von Lehramtsstudierenden zu Sprache im Physikunterricht 88

ROBERT GIESKE, SABINE STRELLER & CLAUS BOLTE
Zur Trennung von Umgangs- und Fachsprache beim fachlichen Chemielernen 92

CHRISTOPH VOGELSANG, ANDREAS BOROWSKI, CHRISTOPH KULGEMEYER & JOSEF RIESE
Vom Wissen zum Handeln im Praxissemester Physik 96

JOSEF RIESE, JAN SCHRÖDER & CHRISTOPH VOGELSANG
Die Entwicklung physikdidaktischen Wissens im Längsschnitt – Profile-P+ 100

MELANIE RENNER & CLAUDIA HAAGEN-SCHÜTZENHÖFER
Vorstellungen von Physiklehramtsstudierenden zu Sprache 104

SEBASTIAN STUPPAN, MARKUS WILHELM, KATRIN BÖLSTERLI BARDY & MARKUS REHM
Analysieren und Kategorisierung von MINT-Aufgabensets 108

TOM KONRAD ANTON & CHRISTIANE S. REINERS
Socioscientific Issues in der Lehrerbildung am Beispiel Mikroplastik 112

ANN-KATRIN KREBS & LUTZ KASPER
Zur Wirkung von Lehrkräftefortbildungen unter Diversitätsaspekten 116

Vortragsblock B

FABIAN STERZING, CHRISTOPH KULGEMEYER & PETER REINHOLD
Untersuchung zur Lernwirksamkeit von Erklärvideos 120

CHRISTOPH KULGEMEYER
Schülervorstellungen in YouTube-Erklärvideos 124

SANDRA PIA HARMER & KATHARINA GROß
Fachlich-didaktische Analyse chemischer Erklärvideos für den Chemieunterricht 128

FELIX PAWLAK & KATHARINA GROß
Experimentierrollen – Eine sinnvolle Aufgabenverteilung für alle?! 132

LARISSA FÜHNER & SUSANNE HEINICKE
Einfluss von Material auf Experimentierhandlungen heterog. Lerngruppen 136

MARKUS SEBASTIAN FESER, INKA HAAK & THORID RABE
Zugehörigkeitsgefühl Physikstudierender in der Studieneingangsphase 140

BIANCA SCHINDELDECKER, VANESSA FISCHER, ELKE SUMFLETH & MAIK WALPUSKI
Zu Studienleistungen und Studienabbruch in Chemiestudiengängen 144

CHRISTINA LÜDERS & HEIDRUN HEINKE
Studierenden-Wahrnehmung einer digitalen Studieneingangsphase 148

JESSICA OERTEL & CORNELIA DENZ
Die Förderung des Naturwissenschaftsverständnisses am außerschulischen Lernort 152

MARIANNE KORNER & ALEXANDER FRIEDRICH
Aufgabenstellungen zur Begabungsförderung im Physikunterricht 156

THOMAS WILHELM, HORST SCHECKER & MARTIN HOPF
Unterrichtskonzeptionen – Forschungsstand und Desiderata 160

MANUEL BECKER & MARTIN HOPF
Der Energie-Feld-Ansatz: Entwicklung eines Unterrichtskonzeptes 164

DANIEL WALPERT & RITA WODZINSKI
Einstellungen zum Einsatz digitaler Werkzeuge im Physikunterricht 168

LARS MEYER-ODEWALD, RITA WODZINSKI & KATHRIN ZIEPPRECHT
Förderung von Diagnosekompetenz über Experimentierprotokolle 172

Vortragsblock C

STEFAN MÜLLER & CHRISTIANE S. REINERS
Vorläufigkeit und soziokulturelle Eingebundenheit 176

LAURA ARNDT, TIM BILLION-KRAMER, MARKUS WILHELM & MARKUS REHM
Ist auch der NOS-Minimalkonsens „whole“? 180

MICHAEL HULL, ALEXANDRA JANSKY & MARTIN HOPF
Radioactivity as “quintessentially eternal”: two survey prompts 184

MORITZ WAITZMANN, RÜDIGER SCHOLZ & SUSANNE WEßNIGK
Wirkung eines Realexperiments auf quantenphysikalische Argumentation 188

PHILIPP BITZENBAUER
Lernende erläutern Wesenszüge der Quantenphysik: Doppelspalt und Interferometer im Fokus 192

CHRISTIANE RICHTER & MICHAEL KOMOREK
Rückwärtsplanung und Lesson Study 196

SOPHIA CHROSZCZINSKY, BURKHARD PRIEMER & AMY MASNICK
Der Einfluss des inhaltlichen Kontexts auf die Einschätzung der Qualität von Messdaten 200

KAREL KOK & BURKHARD PRIEMER
Evaluating students' justification in a data comparison problem 204

HENRIKE SPIECKER & PHILIPP BITZENBAUER
Unterrichtskonzept zur Optik mit self-made Flüssigkeitslinsen 208

KATHARINA NAVE & RÜDIGER TIEMANN
Charakterisierung mentaler Modellelemente zur Beschreibung des Verstehens im Fach Chemie 212

MICHAEL KOMOREK, IMKE AHRENHOLTZ, JONATHAN NABER, KAI BLIESMER & CHRISTIN SAJONS
Bedarfe hinsichtlich non-formaler MINT-Angebote erheben 216

FLORIAN TRAUTEN, CAROLIN EITEMÜLLER & MAIK WALPUSKI

Lernwirksamkeit automatisierter Feedback-Loops in einem E-Lernsetting zur Allg. Chemie 220

RENAN VAIRO NUNES & FRIEDERIKE KORNECK

MINT-Personal: Arbeitssituation von Lehrkräften im MINT-Bereich 224

DANIEL REHFELDT, MARTIN BRÄMER, VOLKER BRÜGGEMANN & HILDE KÖSTER

Studienwahlmotivkonstellationen in Zeiten des Lehrkräftemangels im Sachunterricht 228

INGRID KRUMPHALS & ROSMARIE DE WIT

Wetterprognosetexte – Wie verständlich sind die verwendeten Begriffe? 232

RAINER WACKERMANN, THOMAS SCHUBATZKY, CARINA WÖHLKE, CLAUDIA HAAGEN-SCHÜTZENHÖFER, HANNES KASIMIR LINDEMANN & KAI CARDINAL

Ergebnisse der Itementwicklung für einen Klimawandel-Konzepttest 236

MIENTJE LÜSSE & VERENA PIETZNER

Wirkung eines Heimexperimentiersets im Rahmen eines chemischen Citizen-Science-Projektes 240

Vortragsblock D

BENJAMIN PÖLLOTH, STEFAN SCHWARZER & HENDRIK ZIPSE

Wirksamkeit und Nutzung von Online Videos in OC-Laborpraktika 244

SABRINA SYSKOWSKI, OLGA KUNINA-HABENICHT, MATTHIAS DUCCI & JOHANNES HUWER

Unterschiedliche Reflexionsbegleitung - Lehr-Lern-Labor (LLL) Vergleich im Fach Chemie 248

LUZIE SEMMLER

Escape L.A.B. – Ein Escape Room für Chemiestudierende 252

CHRISTIAN DICTUS & RÜDIGER TIEMANN

MINT-Town: Ein Tool zur Förderung von kritischem Denken in den MINT-Fächern 256

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

Erste empirische Ergebnisse zum Einsatz digitaler Materialien im Flipped Classroom 260

LARS GREITEMANN & INSA MELLE
Tablet-gestütztes Lernen im Chemieunterricht: Erklärvideo vs. Aufgaben 264

FRANZISKA KLAUTKE & HEIKE THEYßEN
Unterstützungsangebote zu Experimenten im inklusiven Physikunterricht 268

BRIGITTE KOLIANDER, ELISABETH HOFER & SANDRA PUDDU
Deutungsmuster von MINT-Lehrpersonen zu Forschendem Lernen 272

JAN LAMPRECHT, ANDRÉ GROßE & FRIEDERIKE KORNECK
Kollegiale Reflexionen von Physiklehrkräften der dritten Phase 276

MARTIN BRÄMER, DANIEL REHFELDT & HILDE KÖSTER
Computational Thinking im Lehramtsstudium - Eine Rasch-Analyse 280

MARVIN ROST
Modelle in Österreichs Chemieschulbüchern – Eine digitale Vollerhebung 284

ANJA LEMBENS, MORITZ MEIER & FRANZ LUMESBERGER-LOISL
Geschlechter(un)gerechte Darstellungen in österr. Chemieschulbüchern? 288

Vortragsblock E

SIMON GOERTZ & HEIDRUN HEINKE
Wirksamkeit von Lernzirkeln zur Förderung experimenteller Kompetenzen 292

GUIDO HAAG, JOCHEN SCHEID, PATRICK LÖFFLER & ALEXANDER KAUERTZ
"Very busy getting nowhere" - Experimentelle Kompetenz erfassen 296

LARS EHLERT & OLIVER TEPNER
Evaluation einer Fortbildung zum selbstgesteuerten Experimentieren 300

STEFFEN BROCKMÜLLER & MATHIAS ROPOHL
Ein Mixed-Methods-Zugang zu Schwierigkeiten beim Auswerten von Daten 304

ARNE BEWERSDORFF, ARMIN BAUR & MARKUS EMDEN
Effektivität einer LFB zum Experimentieren auf das Unterrichtshandeln 308

PHILIPP ENGELMANN & VOLKER WOEST
Digitale Lerngemeinschaften als kohärente Lehr-Lern-Räume 312

LEONIE LIEBER & NICOLE GRAULICH
Warum ist das (un)plausibel? Analyse von Argumentationsstrukturen in der OC 316

THERESA JÜNGER & VOLKER WOEST
Speed, Meth und MDMA - Ergebnisse einer schulischen Interventionsstudie 320

DENNIS DIETZ & CLAUS BOLTE
Vernetztes Lernen im (Integrierten) Naturwissenschaftlichen Unterricht 324

PETRA WOLTHAUS & MARTIN GRÖGER
Design Thinking im Chemieunterricht 328

SIMON SCHÄFER, RÜDIGER TIEMANN & TINA GROTTKE
Bayse'sche Item-Reponse-Modellierung mit R 332

TINA GROTTKE & RÜDIGER TIEMANN
Facetten der mentalen Struktur beim Wechsel zw. molekularen Repräsentationen 336

KATJA PLICHT, HENDRIK HÄRTIG & ALEXANDRA DORSCHU
Operationalisierung und Evaluation von Problemschemata in der Mechanik 340

JOHANNA H. RATZEK & DIETMAR HÖTTECKE
Zur Bedeutung von Reflexion für die Förderung von Bewertungskompetenz 344

JONAS TISCHER, CHRISTIN SAJONS & MICHAEL KOMOREK
Außerschulische Lernortangebote komplementär vernetzen 348

CARSTEN KAUS & HEIDRUN HEINKE
MINT-Lehrertätigkeiten und ihre zeitliche Dimension aus Schülersicht 352

KATJA WEIRAUCH, SYBILLE HÜFNER, SIMONE ABELS & JÜRGEN MENTHE
Welches Kontextverständnis braucht der inklusive Nawi- Unterricht? 356

STEFANIE SCHWEDLER, KATJA WEIRAUCH, CHRISTIANE REUTER & JULIA ZIMMERMANN
Planungskompetenz für inklusiven Unterricht – eine Interventionsstudie 360

MARTINA GRAICHEN, SILKE MIKELSKIS-SEIFERT, MICHAELA OETTLE, KATJA SCHARENBERG & WOLFRAM ROLLET
Adaptive Gestaltung von Experimentierinstruktionen für heterogene Klassen 364

Vortragsblock F

UFUK GÜLER, NICOLE SCHRADER, HIROKI FUJII & CLAUS BOLTE
Vorstellungen zum Konzept der Radioaktivität in Deutschland und Japan 368

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

Schülervorstellungen in Schule und Studium – ein Vergleich 372

SARAH ZLOKLIKOVITS & MARTIN HOPF

Lernendenvorstellungen zum Thema “Handystrahlung” 376

AXEL EGHTESSAD & SEBASTIAN GORETH

Erstellung von Videovignetten zu Schülervorstellungen 380

LARISSA HAHN & PASCAL KLEIN

Multiple Repräsentationen und Zeichenaktivitäten als Zugänge zu Vektorfeldkonzepten 384

JOHANNES LEWING & SUSANNE SCHNEIDER

Interessenstudie - Energie in biologischen und technischen Kontexten 388

FABIEN GÜTH & HELENA VAN VORST

Untersuchung der Kontextwahl unterschiedlicher Schülergruppen im Chemieunterricht 392

CHRISTIN SAJONS & MICHAEL KOMOREK

Aktivierung kognitiver und motivationaler Dynamik im Schülerlabor 396

SARAH ZOECHLING, MARTIN HOPF, JULIA WOITHE & SASCHA SCHMELING

Interesse an Teilchenphysik - Konzeptualisierung und Testentwicklung 400

DAVID BUSCHHÜTER, MARISA PFLÄGING & ANDREAS BOROWSKI

Investigating Statistical Relationships via Structural Topic Models 404

CLAUS BOLTE

Professionsbezogene Entwicklungen Studierender im Praxissemester Chemie 408

ULLA STUBBE, UTE BRINKMANN & MARKUS PRECHTL

Neue quantitative Befunde zu Berufsorientierungscoachings für Mädchen 412

MARKUS PESCHEL, JOHANN SEIBERT & LUISA LAUER

Fach-Mediales Lernen - Augmented Reality AR) im Sach- und Chemieunterricht 416

MELANIE RIPSAM & CLAUDIA NERDEL

Pilotierung einer AR-Lernumgebung zur Förderung des Stoff-Teilchen-Konzeptverständnisses 420

Vortragsblock G

SARAH BRAUNS & SIMONE ABELS

Anwendung des Kategoriensystems inklusiver naturw. Unterricht 424

CLEMENS MILKER

SING: Inklusiver NaWi-Unterricht und Professionalisierungsdilemmata 428

LUKAS MIENTUS, PETER WULFF, ANNA NOWAK & ANDREAS BOROWSKI

Entwicklung der Strukturiertheit von Reflexionstexten im Praxissemester Physik 432

ANNA GRUBERT, SILVIA A. HAVLENA, MARKUS HERBST & ALEXANDER STRAHL

Interessensforschung Physik in Salzburg - Online-Befragung 2021 436

KAI BLIESMER & MICHAEL KOMOREK

Küstenphysik für außerschulische Lernorte didaktisch rekonstruieren 440

SASCHA WITTCHEN, CLAUS BOLTE, NILS MACHTS & JENS MÖLLER

Erfassung diagnostischer Kompetenzen Lehramtsstudierender der Chemie 444

BENJAMIN HEINITZ & ANDREAS NEHRING

Unterrichtsqualitätseinschätzungen von Referendar*innen im Vergleich 448

ANDRÉ M. GROßE & FRIEDERIKE KORNECK

Rating der Qualität kollegialer Reflexionen 452

TILMANN STEINMETZ & ERICH STARAUSCHEK

Wie wirkt sich Professionsbezug in Physikveranstaltungen auf die spätere Schulpraxis aus? 456

SIMONE RÜCKERT & HELENA VAN VORST

Perspektiven Gemeinsamen Unterrichts im Kontext der beruflichen Bildung 460

FLORIAN SEILER & OLIVER TEPNER

Evaluation eines Seminarkonzepts zur Planung von Experimenten 464

LAURA GOLDHORN, THOMAS WILHELM & VERENA SPATZ

Mindsets in Physik nach einem Jahr Lernen unter Pandemie-Bedingungen 468

CLEMENS HOFFMANN & ELIZABETH WATTS

Fertigkeiten von Lehramtsstudierenden zum Einsatz simulierter Laborumgebungen 472

CEM AYDIN SALIM, SILKE MIKELSKIS-SEIFERT & MAJA BRÜCKMANN

Visuelle Lernunterstützungen beim Experimentieren im Bereich „Schwimmen und Sinken“ 476

TIMO HACKEMANN, LENA HEINE & DIETMAR HÖTTECKE

Wirkung des sprachlichen Anforderungsniveaus von Sachtexten auf Textverstehen und -wahrnehmung 480

Poster

KARINA OLIVEIRA, MARTIN GRÖGER, BJÖRN NIEHAVES & KRISTIAN KLEIN

„Next Generation Design for Climate” 484

FABIAN BERNSTEIN, SASCHA SCHMELING & THOMAS WILHELM

3D-gedruckte LowCost-HighTech-Experimente im Usability-Framework 488

GYDE ASMUSSEN, MARC RODEMER & SASCHA BERNHOLT

Adaptive Unterstützung für das Problemlösen in der Organischen Chemie 492

NOVID GHASSEMI, SARA PÖX & VOLKHARD NORDMEIER

Alternative Professionalisierungswege für das Lehramt Physik – Eine Bestandsaufnahme 496

JULIA ELSNER, CLAUDIA TENBERGE & SABINE FECHNER

Analogien zur Förderung schülerseitigen Modellierens im Sachunterricht 500

SABINE SEIDL, MARTIN GRÖGER & BERNHARD SCHMÖLZER

Analyse verbaler Sprachprodukte von Lernenden im chemieunterrichtlichen Diskurs 504

CHRISTINA KRABBE & INSA MELLE

Analyse von (Schüler-)Schwierigkeiten anhand von Videovignetten 508

KEVIN SCHMITT & VERENA SPATZ

Bedeutung fachspezifischen Vorwissens für Physik-Nebenfachstudierende 512

JULIAN KÜSEL & SILVIJA MARKIC

Beliefs von NW Lehramtsstudierenden zu digitalen Lerntechnologien 516

UTE BRINKMANN, FELIX PRUSCHA, ULLA STUBBE & MARKUS PRECHTL

Berufsorientierung auf den Punkt gebracht – Chemikant*innen im Fokus 520

FRAUKE BROCKHAGE & MARCO BEEKEN

Citizen Science & Schule: Wirkungen eines Forschungsprojektes zum Thema Gewässerschutz 524

TIM ZENGER & PHILIPP BITZENBAUER

Die Dichte im Physikunterricht: Pilotierung einer deutschen Version des Density Survey 528

ANGELIKA MANDL, CLAUDIA HAAGEN-SCHÜTZENHÖFER, PHILIPP SPITZER & THOMAS SCHUBATZKY

Digitale Transformation der Math.-Nat.-Lehramtsausbildung 532

SARAH KIEFERLE, SILVIJA MARKIC, IZTOK DEVETAK, JANE ESSEX, SARAH HAYES & MARINA STOJANOVSKA

DiSSI – inklusives Schüler*innenlabor für die Sek I 536

FREYA MÜLLER & HILDE KÖSTERS

Ein Dokumentationsinstrument für frühe naturwissenschaftliche Potenziale 540

ALBERT TEICHREW & JAN WINKELMANN

Ein Fragebogen zum Umgang mit Modellen im Unterricht 544

ISABELLA KOLLIKOWSKI & KATHARINA GROß

Eine digitale Lernumgebung zur Förderung von BNE-Lernprozessen im Chemieunterricht 548

KATHARINA FLIESER & KARSTEN RINCKE

Einflussfaktoren auf die Textwahrnehmung im Fach Physik 552

LOUISA MORRIS & MARTIN HOPF

Energieübertragung in elektrischen Systemen 556

RALF AUER, ARNO PFITZNER & OLIVER TEPNER

Entwicklung einer Fortbildung zu Lithium-Ionen-/ Redox-Flow-Systemen 560

MARTIN STEINBACH, CAROLIN EITEMÜLLER & MAIK WALPUSKI

Entwicklung eines Testinstruments zur Kompetenzmessung in der organischen Chemie 564

PATRICIA KÜHNE, JULIAN HEEG & SARAH HUNDERTMARK

Entwicklung und Erprobung eines E-Learning-Konzeptwechseltextes zu „Lösevorgängen“ 568

HAGEN SCHWANKE & THOMAS TREFZGER

Entwicklung und Evaluierung der AR-Applikation „Magneto“ 572

MARKUS OBCZOVSKY, THOMAS SCHUBATZKY & CLAUDIA HAAGEN-SCHÜTZENHÖFER

Erkennen Studierende lernförderliche Aspekte von Unterrichtkonzepten 576

PATRICIA BREUNIG & KARSTEN RINCKE

Erklärvideos im Flipped Classroom: Multimediales Lernen im Physikunterricht 580

JULIA GAFFRON & MARTIN GRÖGER

Experimentieren zwischen Wunsch und Wirklichkeit 584

JANA BIEDENBACH & VERENA SPATZ

Experimentiersettings als Vignetten zur Evaluation von Handlungswissen 588

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

Feedback aus der Schulpraxis zu Kontexten des EKo-Projekts 592

BÜŞRA TONYALI, MATHIAS ROPOHL & JULIA SCHWANEWEDEL

Feedbackbasierte Fördermaßnahme zum Einsatz von Repräsentationen 596

MERTEN DAHLKEMPER, PASCAL KLEIN, ANDREAS MÜLLER, SASCHA SCHMELING & JEFF WIENER

Feynman-Diagramme als multiple Repräsentationen 600

VANESSA LANG, ANNIKA EICHINGER, CHRISTINE ECKERT, FRANZISKA PERELS, CHRISTOPHER W.M. KAY & JOHANN SEIBERT

Förderung der Modellkompetenz in der Chemie 604

CAROLIN BANSE & ANNETTE MAROHN

Förderung von Bewertungskompetenz im Kontext Nachhaltigkeit 608

PHILLIP GERALD SCHOßAU, UTA MAGDANS, REBECCA LAZARIDES & ANDREAS BOROWSKI

Fortbildungsformate für Lehrkräfte zu Messunsicherheiten im Vergleich 612

DAVID MEYER & VERENA PIETZNER

Fragebogenstudie zu Einstellungen und Konzepte Chemiestudierender zur Sprachsensibilität im Fach Chemie 616

SALOME JANKE, SEBASTIAN HABIG, ELKE SUMFLETH & MAIK WALPUSKI

Generalisierbarkeit von Studien zum Studienerfolg in der Chemie 620

CARINA WÖHLKE & HEIKO KRABBE

Hilfen zum schriftlichen Erklären im Physikunterricht 624

CHRISTINA PRIERT & JÜRGEN MENTHE

Im Kampf gegen Klimawandel und COVID-19 – Orientierungen von Lernenden 628

LARA HALBROCK, ANKE MEISERT & JÜRGEN MENTHE

Information Literacy bei Unterrichtsplanung in den Naturwissenschaften 632

MARCO REITH & ANDREAS NEHRING

Kompetenzentwicklung und Transferdistanz zwischen Lerngelegenheiten 636

PAUL SCHLUMMER, STEFAN HEUSLER & DANIEL LAUMANN

Kontiguität in handlungsorientierten Lernumgebungen – Ergebnisse einer Vergleichsstudie 640

LISA KNIE, SARAH SOMMER & STEFAN SCHWARZER

Konzeption und Evaluation einer Blended-Learning-Fortbildung zu Experimento | 10+ 644

JANNE GROß & SIMONE ABELS

Mädchenförderung in den Naturwissenschaften-Evaluation eines außerschulischen Lernorts 648

KATHARINA FORSTER & JENNA KOENEN

Metakognitive Strategien beim Experimentieren – Instrumentvalidierung 652

ANNIKA EICHINGER, VANESSA LANG, CHRISTINE ECKERT, CHRISTOPHER W.M. KAY & JOHANN SEIBERT

Methodische Förderung des Forschenden Lernens beim Experimentieren 656

MARJA AURIN, MICHAEL KOMOREK & CHRISTIN SAJONS

MINT-Cluster AHOI_MINT: formale und non-formale MINT-Angebote vernetzt 660

JAN HEYSEL, MANUELA BOLTERSDORF & FRANK BERTOLDI

Naturwissenschaftliches Forschen im Anfangsunterricht zur Elektrizitätslehre (Sek.I). 664

MARTIN ERIK HORN

Orthogonale Regression in der Raumzeit 668

CORINNA MÖNCH & SILVIJA MARKIC

Pedagogical Scientific Language Knowledge angehender Chemielehrkräfte 672

PHILLIPP KRÜGER & KAI BLIESMER

Physik des Segelns für eine Windsurfschule didaktisch rekonstruieren 676

MATTHIAS FISCHER & MANUELA WELZEL-BREUER

Physikalische Bildung in Straßenschulen & die Erfüllung des SDGs „Quality Education“ 680

FLORIAN FRANK, CHRISTOPH STOLZENBERGER & THOMAS TREFZGER

Qualitative Studie zur Eignung einer AR-App für die E-Lehre 684

STEFANIE REIMER & OLIVER TEPNER

Reflexion videobasierter Erkläreinheiten 688

INKA HAAK

Rekonstruktion von Lerngruppenprozessen mithilfe der dokumentarischen Methode 692

DANIEL LAUMANN, MALTE UBBEN, SUSANNE HEINICKE & STEFAN HEUSLER

Schüler- oder schuleigene Smartphones im Physikunterricht? 696

LUKAS FALTIN, MARKUS SEBASTIAN FESER & INGRID KRUMPHALS

Schülervorstellungen zum viskosen Verhalten von Flüssigkeiten 700

ANJA LEMBENS, RITA KREBS & JOHANNA TAGLIEBER

sensiMINT – Sprachsensibler Chemie- und Biologieunterricht 704

CHRISTIAN NOSKO, SUSANNE JAKLIN-FARCHER, KATRIN REITER & ANJA LEMBENS

Sinnkonstruktion im naturwissenschaftlichen Sachunterricht anregen 708

MELINA DOIL & VERENA PIETZNER

Strukturelle Analyse der Lehrerbildung der in der PISA Erhebung führenden Länder 712

SIMON KAULHAUSEN, CAROLIN EITEMÜLLER & MAIK WALPUSKI

Strukturelle Ursachen für Prüfungsmisserfolg im Fach Chemie an der Universität 716

MILAN NEMLING, MARKUS OBCZOVSKY, THOMAS SCHUBATZKY & CLAUDIA HAAGEN-SCHÜTZENHÖFER

Systematische Unterstützungsangebote für Physik-MentorInnen (PhyMe-Sup) 720

RONJA LANGENDORF & SUSANNE SCHNEIDER

Technologiebezogene Professionalisierung in einer Astrophysik-Übung 724

SARAH RAU-PATSCHKE

Unbegleitet in die Praxis - Studierende unterrichten als Vertretungslehrkräfte 728

JULIA WERTHMÜLLER & MARKUS PRECHTL

Unsicherheiten von Lehrkräften hinsichtlich substanzbezogener Internet-Challenges 732

PAUL UNGER & KARSTEN RINCKE

Vergleich analysierender und erarbeitender Strukturierungen im PHY-UR 736

FLORIAN BUDIMAIER & MARTIN HOPF

Welche Argumente überzeugen Schüler*innen vom Teilchenmodell? 740

JULIA WELBERG, DANIEL LAUMANN & SUSANNE HEINICKE

Wen interessiert denn das? – Studien zu Interessen im Physikunterricht 744

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

Wirksamkeit von Schreibfördermaßnahmen im Chemieunterricht 748

RITA ELISABETH KREBS & ANJA LEMBENS

„Säuren & Basen“ in der SEK II – von den Key Ideas zur Lerngelegenheit 512

ANNA WEIßBACH & CHRISTOPH KULGEMEYER

Reflexion von Physikunterricht – ein Online Assessment mit Feedback 752

TANJA MUTSCHLER, DAVID BUSCHHÜTER, CHRISTOPH KULGEMEYER & ANDREAS BOROWSKI

Beispiel–Regel vs. Regel–Beispiel: Wie wird Physik besser gelernt? 756

MELANIE JORDANS, JANNIS ZELLER, RIKE GROßE-HEILMANN & JOSEF RIESE

Weiterentwicklung eines physikdidaktischen Tests zum Online-Assessment 760

JANNIS ZELLER, MELANIE JORDANS & JOSEF RIESE

Ansätze zur Ermittlung von Kompetenzniveaus im Fachdidaktischen Wissen 764

DAVID WEILER, JAN-PHILIPP BURDE, RIKE GROßE-HEILMANN, ANDREAS LACHNER, JOSEF RIESE & THOMAS SCHUBATZKY

Bedarfsanalyse zu digitalen Medien bei Physik-Lehramtsstudierenden 768

RIKE GROßE-HEILMANN, JAN-PHILIPP BURDE, JOSEF RIESE, THOMAS SCHUBATZKY & DAVID WEILER

Messung fachdidaktischer digitaler Kompetenzen in Physik 772

MICHELLE MÖHLENKAMP, HELENA VAN VORST, SEBASTIAN HABIG & MATHIAS ROPOHL

Adaptive Unterstützung in einer digitalen Lernleiter 776

DOMINIK DIERMANN, STEFFEN GLASER & JENNA KOENEN

Lernen quantenmechanischer Grundlagen durch Simulationen in SpinDrops 780

THOMAS SCHUBATZKY, JAN-PHILIPP BURDE, RIKE GROßE-HEILMANN, JOSEF RIESE & DAVID WEILER

Das Gesamtuntersuchungsdesign im Verbundprojekt DiKoLeP 784

HENDRIK PEETERS, SEBASTIAN HABIG & SABINE FECHNER

Einbettung von Augmented Reality in den Experimentierprozess 788

JOACHIM KRANZ & RÜDIGER TIEMANN

Drei Schritte auf dem Weg zum inklusiven Chemieunterricht 792

Sebastian Habig[1]

[1]Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

Vorwort

Die 48. Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDCP e. V.) fand vom 13. bis 16. September 2021 bereits zum zweiten Mal als virtuelle Tagung statt. Nachdem im Nachgang der Jahrestagung 2020 die Vorfreude auf eine Präsenztagung im Folgejahr groß war, war jedoch lange unklar, in welchem Format die Jahrestagung 2021 stattfinden können werde. Aufgrund der sich verschärfenden pandemischen Lage und auf Basis der guten Erfahrungen der Jahrestagung 2020, entschieden der Vereinsvorstand und die Geschäftsführung im Frühjahr 2021, erneut eine virtuelle Jahrestagung zu planen.

Während der Tagung diskutierten rund 420 Tagungsäste aktuelle Forschungsarbeiten aus der Chemie- und Physikdidaktik sowie des naturwissenschaftlichen Sachunterrichts. Mit vier Plenarvorträgen, 146 Vortrags- und 109 Posterpräsentationen stand die Jahrestagung 2021 vergangenen Präsenztagungen in nichts nach.

Mein herzlicher Dank geht an Saul Perlmutter, Rainer Bromme, Uwe Hericks und Irene Neumann, die mit ihren spannenden Plenarvorträgen und ihren individuellen Perspektiven auf das Tagungsthema zum Gelingen der Jahrestagung beigetragen haben. Ihre inspirierenden Beiträge haben innerhalb unserer Community Diskussionen angestoßen, die weit über die Jahrestagung hinaus tragen. Bedanken möchte ich mich auch bei allen Teilnehmenden, die durch die aktive Teilnahme mit einer eigenen Präsentation oder durch die rege Beteiligung an Diskussionen dazu beigetragen haben, dass der wissenschaftliche Austausch, auch im Rahmen einer virtuellen Tagung, stattfinden konnte.

Nürnberg, im April 2022 SH

Stefan Rumann[1] [1]Universität Duisburg-Essen

Einführung

Liebe Mitglieder der GDCP, liebe Tagungsteilnehmer*innen,

nach über einem Jahr, in dem wem wir uns privat wie beruflich mehr im Lock-down denn in Präsenz befanden, waren wir aufgrund der anhaltenden pandemischen Situation gezwungen, eine weitere Jahrestagung sozial distanziert im Online-Format durchführen zu müssen. Ein weiteres, wenn nicht verlorenes, so doch verlustreiches Jahr, da doch der direkte und unmittelbare Meinungsaustausch während und am Rande der Tagung, die Essenz des wissenschaftlichen Diskurses darstellt. Ich habe vor einem Jahr an dieser Stelle, zur Einleitung in den Tagungsband der Jahrestagung 2020, geschrieben, dass uns alle die Hoffnung auf ein Wiedersehen in Präsenz im Jahr 2021 verbindet. Diese Hoffnung wurde bekanntermaßen enttäuscht. So aber findet sich der Vorstand der GDCP erneut in der Rolle der virtuellen Tagungsleitung wieder. Gewiss, wir alle haben in den vergangenen Monaten gelernt, die technischen Herausforderungen, die es für ein Leben als zweidimensionale „Kachel“ bedarf, zu meistern. Wir alle hätten indes auch gut darauf verzichten können.
Jenseits sozialer Restriktionen und technischer Herausforderungen fordert uns die Pandemie weiterhin und in immer neuer Hinsicht. Sei es im Privatleben, wo auch zunehmend viele Mitglieder der GDCP eine Covid-Infektion durchlaufen haben und die zuweilen mühsame Überwindung der Erkrankung erfahren durften, oder auch im öffentlichen Kontext einer allgemeinen Impfdiskussion. Wir alle, denen uns als Naturwissenschaftsdidaktiker*innen eine rationale, evidenzbasierte Erkenntnisgewinnung ein Herzens- und Hirnanliegen ist, sehen uns in der aktuellen Impfdebatte allzu oft ein weiteres Mal immensen intellektuellen Herausforderungen gegenübergestellt – weit über zwanzig Jahre nachdem ein breiter Diskurs über wissenschaftliche Grundbildung geführt wurde, dessen vielfältige Ergebnisse längst Einzug in Bildungsstandards und Lehrpläne gehalten haben. Mit nur mäßigem Erfolg, wie es scheint. Vor diesem Hintergrund hat der Vorstand der GDCP die diesjährige Jahrestagung unter das Motto: „Unsicherheit als Element von naturwissenschaftsbezogenen Bildungsprozessen“ gestellt. Wir freuen uns sehr, dass es gelungen ist, für die Tagung eine breite fachliche Auswahl an Plenarvorträgen anbieten zu können, welche aufgrund unterschiedlichster Berufsbiographien und Expertise der Referierenden das Tagungsthema aus verschiedenen Perspektiven beleuchten können.
Nun bietet eine distante Tagung, bei allen bekannten Nachteilen, auch Möglichkeiten, die sich bei einer Präsenztagung so nicht bieten würden: Aus der Not der Distanz eine Tugend machend begannen wir die erste Keynote -zeitverschiebungsbedingt- erst am Montagabend. Dann jedoch wurde uns niemand Geringeres als Saul Perlmutter vom Lawrence Berkeley National Laboratory zu geschalten sein. Vielen war Saul Perlmutter sicher bereits im Vorfeld der Tagung bekannt, da er im Jahr 2011 den Nobelpreis für Physik erhielt. Als Mitglied der American Association for the Advancement of Science und der American Philosophical Society ist Saul Perlmutter aber längst auch ein Experte auf dem Gebiet der Wissenschaftskommunikation. Dementsprechend gespannt sahen wir dem Eröffnungsvortrag der Tagung mit dem Titel „Scientific Critical Thinking – a missing ingredient in science education“ entgegen.
Am Dienstagmorgen erwartete uns dann der Plenarvortrag von Prof. Dr. Uwe Hericks vom Institut für Schulpädagogik der Philipps-Universität Marburg. Der Titel des Vortrags von Herrn Hericks lautete: „Ansprüche, Widersprüche und Herausforderungen des Lehrberufs – Erziehungswissenschaftliche Perspektiven auf Fachlichkeit und Ungewissheit.“ Im Rahmen

des Vortrags diskutierte Herr Hericks die Bedeutung einer reflektierten Fachlichkeit für den Umgang mit pädagogischer Ungewissheit im Lehr-Lern-Prozess angehender Lehrkräfte.

Der öffentlich-gesellschaftliche Umgang mit der Pandemie, das damit verbundene Ver- oder auch Misstrauen in Wissenschaft, war Gegenstand des folgenden Plenarvortrags, der am Mittwochmorgen von Prof. Dr. Rainer Bromme, vom Zentrum für Wissenschaftstheorie der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster gehalten wurde. Als pädagogischer Psychologe ist Rainer Bromme seit vielen Jahrzenten in zahlreichen Forschungskontexten insbesondere der mathematisch-naturwissenschaftsdidaktischen Forschung verbunden. Im Fokus seines Vortrags mit dem Titel „Kompetent, unbestechlich und im Sinne des Gemeinwohls: Bedingungen von Vertrauen in Wissenschaft“ stand hierbei die Rolle der Kontroverse – innerhalb der Wissenschaft wie auch im gesellschaftlichen Diskurs auf der Metaebene. Rainer Brommes Plädoyer galt hierbei der Förderung einer spezifischen Fähigkeit, konkret, ‚informierte Vertrauensurteile‘ auf Basis einer soliden naturwissenschaftlichen Allgemeinbildung fällen zu können.
Am Donnerstagmorgen hat dann Dr. Irene Neumann vom Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenshaften und Mathematik den Kreis der diesjährigen Plenarvorträge mit einem Vortrag zum Thema „Nature of Science – Alter Hut oder relevanter denn je?“ geschlossen. Irene Neumann ist vielen von uns als Forscherin mit langjähriger Expertise im Themenbereich Nature of Science bestens bekannt. Dementsprechend erwartete uns im Vortrag zum einen eine Übersicht über die nationale und internationale Forschungslage zu Nature of Science der vergangenen Jahre, zum anderen wurden aber auch thematische Schnittstellen zu gegenwärtigen Forschungsfeldern aufgezeigt, die die nach wie vor hohe Gegenwarts- und Zukunftsdeutung der Thematik verdeutlichen.

Stefan Rumann

Rainer Bromme[1] [1]Universität Münster

Informiertes Vertrauen in Wissenschaft: Lehren aus der COVID-19 Pandemie für das Verständnis naturwissenschaftlicher Grundbildung (scientific literacy)*

Die COVID-19-Pandemie hat viele neue Herausforderungen für die Schule gebracht, noch mehr aber hat sie bereits vorher bestehende Bedarfe verstärkt und Defizite sichtbar gemacht. Dies gilt für die räumliche, und digitale Ausstattung von Schulen. Es gilt ebenso für die organisatorische und pädagogische Gestaltung des Distanzlernens und hybrider Formate, die dafür sorgen, dass eine adäquate und bildungsgerechte Teilhabe an der Schule auch für solche Schüler:Innen möglich ist, die nicht am Präsenzunterricht teilhaben können (Fickermann & Edelstein, 2021; Huber et al., 2021). Solche Herausforderungen stehen zu Recht im Mittelpunkt der gegenwärtigen Diskussionen um allgemeinbildende Schulen im COVID-19 Kontext. Darüber hinaus wirft die COVID-19 Pandemie aber auch die Frage nach inhaltlichen und lernzielbezogenen Bedarfen auf, d.h. ob aus der Pandemie auch curriculare Folgerungen zu ziehen sind. Etwas salopp gesagt: Der Ausbruch der Pandemie hat zuerst die Frage aufgeworfen hat, wie man sicherstellen kann, *das* Lehrer und Schüler weiter miteinander sprechen (lehren und lernen) *können.* Die nächste Frage ist dann aber, *worüber* man denn angesichts der Pandemie sprechen (lehren und lernen) *sollte*.

Dieser Beitrag skizziert eine mögliche Antwort für den Themenbereich, der wissenschaftlichen Grundbildung (Scientific Literacy) und dann noch spezieller, des Wissens über die Natur der Wissenschaft (Nature of Science, NOS). Daneben gibt es andere Themenbereiche, wie z.B. Sachwissen zum Alltags-Umgang mit der Pandemie, die auch Ansatzpunkte für eine Vermittlung wissenschaftlicher Grundbildung bieten, die hier aber nicht behandelt werden können.

Der Grundgedanke dieses Beitrags: *Informiertes Vertrauen in Wissenschaft* ist nötig, damit die 'Schnittstellen' für den Wissensfluss zwischen dem Alltagsverständnis der Bürger:Innen über die Pandemie und dem sich dynamisch entwickelnden Wissensstand der Wissenschaften funktionieren.

Ohne Wissenschaft kann die COVID-19 Pandemie weder verstanden noch beherrscht werden. Da es sich um eine komplexe Viruskrankheit mit einem breiten Symptomspektrum handelt, ist es noch nicht einmal möglich, sie ohne wissenschaftliche Methoden zu erkennen. Man kann auch nicht ohne Rückgriff auf die Wissenschaftssprache über die Pandemie sprechen. (COVID-19, wie auch Synonyme, z.B. SARS-CoV 2) ist ein Begriff aus der Wissenschaftssprache und das gilt auch für viele sonstige Begriffe des gegenwärtigen öffentlichen Diskurses, z.B. *Inzidenzwert*, *Aerosole* oder *Impfdurchbrüche*. Politische Entscheidungen zum Umgang mit der Pandemie ebenso wie Verhaltensempfehlungen werden überwiegend durch Bezug auf Wissenschaft begründet. Surveys zu wissenschaftsbezogenen Einstellungen zeigen, dass die öffentliche Erwartung an die Leistungsfähigkeit der Wissenschaft zum Verständnis und zur Bekämpfung der Pandemie sehr hoch sind. Im Vergleich zu Messungen vor dem Ausbruch der Pandemie ist das allgemeine Vertrauen in Wissenschaft in Deutschland, aber auch in fast allen anderen Ländern, deutlich gestiegen (Algan, Cohen, Davoine, Foucault & Stantcheva, 2021; Bromme, Mede, Thomm, Kremer & Ziegler, 2022; Wellcome Trust Gallup, 2021).

Tatsächlich ist die Pandemie eine globale Erfolgsgeschichte der Wissenschaft, zumindest in Bezug auf die unmittelbar gesundheitsbezogenen Fachgebiete und in Bezug auf ihre epistemische Funktion, also die *Produktion* gesicherten Wissens, (nicht aber wenn es um die globale *Anwendung* dieses Wissens geht, wie die Defizite der globalen Versorgung mit Impfstoffen zeigen).

Die Pandemie hat der Öffentlichkeit einen Einblick in den Maschinenraum der Wissensproduktion gegeben, nicht nur- um in dem Bild zu bleiben- in die Auslieferungshalle für fertige Produkte. Es gibt eine große Bereitschaft vieler Wissenschaftler:Innen ihre Ergebnisse zur Pandemie schnellstmöglich mit der Öffentlichkeit zu teilen. Die - eigentlich innerwissenschaftlich intendierte - Kommunikation ist öffentlich leicht zugänglich, da sie sich zunehmend mehr sozialer Medien bedient. Die Orte der Lagerung von Zwischenergebnissen (z.B. Pre-Print Server) sind ebenfalls leicht zugänglich. Schließlich gibt es großes mediale Interesse an wissenschaftlicher Evidenz.

Es ist also nahliegend, die COVID-19 Pandemie als Anschauungsbeispiel für die Vermittlung von grundlegendem Wissenschaftsverständnis zu nutzen. Es handelt sich bei COVID-19 um eine zugleich wissenschaftliche wie auch gesellschaftliche Problemstellung. Diese werden in der fachdidaktischen Literatur der MINT Fächer als *Socio-Scientific Issues* (SSI) bezeichnet. Derartige SSI gelten insbesondere als gut geeignet, um die Struktur und Arbeitsweise von (Natur-) Wissenschaft zu vermitteln, was als *Nature of Science* Verständnis (NOS) beschrieben wird (Neumann, in diesem Band; Sadler, Chambers & Zeidler, 2004). Bereits 2009, damals unter Bezug auf die erste SARS-CoV Epidemie, die 2002-2003 auftrat, haben Wong, Kwan, Hodson & Yung (2009) vorgeschlagen, SARS als Kontext für die Vermittlung eines NOS Verständnisses zu nutzen: '*Turning crisis into opportunity';* in analoger Weise leiten Maia, Justi & Santos (2021) Themen aus der COVID-19 Pandemie für die Vermittlung von NOS Kenntnissen ab.

Die Vermittlung eines NOS Verständnisses wird in diesen Ansätzen als *functional scientific literacy* (siehe auch Kienhues, Thomm & Bromme, 2018; Tabak, 2015, 2018) verstanden. Der Kern dieses Konzeptes von wissenschaftlicher Grundbildung ist die Orientierungsfunktion für den Umgang mit wissenschaftlichem Wissen für Bürger. Wissenschaftsverständnis ist nötig für die Teilhabe von Bürgerinnen in einer Wissensgesellschaft, weil Bürger:Innen in ihrem privaten wie auch in ihrem gesellschaftlichen Leben in vielfältiger Weise auf wissenschaftliches Wissen angewiesen sind (Bromme & Goldman, 2014).

Die Entwicklung des Konzepts der *functional scientific literacy* wurde auch durch die Tatsache befördert, dass durch das Internet und insbesondere die sozialen Medien, Bürger:Innen eine Vielzahl von wissenschaftsbezogenen Informationen erhalten, diese aber oft fragmentiert und auch vielfach keiner Qualitätskontrolle unterworfen sind (Höttecke & Allchin, 2020). Zwar gab es auch schon vor der Entwicklung des Internets einen Chor an Stimmen zu den Fragen (z.B. Gesundheitsthemen) zu denen Bürger:Innen wissenschaftsbasierte Informationen suchen. Aber durch das Internet ist dieser Chor dissonanter und umfangreicher geworden. Durch das Internet entstehen unscharfe Grenzen zwischen dem Wissen, das für Laien potentiell verständlich ist, und dem Fachwissen, das nur Spezialisten zugänglich ist. *Functional scientific literacy* wird deshalb vor allem als die Kompetenz zur kritischen Auswahl aus den vielfältigen Informations- und Deutungsangeboten verstanden

Die COVID-19 Pandemie hat den Bedarf nach einer derartigen *functional scientific literacy* möglichst für alle Bürger:Innen deutlich gemacht und sie ist ein Anlaß, dieses Konzept weiter zu entwickeln. Nachfolgend wird begründet, dass es dabei im Kern um die Bildungsvoraussetzungen *für informiertes Vertrauen in Wissenschaft* gehen sollte, weil *Vertrauen* (oder auch *fehlendes* Vertrauen) der Grundmodus der Begegnung von Bürger:Innen mit Wissenschaft ist. Bürger:Innen sind *epistemisch* abhängig von Experten. Vertrauen ist deshalb nicht ein wünschenswerter Nebeneffekt (nice to have), wenn Bürger:Innen sich mit Wissenschaft beschäftigen. Sie haben auf Grund der gesellschaftlichen Arbeitsteilung letztlich gar keine andere Möglichkeit als immer dann, wenn es um 'wahres', belastbares wissenschaftliches Wissen geht, darüber als Vertrauensfrage in Bezug auf Expert:Innen bzw. auf die Wissenschaft(en) zu urteilen.

Das sei an einem Beispiel erläutert: Im Kontext von COVID-19 19 wollen Bürger:Innen wissen, ob die neu entwickelten MRNA Impfstoffe langfristige Wirkungen auf die Gene der geimpften Personen haben könnten. Es besteht ein Konsens in der Wissenschaft, dass dies nicht der Fall ist, aber es gibt sowohl Plausibilitätsüberlegungen (wie kann man so etwas ausschließen, wenn ein Impfstoff erst kürzlich entwickelt wurde?) wie auch vielfältige Stimmen im Internet, die eine solche schädigende Wirkung entweder direkt behaupten oder aber wenigstens für möglich halten.

Wie können Bürger:Innen nun beurteilen, welche Aussagen zu den Nebenwirkungen von MRNA Impfstoffen wahr sind? Sie haben zwei Möglichkeiten:

- ***Direkte Gültigkeitsbeurteilung*: Was ist wahr?** (first-hand evaluation). Das erfordert das Evaluieren der Plausibilität (subjektiven Wahrheit) der Aussage, z.B. an Hand von eigenen Empfindungen, Beobachtungen, der Prüfung der logischen Konsistenz und der Kohärenz mit eigenem Vorwissen und sonstigen verfügbaren Informationen.
- ***Indirekte Gültigkeitsbeurteilung:* Wem kann man glauben?** (second-hand evaluation)
  Evaluieren der Vertrauenswürdigkeit von Experten, welche die Gültigkeit der Aussage behaupten/begründen.

Diese beiden Möglichkeiten erfordern eine metakognitive Entscheidung, darüber welche Informationen und Vorannahmen beachtet und verarbeitet werden: Über die Sache, um die es geht oder über die Quelle der Aussage. Den größeren Teil unseres Wissens und unserer Überzeugungen über uns selbst und unsere natürliche und soziale Umwelt erwerben wir nicht durch persönliche unmittelbare Erfahrungen, sondern durch 'Hörensagen' von Anderen. Bereits kleine Kinder (ab 2-3 Jahre) haben die Fähigkeit, die Vertrauenswürdigkeit von Informationsquellen zu beurteilen (Harris, 2012). Dennoch sind wir *epistemische Individualisten* (Levy, *2019)*. Es gibt eine intuitive Präferenz für direkte Plausibilitätsurteile (Abgleich mit dem eigenen Vorwissen) d.h. wir prüfen die Wahrheit von Aussagen danach, ob sie zu dem passen, was wir selbst erleben (sehen, hören, schmecken, fühlen) oder für plausibel halten, weil es zu unserem Vorwissen passt. Nur bei Inkonsistenzen zwischen Vorwissen und zu beurteilender Aussage wird auf Merkmale der Quelle der Aussage geachtet (Bromme, Stadtler & Scharrer, 2018). Die intuitive Präferenz für die erste Möglichkeit ist im Alltag notwendig und effektiv. Wenn es jedoch um Aussagen geht, deren Gültigkeit nur mit viel Fachkenntnis zu überprüfen ist, ist diese intuitive Präferenz problematisch.

Das Beispiel der Frage nach den MRNA Impfstoffen zeigt, dass Bürger:Innen (sofern sie nicht selbst eine Fachausbildung haben, die impfbezogene Themen umfasst)

- nur auf indirekte Gültigkeitsprüfungen (Vertrauensurteile) setzen können ("Ich verstehe nicht was MRNA Impfstoffe sind, vertraue aber dem, was das RKI zur Frage der Langzeitwirkungen sagt"), oder
- beide Strategien verfolgen können ("Ich suche die Quellen, denen ich vertraue, lese auf den Websites, die mir glaubwürdig erscheinen und höre Podcasts mit Expert:Innen, denen ich vertraue, (Corona Update des NDR oder www. Infektiopod), und lasse mir dort erklären, ob und warum die MRNA Impfstoffe so sicher sind, dass keine langfristigen Effekte für meine Gene zu erwarten sind".

Die Gültigkeitsbeurteilung erfolgt dann im wechselseitigen Abgleich von sach- und quellenbezogene neuen Informationen und Vorannahmen (Corner & Hahn, 2009). Wenn Bürger:Innen den zweitgenannten Weg gehen, entsteht dennoch subjektiv möglicherweise der Eindruck, dass sie nur auf Grund des eigenen Verständnisses urteilen, das sie sich durch die Auseinandersetzung mit dem Wissen vertrauenswürdiger Expert:Innen erworben haben. Dieser Eindruck ist umso stärker, je einfacher und damit verständlicher diese Erklärungen der Expert:Innen waren. Das kann zu der Illusion einer Überwindung der epistemischen Abhängigkeit führen (Easiness effect, Scharrer, Rupieper, Stadtler & Bromme, 2016; Scharrer, Stadtler & Bromme, 2014). Tatsächlich liefert das - bildlich gesprochen- *lokale* Verständnis des Gebiets rund um das Thema MRNA noch kein Verständnis der *ganzen* Landschaft der Immunologie und anderer Fachgebiete, auf der Gültigkeit der *lokalen* Aussagen, die man nun verstanden hat, beruhen. Die Bürger:Innen bleiben also abhängig davon, dass sie auf die Expert:Innen vertrauen müssen, die um den Begründungskontext dessen wissen, was sie nun selbst auf Plausibilität (im Sinne der 'What to believe Strategie' hin), überprüfen können[1].

In diesem Sinne ist hier Vertrauen (oder auch fehlendes Vertrauen) als Grundmodus der Begegnung von Bürger:Innen und Wissenschaft gemeint. Vertrauensurteile ermöglichen also den Umgang mit Grenzen des Verstehens und Urteilens auf der Basis der eigenen Anschauung und/oder der eigenen Vorkenntnisse[2].

Die Pandemie hat aber auch viele Beispiele dafür geliefert, dass man *der Wissenschaft* nicht blind vertrauen kann. Zum einen gibt es nicht 'die' Wissenschaft, sondern es gibt insbesondere zu aktuellen Fragen sich verändernde Aussagen und es gibt natürlich auch viele Stimmen, die nur behaupten, ihre Aussagen seien nach den Regeln guter wissenschaftlicher Praxis begründbar. Bei Socio-Scientific -Issues vermischen sich auch häufig wissenschaftliche und normativ-politische Fragen und auch deshalb ist ein kritisches Urteil darüber notwendig, wem man vertrauen kann, weil sie/er diese beiden Arten von Fragen zu trennen vermag.

---

[1] Mit dieser Feststellung ist nicht ausgeschlossen, dass Bürger:Innen sich auch umfassende Expertise selbst aneignen, das ist bei entsprechendem zeitlichen Aufwand, guten Bildungsvoraussetzungen (zum Beispiel ist die meiste einschlägige Fachliteratur auf Englisch) und Zugang zur Fachliteratur, durchaus möglich. Dann aber erwerben sie die Fachexpertise, von der Bürger:Innen im Regelfall epistemisch abhängig sind; sie werden selbst zu Expert:Innen und deshalb widerlegen solche Beispiele auch nicht das voranstehende Argument.

[2] Auch innerhalb der Wissenschaft, also nicht nur zwischen Expert:Innen und Laien, ist Vertrauen notwendig, weil es auch innerhalb der Wissenschaft eine Arbeitsteilung mit epistemischer Abhängigkeit gibt (Wilholt, 2013).

Es kann also nur um ein kritisches Vertrauen gehen, das wir hier als *informiertes Vertrauen* (Bromme, 2020a) bezeichnen, um hervorzuheben, dass die Vertrauensurteile wissens- und verstehensbasiert erfolgen sollten. Das dafür notwendige Wissen und Verstehen betrachten wir als wichtigen Teil einer *functional scientific literacy*.

Was ist für *informiertes* Vertrauen wichtig zu wissen, d.h. worüber sollten Schüler:Innen etwas lernen, um auf Urteile des *informierten* Vertrauens vorbereitet zu sein? Um diese Frage zu beantworten, schlagen wir vor, sich an den Dimensionen von Vertrauen zu orientieren, die in dem Vertrauensmodell von (Mayer, Davis & Schoorman, 1995) unterschieden werden, das sind *expertise*, *benevolence* und *integrity;* mehr dazu, ebenfalls am Beispiel von COVID-19 in Bromme & Hendriks, (forthcoming). Diese Merkmale konnten als Dimensionen von Vertrauenszuschreibungen zu Wissenschaftler:Innen auch empirisch unterschieden werden (Hendriks, Kienhues & Bromme, 2015). *Expertise*: Wissenschaftler:Innen haben Fähigkeiten und Erfahrungen zur Erkenntnisgewinnung und Problemlösung; *Integrität*: Wissenschaftler:Innen halten sich an begründete Regeln der Wahrheitssuche; *Benevolenz*: Wissenschaftler:Innen haben den Nutzen für andere (die Öffentlichkeit) bei ihrer Arbeit im Blick. Dies ist natürlich nur eine Heuristik, man kann sie auch auf Wissenschaft als soziales System, nicht nur auf einzelne Wissenschaftler:Innen anwenden. So ist es für Urteile über die Expertise, man könnte auch sagen, über die Erkenntnis und Leistungsmöglichkeiten der Wissenschaft, wichtig, ein Verständnis von Wissenschaft als Prozess zu vermitteln, der durch Institutionen und Personen in Gang gesetzt wird. Dafür wichtig ist ein Grundverständnis über Fächerstrukturen (wer ist wofür zuständig?) und über Institutionen der Wissenschaft (wer produziert das Wissen?). Wissensgrundlagen zur Beurteilung der Integrität im eben beschriebenen Sinne betreffen die methodischen Regeln und die sozialen Praktiken der Wahrheitssuche selbst. Hier ist z.B. Wissen über kooperative Prozeduren zur Wahrheitsfindung (z.B. peer review) hilfreich.

Die oben erwähnten fachdidaktischen NOS Ansätze haben einen Schwerpunkt auf den - im weitesten Sinne - methodischen Grundlagen der Wahrheitsfindung. Sie beschreiben viel genauer als es hier möglich ist, das Wissen, das zur Beurteilung von *Integrität* notwendig ist. Der hier vorgelegte Vorschlag, *functional scientific literacy* auf Wissen und Verständnis für Urteile des *informierten Vertrauens* auszurichten, enthält allerdings eine gewisse Akzentverschiebung von *Nature of Science* zu (um in dem Englischen zu bleiben), *Facts and Findings about Science in Society*. Das ist hier mit 'gewisser Akzentverschiebung' bewusst unscharf formuliert, weil es in der fachdidaktischen Literatur unterschiedliche Akzente im Verständnis von *Nature of Science* gibt, nämlich solche, die sich vor allem an einem wissenschaftsphilosophisch geprägten Verständnis der *Natur der Wissenschaft* orientieren und solchen, die ergänzend die Praxis von *Wissenschaft in der Gesellschaft* im Blick haben, so wie es auch hier vorgeschlagen wird (z.B. von Maia et al., 2021; Neumann, in diesem Band). Auch Höttecker & Allchin (2020) bieten ein Beispiel für eine solche Erweiterung des NOS Konzepts, indem sie die mediale Vermittlung von Wissenschaft in den Blick nehmen, auch sie gehört zu *Nature of Science*, nun aber verstanden als *Science in Society*.

Warum ist es nun, wie hier vorgetragen wird, so wichtig *functional scientific literacy* auf die Fähigkeiten zu Urteilens des *informierten Vertrauens* auszurichten? Warum nicht nur auf die Verbesserung des Sachverständnisses über die Pandemie und über die Wissenschaften zu ihrer Erforschung? Zeigt nicht die Pandemie (zumindest in Deutschland), dass es möglich ist, in kurzer Zeit virologisches, epidemiologisches und immunologisches Basiswissen so zu verbreiten, dass auch Nichtfachleute recht selbstverständlich mit Fachbegriffen aus diesen

Gebieten kommunizieren[3]? Das große Interesse an dem, fachlich sehr anspruchsvollen, NDR Podcast Corona Update (mit den Profs. Ciesek und Drosten) deutet auf diese Möglichkeit hin.

Die Antwort auf diesen Einwand wurde oben bereits skizziert: Letztlich, d.h. wenn es um besonders umstrittene oder um besonders neue und damit auch wieder veränderliches Wissenschaft geht, können neue wissenschaftliche Ergebnisse mit Hilfe dieses neu gewonnene pandemiebezogenen Wissens möglicherweise von vielen Bürger:Innen in Umrissen verstanden werden. Sie können aber deshalb noch nicht von den Bürger:Innen auch gegen andere, alternative Behauptungen verteidigt werden.

Dies soll nachfolgend am Beispiel des Umgang mit dem sogenannten 'post truth' Phänomen (Kienhues, Jucks & Bromme, 2020) hier erläutert werden. Es gibt eine Variante der Wissenschaftsleugnung, die die subjektive Erfahrung und das subjektive Erleben als letzte Instanz für die Frage der Wahrheit wissenschaftlicher Aussagen postuliert (Bromme, 2020b). Wenn sogenannte ' Querdenker' darauf bestehen, dass es für die empirische Frage der Häufigkeit von Nebenwirkungen eines Impfstoffes eine persönliche Wahrheit[4] gibt, so ist das eine Form der Wissenschaftsleugnung. Es ist auch dann Wissenschaftsleugnung, wenn sie den Gesprächspartnern, die wissenschaftsbasierte Auffassungen vertreten, zubilligen, eben an deren eigene, subjektive Wahrheit zu glauben. Im Ergebnis führt eine solche Perspektive auf Fragen, die man wissenschaftlich beantworten kann, zu einer Fragmentierung des gemeinsamen Grundbestandes von Weltwissen, also 'der kleinsten gemeinsamen Wirklichkeit' (Nguyen-Kim, 2021). Soziologen und Politologen bezeichnen das als epistemische Tribalisierung (Bogner 2021; Zürn, 2022).

Der Umgang mit dieser Art von Argumenten nur auf der Ebene der jeweiligen Sachfrage kann für Bürger:Innen (Laien) recht schwierig werden, wenn sich die Grenzen der eigenen Sachkompetenz herausstellen[5]. Dann wird es wichtig, *rational* erklären zu können, und noch wichtiger, für sich selbst zu wissen, warum man *der* Wissenschaft bzw. einzelnen Wissenschaftler:Innen vertraut und deshalb ihnen auch bezüglich der Sachaussage (MRNA Impfstoffe haben keine Effekte auf die Gene des Geimpften) *glaubt*. Das Wissen um die Grenzen des Alltagsverständnisses und um den Unterschied von Alltagsverständnis und wissenschaftlichem Verständnis gehört zur Anerkennung der *epistemischen Autorität* von Wissenschaft. *Functional scientific literacy* mit dem Schwerpunkt auf *informiertem* und das heißt auch *kritischem Vertrauen* in Wissenschaft macht es möglich, um die Grenzen des eigenen Verstehens wissenschaftlicher Erkenntnisse zu wissen, und dennoch einen rationalen Zugang zu einer von der Wissenschaft beschriebenen Welt zu haben.

---

[3] Noch steht aber - nach meiner Kenntnis- eine empirische Untersuchung der Reichweite dieser Transformation von pandemiebezogenen Spezialwissen in den Bereich des Allgemeinwissens noch aus.

[4] Bogner (2021) vermutet, dass in diesem Fall die Impfgegner eigentlich nur auf ihrer subjektive Bewertung der Impfoption bestehen. Diese ist selbstverständlich eine legitime persönliche Entscheidung, keine Frage der wissenschaftlichen Wahrheit. Selbst wenn diese Vermutung empirisch zutrifft, bleibt es notwendig, auf der Möglichkeit einer subjektunabhängigen 'Wahrheit' in dieser Frage zu bestehen. Für viele Menschen ist für diese subjektive Entscheidung über die Impfoption auch die Faktenfrage nach dem tatsächlichen Risiko relevant. Um darüber überhaupt sprechen und sich rational verständigen zu können, ist es notwendig, diese Frage von der subjektiven Impfoption zu unterscheiden.

[5] Es ist auch kein Ausweg, bei der epistemischen Tribalisierung sozusagen mitzumachen und nur darauf zu beharren, dass man selbst eben zu der Gruppe gehört, die an die Wissenschaft glaubt.

* Der hier vorliegende Text wird in erweiterter Form (Arbeitstitel: *COVID-19 in der Schule: Worüber in der Schule gesprochen werden sollte, um die gesellschaftliche Resilienz gegen die Pandemie zu stärken)* an anderer Stelle (Unterrichtswisssenschaft) publiziert.

Literatur

Algan, Y., Cohen, D., Davoine, E., Foucault, M. & Stantcheva, S. (2021). Trust in scientists in times of pandemic: Panel evidence from 12 countries. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 118*(40), e2108576118. doi:10.1073/pnas.2108576118

Bogner, A. (2021). *Die Epistemisierung des Politischen. Wie die Macht des Wissens die Demokratie gefährdet.* Ditzingen: Reclam.

Bromme, R. (2020a). Informiertes Vertrauen: Eine psychologische Perspektive auf Vertrauen in Wissenschaft. In M. Jungert, A. Frewer & E. Mayr (Eds.), *Wissenschaftsreflexion. Interdisziplinäre Perspektiven zwischen Philosophie und Praxis* (pp. 105-134). Paderborn: Mentis.

Bromme, R. (2020b). Verstehen, Vertrauen und die Verständlichkeit der Wissenschaft: Zu einigen Randbedingungen für den (erfolgversprechenden) Umgang mit Pseudowissenschaft und Wissenschaftsleugnung. In R. Neck & C. Spiel (Eds.), *Wissenschaft und Aberglaube* (Vol. 23, pp. 145-158). Wien: Böhlau.

Bromme, R. & Goldman, S. R. (2014). The Public's Bounded Understanding of Science. *Educational Psychologist, 49*(2), 59-69. doi:Doi 10.1080/00461520.2014.921572

Bromme, R. & Hendriks, F. (forthcoming). Trust in Science: Considering whom to trust for knowing what is true. In R. C. Mayer & B. M. Mayer (Eds.), *A Research Agenda for Trust: Interdisciplinary Perspectives*. Northampton, Massachusetts: Edward Elgar Publishing.

Bromme, R., Mede, N., Thomm, E., Kremer, B. & Ziegler, R. (2022). An anchor in troubled times: Trust in science before and within the COVID-19 pandemic. *PLoS ONE*. doi:10.1371/journal.pone.0262823

Bromme, R., Stadtler, M. & Scharrer, L. (2018). The provenance of certainty: Multiple source use and the public engagement with science. In J. L. G. Braasch, I. Bråten & M. T. McCrudden (Eds.), *Handbook of multiple source use* (pp. 269–284). New York: NY: Routledge.

Corner, A. & Hahn, U. (2009). Evaluating Science Arguments: Evidence, Uncertainty, and Argument Strength. *Journal of Experimental Psychology: Applied, 15*(3), 199-212.

Fickermann, D. & Edelstein, B. (Eds.). (2021). *Schule während der Corona-Pandemie. Neue Ergebnisse und Überblick über ein dynamisches Forschungsfeld* (Vol. Beiheft 17). Münster: Waxmann.

Harris, P. (2012). *Trusting what you're told. How children learn from others.* Cambridge, Mass.: The Belkap Press of Harvard University Press.

Hendriks, F., Kienhues, D. & Bromme, R. (2015). Measuring laypeople's trust in experts in a digital age: The Muenster Epistemic Trustworthiness Inventory (METI). *PLoS ONE, 10*(10), e0139309. doi:10.1371/journal.pone.0139309

Höttecke, D. & Allchin, D. (2020). Reconceptualizing nature-of-science education in the age of social media. *Science Education, 104*(4), 641-666. doi:https://doi.org/10.1002/sce.21575

Huber, S. G., Günther, P. S., Schneider, N., Helm, C., Schwander, M., Schneider, J. A. & Pruitt, J. (2021). *COVID-19 – aktuelle Herausforderungen in Schule und Bildung. Erste Befunde des Schul-Barometers in Deutschland, Österreich und der Schweiz*. doi:doi: https://doi.org/10.31244/9783830942160

Kienhues, D., Jucks, R. & Bromme, R. (2020). Sealing the gateways for post-truthism: Reestablishing the epistemic authority of science. *Educational Psychologist, 55*(3), 144-154. doi:10.1080/00461520.2020.1784012

Kienhues, D., Thomm, E. & Bromme, R. (2018). Specificity reloaded: How multiple layers of specificity influence reasoning in science argument evaluation. In F. Fischer, C. Chinn, K. Engelmann & J. Osborne (Eds.), *Reasoning and Argumentation: Domain-Specific and Domain-General Aspects* (pp. 251- 270). London: Taylor & Francis.

Levy, N. (2019). Due deference to denialism: explaining ordinary people's rejection of established scientific findings. *Synthese, 196*(1), 313-327. doi:10.1007/s11229-017-1477-x

Maia, P., Justi, R. & Santos, M. (2021). Aspects about science in the context of production and ommunication of knowledge of COVID-19. *Science & Education, 30*(5), 1075-1098. doi:10.1007/s11191-021-00229-8

Mayer, R. C., Davis, J. H. & Schoorman, F. D. (1995). An integrative model of organizational trust. *Academy of Managment Review, 20*(3), 709-734. doi:10.2307/258792

Neumann, I. (in diesem Band). *Nature of Science- Alter Hut oder relevanter denn je?* Vortrag auf der GDCP Jahrestagung 2021. Unsicherheit als Element von naturwissenschaftlichen Bildungsprozessen.

Nguyen-Kim, M. T. (2021). *Die kleinste gemeinsame Wirklichkeit. Wahr, falsch, plausibel - die größten Streitfragen wissenschaftlich geprüft*. München: Droemer.

Sadler, T. D., Chambers, F. W. & Zeidler, D. L. (2004). Student conceptualizations of the nature of science in response to a socioscientific issue. *International Journal of Science Education, 26*(4), 387-409. doi:10.1080/0950069032000119456

Scharrer, L., Rupieper, Y., Stadtler, M. & Bromme, R. (2016). When science becomes too easy: Science popularization inclines laypeople to underrate their dependence on experts. *Public Understanding of Science, 26*(8), 1003-1018. doi:10.1177/0963662516680311

Scharrer, L., Stadtler, M. & Bromme, R. (2014). You'd better ask an expert: Mitigating the comprehensibility effect on laypeople's decisions about science-based knowledge claims. *Applied Cognitive Psychology, 28*(4), 465–471. doi:10.1002/acp.3018

Tabak, I. (2015). Functional scientific literacy: Seeing the science within the words and across the web. In L. Corno & E. M. Anderman (Eds.), *Handbook of educational psychology: 3rd edition* (pp. 269-280). London: Routledge.

Tabak, I. (2018). Functional Scientific Literacy: Disciplinary Literacy Meets Multiple Source Use. In *Handbook of Multiple Source Use* (pp. 221-237): Routledge.

WellcomeTrustGallup. (2021). *Wellcome Global Monitor 2020. How Covid-19 affected people's lives and their views about science*. Retrieved from https://wellcome.org/reports/wellcome-global-monitor-covid-19/2020?utm_source=link_newsv9&utm_campaign=item_357698&utm_medium=copy#downloads-6b45

Wilholt, T. (2013). Epistemic Trust in Science. *The British Journal for the Philosophy of Science, 64*(2), 233-253. doi:10.1093/bjps/axs007

Wong, S. L., Kwan, J., Hodson, D. & Yung, B. H. W. (2009). Turning crisis into opportunity: Nature of Science and Scientific Inquiry as illustrated in the scientific research on Severe Acute Respiratory Syndrome. *Science & Education, 18*(1), 95-118. doi:10.1007/s11191-007-9123-5

Zürn, M. (2022, 12.01.2022). Der Wert der Wahrheit. Demokratien können nicht überleben ohne Empfinden, Debatten und wissenschaftliche Einsichtenin Einklang zu bringen, Essay Voices for Democracy Serie. *Süddeutsche Zeitung*. Retrieved from https://www.sueddeutsche.de/kultur/michael-zuern-liberale-demokratie-populismus-1.5505226?reduced=true

Uwe Hericks[1] [1]Universität Marburg

Ansprüche, Widersprüche und Herausforderungen des Lehrberufs – Erziehungswissenschaftliche Perspektiven auf die Professionalisierung von Lehrerinnen und Lehrern

Im Zentrum des vorliegenden Beitrags steht der strukturtheoretische Ansatz zur Professionsforschung zum Lehrberuf. Im Anschluss an einschlägige Veröffentlichungen von Ulrich Oevermann und Werner Helsper werden drei zentrale Merkmale dieses Ansatzes herausgearbeitet, nämlich (1) professionalisiertes Handeln als *stellvertretende Krisenbewältigung*, (2) die *antinomische Handlungsstruktur* sowie die aus den ersten beiden Merkmalen resultierende (3) Nicht-Standardisierbarkeit bzw. *Ungewissheit* des beruflichen Handelns von Lehrpersonen. Anschließend wird der strukturtheoretische Ansatz in Grundzügen um eine berufsbiographische bzw. praxeologisch-wissenssoziologische Perspektive erweitert. Der Beitrag wird gerahmt durch kontrastierende Fallstudien zweier Englischlehrerinnen gerahmt und schließt mit vier Thesen zur universitären Lehrerbildung.

Einstieg mit zwei Fallstudien

In meinen verschiedenen Forschungsarbeiten bin ich immer wieder auf ein scheinbar triviales Phänomen gestoßen: Lehrerinnen und Lehrer können an ein- und derselben Universität in denselben Fächern und sogar an demselben Studienseminar ausgebildet sein – und dennoch lassen ihre Erzählungen und Beschreibungen in berufsbiographischen Interviews ganz unterschiedliche unterrichtliche Praxen erkennen (z. B. Hericks, 2006). In einem mit dem Hamburger Englischdidaktiker Andreas Bonnet durchgeführten Projekt zum *Kooperativen Lernen im Englischunterricht* begleiteten wir eine Gruppe von Lehrpersonen, die ihren Unterricht phasenweise auf kooperative Unterrichtsmethoden umstellen und sich dabei wissenschaftlich begleiten lassen wollten. Zwei Gymnasiallehrerinnen aus dieser Gruppe, wir nennen sie Silke Borg und Yvonne Kuse, stehen im Zentrum der Abschlusspublikation dieses Projekts (Bonnet & Hericks, 2020). Beide Lehrerinnen starteten vom selben Ausgangspunkt: Beide arbeiteten noch nicht besonders lange in ihrem Beruf, der Anstoß zu unserem wissenschaftlichen Projekt ging von ihnen selbst aus. Beiden Lehrerinnen war es wichtig, ihren Unterricht so zu verändern, dass den Schüler*innen darin mehr Freiheitsgrade und eine größere Selbstständigkeit ermöglicht würden; beide entwickelten (teilweise unterstützt durch Studierende in projektbegleitenden Forschungsseminaren) kreative Aufgabenstellungen und Unterrichtssequenzen für ihre Schüler*innen. Auch ihre Erfahrungen mit Kooperativem Lernen fielen vergleichbar aus. Und doch sagt die eine am Ende, sie werde in Zukunft noch mehr auf Kooperatives Lernen setzen, während die andere diese Lernform künftig nur noch ausnahmsweise in solchen Klassen einsetzen wolle, die die erforderlichen sozialen und emotionalen Voraussetzungen bereits weitgehend mitbrächten, sich in dieser Hinsicht also schon weit entwickelt zeigten.

Sowohl in den regelmäßigen begleitenden Interviews mit den Lehrerinnen als auch in den von uns analysierten Unterrichtsstunden rekonstruierten wir das Phänomen des *instruktivistischen Reflexes*. Obgleich kooperative Unterrichtsmaterialien in sich spielerische methodische Elemente enthalten, mittels derer die Schüler*innen die Sachangemessenheit ihrer Lösungen

selbst kontrollieren können, bauten die Lehrerinnen immer wieder (oft gegen ihren Willen) frontale Kontrollphasen in den Unterricht ein. Zudem trat eine deutliche *Formorientierung* zutage, d.h. ein primär auf die formale Struktur der Sprache (insbesondere Grammatik) anstatt auf inhaltliche Kommunikation fokussierender Englischunterricht. Beide Phänomene zeigten sich gebündelt in dem, was wir schließlich die *Durchprozessierungslogik* des gymnasialen Englischunterrichts nannten – mit dem Englischlehrwerk als Taktgeber.

Vor allem Silke Borg hat dieses Phänomen in den begleitenden Interviews sprachlich dicht beschrieben und uns, den Forschenden, dazu verholfen, dessen Logik zu entschlüsseln. Demnach macht das Lehrbuch Geschwindigkeitsunterschiede im Unterrichten sowie korrespondierende Leistungsunterschiede zwischen Parallelklassen für Lehrerinnen, Schüler*innen und Eltern sichtbar, es ermöglicht Vergleiche und erzeugt so einen Druck in Richtung eines risikoarmen, stromlinienförmigen, auf verobjektivierbare Prüfungsinhalte abzielenden Englischunterrichts. Die zum Teil relativ zeitaufwendigen kooperativen Lernmethoden wirken demgegenüber als retardierendes Moment. Silke Borg entdeckt diese *Durchprozessierungslogik* als ihr „ganz subjektives Gefühl" in sich selbst. Sie entdeckt zu ihrer eigenen Bestürzung, dass ihr diese Logik nicht äußerlich ist, sie nicht primär durch behördliche Vorgaben erzwungen wird, sondern dass sie diese vielmehr selbst durch ihre eigene Praxis permanent perpetuiert. Das ist Silke Borgs im Projekt erzielter Reflexionsgewinn. Auszusteigen aus dieser Logik vermag sie nicht – mit der Konsequenz, dass sie Kooperatives Lernen künftig nur noch verhalten und eingeschränkt praktizieren wolle. Auf der anderen Seite gelangt Yvonne Kuse zu einer veränderten Praxis; sie gewinnt für sich selbst in dem Maße Autonomie und Freiheitsgrade, wie sie selbst diese für ihre Schüler*innen zu erreichen sucht.

Diese auffallenden Differenzen in der Entwicklung zweier Lehrerinnen, die an sehr ähnlichen Ausgangspunkten starten, sind erklärungsbedürftig. Sie sind nur zu einem kleinen Teil durch Differenzen im Bereich expliziter Wissensbestände erklärbar, zu denen auch explizierbares fachliches, fachdidaktisches und allgemein methodisches Wissen (etwa über Kooperatives Lernen) gehört. Zur Erklärung bedarf es vielmehr des Rückgriffs auf implizite, inkorporierte bzw. habitualisierte Wissensbestände. In den beiden Fällen dokumentiert sich eine Grunddichotomie, die gedanklich bereits mitten in den strukturtheoretischen Ansatz hineinführt. Es geht um das Spannungsverhältnis zweier Funktionen von Schule als Institution. Helmut Fend (2008) spricht von *Enkulturation* auf der einen, von *Allokation* auf der anderen Seite. Ich möchte etwas pointierter von der *Bildungs-* und der *Bewertungsfunktion* der Schule sprechen.[1]

[1] Die Funktion der *Enkulturation* bezeichnet auf Seiten der Gesellschaft die „Reproduktion grundlegender kultureller Fertigkeiten und kultureller Verständnisformen der Welt und der Person" (ebd., S. 49), während es in der Perspektive ihrer individuellen Bedeutsamkeit um „kulturelle Teilhabe und kulturelle Identität" geht. (ebd., S. 51). In Bonnet & Hericks (2020) sprechen wir von der Orientierung an *biographisch relevanter Sinnkonstruktion und Autonomie*, kurz: an *Sinn und Autonomie*.
Allokation bezieht sich auf die Vergabe formaler Berechtigungen zum Eintritt in nachfolgende (betriebliche, schulische oder hochschulische) Bildungsgänge, die an Nachweise der vollzogenen Aneignung relevanter Wissensbestände geknüpft werden, d.h. dem Anspruch nach (aber gegen die empirische Evidenz) dem meritokratischen Prinzip folgen. Darüber hinaus postuliert Fend zwei weitere Funktionen von Schule, nämlich die *Qualifikations-* und die *Integrationsfunktion*, die im argumentativen Zusammenhang dieses Beitrags von untergeordneter Bedeutung sind.

Bildung hat dabei stets ein doppeltes Moment: In Bildungsprozessen geht es um die Auseinandersetzung mit Wissen, das in einer Gesellschaft als bedeutsam gilt, jedoch so, dass sich in dieser Auseinandersetzung klärt, inwieweit es auch für das Subjekt selbst bedeutsam werden kann. Seit Humboldt wird Bildung immer in dieser doppelten Struktur gedacht: Selbstverwirklichung in der Auseinandersetzung mit dem Anderen, dem Nicht-Ich, dem Fremden, das mir von außen entgegenkommt. Bildungsprozesse berühren das Welt- und Selbstverhältnis von Menschen, führen zu deren Irritation und ggf. zu deren Transformation (vgl. Koller, 2012).

Die Bildungsfunktion der Schule bricht sich an deren Bewertungsfunktion. Das Beispiel von Silke Borg und Yvonne Kuse zeigt, dass die Funktionen der Bildung und der Allokation, die sich in makrosoziologischer Perspektive harmonisch ergänzen, auf der Ebene des Unterrichts zu widersprüchlichen oder unklaren Handlungsanforderungen führen können. In unserem Projekt haben wir in buchstäblich jeder beobachteten Unterrichtsstunde am Anfang und am Ende und immer wieder zwischendurch einen Bezug auf bereits absolvierte oder bevorstehende Prüfungen gefunden. Die Allokations- und Bewertungsfunktion impliziert eine Orientierung an Zeiteffektivität und Standardisierbarkeit, die auf die Inhalte des Unterrichts selbst zurückwirkt, insofern sie die Herstellung verobjektivierbarer Prüfungsinhalte erzwingt. Als solche eignen sich (wie beschrieben) formbezogene Inhalte wie Grammatik, kleinteilige Versatzstücke expliziten Wissens, einfache zweisprachige Wortgleichungen und testbare Teilfertigkeiten, wie z. B. Hör- oder Leseverstehen am besten. Die Orientierung an kommunikativen Kompetenzen, interkulturellem Lernen, biographischen Sinnkonstruktionen würde hingegen anspruchsvolle Unterrichtsinhalte mit Bedeutungsüberschuss und die ggf. zeitintensive Auseinandersetzung mit diesen erfordern. Damit komme ich zum strukturtheoretischen Ansatz.

Der strukturtheoretische Ansatz zur Professionsforschung zum Lehrberuf

Der strukturtheoretische Ansatz zur Professionsforschung zum Lehrberuf geht wesentlich auf einige grundlagen- und gegenstandstheoretische Beiträge des Soziologen Ulrich Oevermann zurück (Oevermann, 1991; 1996; 2002). Er wurde vor allem von Werner Helsper (1996; 2001; 2014; 2021) weiter ausgearbeitet und um das Konzept der antinomischen Handlungsstruktur erweitert. Ich wähle in diesem Beitrag einen eigenen gedanklichen Zugang, der sich in gewisser Weise von Oevermanns Argumentationsgang unterscheidet. Ich werde diese Abweichungen jeweils kenntlich machen.

In Abgrenzung zu klassischen kriterienbasierten Modellen zur Bestimmung von Professionen (zu solchen Kriterien gehören zum Beispiel die Arbeit an zentralen gesellschaftlichen Werten, die Existenz institutionell abgesicherter autonomer Standesorganisationen, ein hoher Grad an Autonomie in der Berufsausübung) nimmt der strukturtheoretische Ansatz seinen Ausgangspunkt bei der Frage, mit welchen typischen Handlungsproblemen auf einer tiefliegenden (eben: strukturellen) Ebene es Professionen im Gegensatz zu ‚normalen' Berufen zu tun haben. Dabei treten drei Aspekte bzw. Konzepte treten in den Vordergrund, die ich im Folgenden genauer beleuchten möchte. Es handelt sich (1) um das Konzept der *Krise*, (2) der *Antinomien* sowie (3) um die *Nicht-Standardisierbarkeit* des beruflichen Handelns und einer daraus resultierenden *Ungewissheit.*

(1) Professionalisiertes Handeln als stellvertretende Krisenbewältigung

Professionen im Allgemeinen werden in den Worten der britischen Professionsforscherin Julia Evetts als „strukturelle, berufliche und institutionelle Arrangements zur Arbeitsorganisation beim Umgang mit Unsicherheiten des Lebens in modernen Risikogesellschaften“ betrachtet (Evetts, 2003, S. 397, hier zitiert nach Terhart, 2011, S. 204). Professionelle haben es mit Krisen- oder Umbruchsituationen zu tun; sie beginnen ihre eigentliche Arbeit in dem Moment, da ihre Adressaten in eine Krise geraten sind, die sie alleine nicht lösen können. In solchen Situationen verfügen Professionelle über ein ‚lizensiertes Eingriffsrecht‘ (Radtke 1998) in die personale Integrität anderer Menschen, das ethisch darin gerechtfertigt ist, dass sie ihre Klienten bei der Bearbeitung ihrer Krisen unterstützen. Genauer zielt der strukturtheoretische Zugang darauf ab, die „Typik der Handlungsprobleme“ (Oevermann 2002, 22) von Professionen allgemein zu bestimmen. Diese bestünden darin, „dass Professionen sich darauf gründen, stellvertretend für Laien, d. h. für die primäre Lebenspraxis, deren Krisen zu bewältigen“ (ebd., 23; vgl. Helsper 2021, 103 f.).

Dieser Fokus auf *Krisen* ist durchaus überraschend. Er impliziert mit Blick auf den Lehrberuf eine gewisse Dramatik. Die Strukturtheorie spricht von Krisen, Umbruchsituationen, Irritationen, Riskanz, Unwägbarkeit und Offenheit des beruflichen Handelns von Lehrpersonen, wo etwa der kompetenztheoretische Ansatz Begriffe wie adaptive Unterstützung, kognitive Aktivierung, kumulativer Wissensaufbau, effiziente Klassenführung verwendet. Warum diese Dramatik? Hierzu ist zu sagen, dass der Krisenbegriff in der symbolisch-interaktionistischen Grundlagentheorie des strukturtheoretischen Ansatzes nicht negativ konnotiert ist. Eine Krise ist konzeptuell zunächst nicht mehr als eine (oft ganz harmlose) Störung oder Unterbrechung im reibungslosen Funktionieren einer Interaktions- oder Handlungspraxis; eine Störung, die ein Innehalten erfordert, einen Neuansatz, einen Moment der Reflexion. Interessant ist, dass oft genau in solchen Momenten etwas Neues entsteht, die Interaktionspraxis etwa einen neuen, unerwarteten, originellen Verlauf nimmt. In einem weitergehenden Sinne werden Krisen deshalb als systematischer Strukturort der Entstehung des Neuen verstanden (Oevermann, 1991). In der Bearbeitung von Krisen entsteht das biographisch, wissenschaftlich oder gesellschaftlich Neue – und Professionen sind Berufe, die genau an solchen Erneuerungsstellen einer Gesellschaft ihren Ort haben. Oevermann drückt dies sehr pointiert so aus:

„Der Pädagoge ist also der Strukturlogik seines Handelns nach Geburtshelfer im Prozess der Erzeugung des Neuen und nicht umgekehrt, wie im Nürnberger Trichtermodell, Agentur der Anpassung des neuen Lebens an das alte Wissen und die alten Normen.“ (Oevermann, 2002, S. 35; Hervorhebung im Original)

In diesem Sinne hat auch der Lehrberuf an einer entscheidenden Sollbruchstelle einer Gesellschaft seinen strukturellen Ort. „Bildungsprozesse sind Sollbruchstellen in der Weitergabe einer Kultur“, schreibt der Erziehungswissenschaftler Helmut Peukert (1998, S. 17). An der Frage, ob und in welchem Maße es gelingt, die Angehörigen der nachwachsenden Generation für das wissenschaftlich verbürgte Wissen einer Gesellschaft (also für anspruchsvolle Inhalte) aufzuschließen, sodass diese es zu beurteilen und eigenständig weiterzuführen vermögen, entscheidet sich die Zukunftsfähigkeit einer Gesellschaft. Angesichts einer massiven Zunahme an pseudowissenschaftlichem Wissen, an Verschwörungstheorien, an Fake News, müsste man sogar sagen: An der Frage der Urteilsfähigkeit der nachwachsenden Generation in Bezug auf wissenschaftliches Wissen (im

Gegensatz etwa zu pseudowissenschaftlichem Wissen) entscheidet sich die Demokratiefähigkeit einer Gesellschaft. Wenn die Strukturtheorie ihren Fokus also auf Krisen legt, spricht daraus eine hohe Wertschätzung, ein großer Respekt vor der Bedeutung eben dieses Berufes.

Oevermann (2002) fokussiert allerdings nicht direkt auf gesellschaftliche Krisen, sondern auf die stellvertretende Krisenbewältigung, die Lehrpersonen für Kinder und Jugendliche, genauer: für sie und ihre Familien als primäre sozialisatorische Interaktionssysteme leisten.[2] Das wirft die weitergehende Frage auf, mit welchem Typus von Krisen es Lehrpersonen konkret zu tun haben. Kinder und Jugendliche suchen die Schule ja nicht wegen manifester Krisen, sondern aufgrund der bestehenden Schulpflicht auf.[3] Zu unterrichten ist folglich keine Antwort auf bestehende Krisen. Es ist ein prophylaktisches, Krisen vorbeugendes, auf Zukunft hin ausgerichtetes Handeln. Das wird sofort klar, wenn man sich die biographischen Folgewirkungen einer missglückten Schullaufbahn vor Augen stellt. Dass man an Schule scheitern kann, liegt wiederum an ihrer Doppelfunktion aus Bildung und Allokation. Die Berechtigung zum Eintritt in nachfolgende Bildungsgänge ist in der Schule durchgängig an das erfolgreiche Absolvieren von Prüfungen gebunden. Vor diesem Hintergrund kommt Lehrpersonen die Aufgabe eines prophylaktischen Handelns im Sinne einer *Krisenprävention* zu. Oevermann selbst bindet den Aspekt der Krisenprävention darüber hinaus an die besondere Struktur der zwischen Lehrperson und Schüler*innen im Zuge der schulischen Vermittlungstätigkeit notwendig sich entwickelnden Beziehung.[4] Lehrpersonen können ihren Kernauftrag, die Vermittlung gesellschaftlich und potenziell biographisch bedeutsamen Wissens, nur im Rahmen einer Beziehungspraxis erfüllen. Diese ist strukturell ‚eigentlich' als eine Beziehung zwischen Rollenträgern angelegt, was die darin involvierten Personen vor professionsethisch nicht legitimierter Übergriffigkeit schützt. Dies ist wiederum entscheidend dafür, dass die im pädagogischen Handeln zu sichernde (künftige) Autonomie der (heutigen) Kinder und Jugendlichen nicht durch die Struktur der Beziehung selbst beschädigt wird. Die Lehrer-Schüler*innen-Beziehung wird aber immer wieder in Richtung einer ‚ganzheitlichen' Beziehung, ähnlich der zwischen Mitgliedern derselben Familie, durchbrochen. Hierfür gibt es drei Gründe: *Erstens* tragen die Schüler*innen je jünger umso mehr Nähewünsche an die Lehrperson heran, was einfach daran liegt, dass sie das Konzept einer rollenförmigen Beziehung aus der primären Sozialisation in der Familie heraus noch nicht kennen und es erst noch lernen müssen. *Zweitens* erfordert die Struktur von Bildungsprozessen partiell die Adressierung von Schüler*innen als ‚ganze Personen' (siehe unten). *Drittens,* und das ist der eigentlich problematische Punkt, können auch seitens der Lehrpersonen (ggf. unbewusste) Nähewünsche gegenüber den Schüler*innen virulent werden, die jene zum Beispiel im Sinne einer „ganzheitlichen Gefährtenschaft" auszuleben versuchen (Hericks, 2006, S. 382). Das ist keine Petitesse. Denn faktisch können solche Versuche, die strukturelle Asymmetrie der

[2] „Die stellvertretende Sozialisationsleistung durch die Pädagogik setzt vor allem dort ein, wo aufgrund der kumulativen gesellschaftlichen Wissensentwicklung die normale Familie […] die Transmission dieses Wissens nicht mehr gewährleisten kann und sie an didaktische Experten delegieren muss." (Oevermann, 2002, S. 37)

[3] Oevermann (1996; 2002) sieht in der Schulpflicht sogar den Grund, warum der Lehrberuf zwar professionalisierungsbedürftig ist, sich in seiner historischen Entwicklung aber faktisch nicht professionalisiert hat. Dieser Linie der Oevermannschen Argumentation folge ich in diesem Beitrag nicht.

[4] Es handelt sich um die in der Rezeption des strukturtheoretischen Ansatzes oft missverstandene prophylaktisch-therapeutische Funktion des Lehrberufs. Wichtig ist in diesem Zusammenhang der Begriff „prophylaktisch". Oevermann sagt ausdrücklich, dass der Lehrberuf keine manifest therapeutische Funktion habe.

Lehrer-Schüler*innen-Beziehung quasi ‚kameradschaftlich' zu unterlaufen (auch wenn sie nicht in strafrechtlich relevanten Missbrauch enden) mit verdeckten Formen von Machtmissbrauch und Beschämung von Schüler*innen einhergehen, die, weil sie außerhalb der Rollenförmigkeit verbleiben, nur schwer metakommunikativ eingeholt werden können.[5] Die besondere Herausforderung des Lehrberufs besteht nun darin, dass die professionellen Akteur*innen nicht allein um die potenziell prekäre Beziehungsstruktur zu ihrer Klientel wissen und die eigenen Verstrickungen darin kontrollieren können sollten (das müssen Therapeuten auch), sondern darüber hinaus noch innerhalb und vermittels dieser Struktur ihrem eigentlichen Kernauftrag nachkommen müssen, nämlich gesellschaftlich bedeutsames und fachlich anspruchsvolles Wissen in den Horizont einer biographischen Bedeutsamkeit zu rücken und darauf bezogene Bewertungen vorzunehmen (das müssen Therapeuten nicht).

Dabei sind Bildungsprozesse, das sei hier noch einmal betont, bereits unabhängig vom Problem der Beziehungsstruktur und der Bewertung in sich potenziell krisenhafte Prozesse. Fachliche Verstehens- und Bildungsprozesse rühren an sensible Tiefenschichten von Personen. Dies gilt, weil in Bildungsprozessen das Verhältnis zur Welt, zu anderen Menschen und zu sich selbst in Frage gestellt wird (Koller, 2012). Fachliche Gegenstände (insbesondere naturwissenschaftliche) können irritierende Zumutungen und Erfahrungen darstellen – das gilt schon für die Newtonsche Mechanik, erst recht für die Quantenphysik. Bildungsprozesse sind Weichenstellungen in Biografien von Menschen und es können (wie ein Blick in die Geschichte lehrt) zugleich Weichenstellungen in der Gesellschaft und der Wissenschaft sein. Lehrpersonen sind, so gesehen, nicht allein krisen*vorbeugend* oder krisen*bewältigend* tätig (wie Ärzte und Juristen), sondern (anders als Ärzte und Juristen) zuallererst auch krisen*auslösend*. (Lehrer helfen Probleme zu lösen, die man ohne sie gar nicht hätte – diese manchmal zu hörende Ironie über den Lehrberuf trifft professionstheoretisch betrachtet ins Schwarze.). Diese Herausforderung, in einer potenziell prekären Beziehungsstruktur zugleich krisenvorbeugend, -bewältigend und -auslösend zu agieren, bedarf der Professionalisierung; sie macht den Lehrberuf zu einer gegenüber den klassischen Professionen eigenständigen (pädagogischen) Profession – mit besonderen Ansprüchen an deren Angehörige (vgl. Bonnet & Hericks 2014, S. 5; Hericks, 2015). In der Perspektive der Strukturtheorie folgt hieraus die von Oevermann (2002) so genannte *Professionalisierungsbedürftigkeit* des beruflichen Handelns von Lehrpersonen.[6]

Die antinomische Struktur des beruflichen Handelns von Lehrpersonen

Damit komme ich zum zweiten Aspekt, der antinomischen Handlungsstruktur des Lehrberufs. *Antinomien* bezeichnen polare Handlungsanforderungen, die beide gleichermaßen geboten, zugleich aber wechselseitig widersprüchlich sind. Antinomien haben eine typische *Einerseits-andererseits-Struktur*. Die Notwendigkeit, in der Anregung von Bildungsprozessen *Nähe und Distanz* auszubalancieren (der oben nur angedeutete zweite Grund für eine notwendige

[5] Vgl. hierzu die Gruppendiskussion mit einer Gruppe vornehmlich männlicher Gymnasiallehrer in der Studie von Bressler (2022).

[6] Der Begriff der *Professionalisierungsbedürftigkeit* ist missverständlich, weil er dem Lehrberuf einen bestimmten Mangel, eben eine Bedürftigkeit zu unterstellen scheint. Das Gegenteil ist der Fall. Die strukturell angelegte Doppelaufgabe der Krisenauslösung und stellvertretenden Krisenbewältigung betont den besonderen Anspruch, den dieser Beruf an die Professionellen stellt. Man sollte alternativ vielleicht besser von *Professionalisierungsnotwendigkeit* oder einem *Professionalisierungspotenzial* des Lehrberufs sprechen, die bzw. das individuell gewendet zugleich für jede einzelne Lehrperson gilt.

temporäre Durchbrechung der Rollenförmigkeit der Lehrer-Schüler-Beziehung), ist ein Beispiel einer solchen Antinomie. Der Kernauftrag von Lehrpersonen erfordert es *einerseits*, gesellschaftlich bedeutsame Wissensbestände so zu vermitteln, dass sie subjektiv bildungswirksam werden können, was notwendigerweise immer auch ein ‚Einlassen' auf die ‚ganze Person' des anderen (mit ihren Fragen, Zweifeln, Widerständen), d.h. eine bestimmte Form der *Nähe* voraussetzt. *Andererseits* steht diese strukturelle Notwendigkeit von Nähe immer in der Gefahr, missbräuchlich gegen die Schüler*innen als die schwächeren Partner im pädagogischen Arbeitsbündnis gewendet zu werden, was nur durch eine die Rollenförmigkeit der Beziehung strikt wahrende *Distanz* sicher zu vermeiden wäre.

Werner Helsper hat eine ganze Reihe weiterer solcher Antinomien empirisch rekonstruiert, theoretisch begründet und systematisiert (vgl. z. B. Helsper, 2001). Auf einer *ersten Ebene* verortet er Antinomien, die für jede interaktive soziale Praxis konstitutiv sind. Ein interessantes Beispiel hierfür ist die *Vertrauensantinomie*. Eine interaktive Praxis bedarf demnach *einerseits* immer eines Vorschusses an Vertrauen, um überhaupt in Gang zu kommen. *Andererseits* wird das notwendige Vertrauen zuallererst in der Interaktion selbst hergestellt. In jeder interaktiven Praxis hat man es daher stets mit einem Spannungsverhältnis zwischen ‚gesundem' Misstrauen und notwendigem Vertrauensvorschuss zu tun.

Auf einer *zweiten Ebene* identifiziert Helsper Antinomien, die speziell für organisationales pädagogisches Handelns, insbesondere das berufliche Handeln von Lehrpersonen konstitutiv sind. Für dieses Handeln besteht ein grundlegendes Spannungsverhältnis zwischen *einerseits* den universalistischen Ansprüchen der Schule, speziell der unterrichtlichen Sache und des daran geknüpften Bewertungshandelns, sowie *andererseits* den partikularistischen Besonderheiten der einzelnen Schüler*innen in Bezug auf Lebenswelt, Milieueinbindung, Entwicklungsstand o. ä. Ein Beispiel für eine Antinomie der zweiten Ebene ist die schon genannte Antinomie von *Nähe und Distanz*. Ein weiteres ist die Antinomie von *Interaktion und Organisation.* Diese nimmt das oben bereits beschriebene Spannungsverhältnis zwischen *einerseits* den Ansprüchen eines auf Verstehen und Bildung gerichteten Unterrichts und *andererseits* den äußeren Zeittakten einer auf Prüfungen ausgerichteten Organisation auf. Ein anderes Beispiel ist die *Sachantinomie*. Lehrpersonen sind demnach *einerseits* an die inhaltlichen Ansprüche der Sache gebunden, die im Vermittlungsprozess nicht beliebig unterlaufen werden können. *Andererseits* aber kann die Sache nur vermittelt werden, wenn Lehrpersonen um die lebensweltlichen Vorstellungen, Sinnkonstruktionen, Verstehenshindernisse der einzelnen Schüler*innen wissen und diesen (bisweilen durchaus auf Kosten der scheinbar objektiven Sache) in der Vermittlung Rechnung tragen. Damit komme ich zum dritten Aspekt.

Pädagogisches Handeln unter dem Verdikt von Ungewissheit

Im strukturtheoretischen Zugang bemisst sich die Professionalisiertheit von Lehrpersonen darin, angesichts widersprüchlicher Anforderungen immer wieder situativ begründete Handlungsentscheidungen für die eine oder andere Seite treffen zu können. Solche Entscheidungen sind riskante und ungewisse Akte, insofern im Moment der Entscheidung die situationsbestimmenden Faktoren weder vollständig bekannt sind noch ihre Folgewirkungen verlässlich abgeschätzt werden können. Das berufliche Handeln von Lehrpersonen ist daher nicht vollständig standardisierbar und steht folglich unter dem Verdikt von *Ungewissheit*. In

Auseinandersetzung mit der strukturtheoretischen Position sehe ich diese Ungewissheit auf mehreren Ebenen angesiedelt (vgl. Bonnet & Hericks, 2022):

(a) Ungewissheit resultiert zunächst basal aus der Tatsache, dass Lehrpersonen ihre beruflichen Ziele (die Vermittlung von Wissen, Werten und Normen), wie schon dargelegt, nur im Zuge einer Interaktionspraxis mit ihren Schüler*innen erreichen können. Die hier thematische Form von Ungewissheit wird in der systemtheoretischen Konzeptualisierung des Unterrichts unter den Begriffen der *doppelten Kontingenz* und des *Technologiedefizits* diskutiert. Gemeint ist der Umstand, dass sich die Akteur*innen wechselseitig nicht in die Köpfe schauen können und reale Interaktionen bereits nach wenigen ‚Zügen' so viele potenzielle Anschlussmöglichkeiten öffnen, dass ihr Verlauf technologisch nicht antizipiert und eine Zurechnung auf Handlungserfolg nicht eindeutig hergestellt werden kann. Es handelt sich um eine für alle, also nicht nur für schulische Interaktionen *konstitutive Form von Ungewissheit.* Diese Form der Ungewissheit wird im realen Unterricht zumeist über das IRE-Schema (*initiation – response – evaluation*), d.h. dem fragend-entwickelnden Unterrichtsskript mit allen seinen bekannten Problemen zu bearbeiten versucht (vgl. Mehan, 1979; Mortimer & Scott, 2003; Meseth, Proske & Radtke, 2011).

(b) Eine weitere Quelle von Ungewissheit ist die Tatsache, dass die Bedeutung der im Unterricht behandelten ‚Sache' nicht von vornherein feststeht (auch wenn Lehrpersonen dies gerne ‚glauben'). Gerade bei anspruchsvollen Inhalten mit Bedeutungsüberschuss kristallisieren sich oft erst im interaktiven Zusammenspiel der Akteur*innen je bestimmte (bisweilen unerwartete) Aspekte der Sache als geteilte Bedeutung heraus.[7] Ich spreche von *didaktischer Ungewissheit.* Dieser Typ von Ungewissheit wird oft über eine Begrenzung des Unterrichts auf deklaratives Merksatzwissen mit geringem Emergenzpotenzial einzuhegen versucht. Wir sehen diese Bearbeitungsform auch im Englischunterricht von Silke Borg und Ivonne Kuse realisiert.

(c) Eine dritte Form der Ungewissheit entsteht dadurch, dass Lehrpersonen nicht verlässlich wissen können, in welche je konkreten Situationen der einzelnen Schüler*innen die ‚Sache' des Unterrichts jeweils trifft, was also deren Aneignungsprozesse akut prägt. Darüber hinaus können Lehrpersonen erst recht nicht wissen, welche Bedeutung die Lernenden der ‚Sache' jetzt und in künftigen, grundsätzlich nicht antizipierbaren Lebenssituationen zuerkennen, was die Personen also jetzt und in Zukunft mit dem Wissen ‚machen' und umgekehrt das Wissen mit den Personen ‚macht' (*bildungstheoretische Ungewissheit*; vgl. Hericks, 2004, S. 194). Eine Bearbeitungsform dieses Typs von Ungewissheit ist die einseitige Ausrichtung des Unterrichts auf fachsystematische Begründungszusammenhänge und die Ausblendung individueller Anschlüsse (die Handhabung der Antinomie von Sache und Person wird dabei in Richtung des ‚Sachepols' vereinseitigt).

(d) Ungewissheit entsteht schließlich auch dadurch, dass der Geltungsanspruch des zu vermittelnden Wissens keinesfalls sicher ist. Fachwissen ist immer auch Produkt einer

[7] „In dieser Phase ergeben sich vielfältige und unerwartete Interaktionsbezüge, auf die ohne viel Besinnungszeit zu antworten ist. Im Ablauf der Interaktionen bilden sich Bedeutungen aus und wandeln sich. Vor allem das unmittelbare Einbezogensein in den aktuellen Handlungsprozeß hat zur Folge, daß sich diese interaktiv-prozeßhafte Aufschichtung von thematischen Bedeutungen kaum im Prozeß selbst, allenfalls in der Rückschau verständlich machen und vergegenwärtigen läßt" (Combe, 1997, S. 11).

„doppelten organisationalen Überformung“ (Bonnet, 2020, S. 28 ff.) der Organisation, in der es entstanden ist (Universität), und der Organisation, in der es zum Gegenstand von Vermittlung wird (Schule). Es ist Produkt diskursiver Aushandlungsprozesse und steht unter dem Verdikt grundsätzlicher Revidierbarkeit. Es transportiert implizite erkenntnistheoretische, organisationsbezogene und fachkulturelle Vorentscheidungen, die in der Regel nicht mitkommuniziert werden, die Aneignung des Wissens aber quasi hinter dem Rücken der Lehrperson mit beeinflussen. Bonnet und Hericks (2022) fassen dies unter dem Begriff der *epistemologischen Ungewissheit.*

Durch diese drei Aspekte – stellvertretende Krisenbearbeitung (vorbeugend, bewältigend, auslösend), Antinomien und Ungewissheit – ist die Handlungsstruktur des Lehrberufs in strukturtheoretischer Perspektive gekennzeichnet. Es ist gleichsam der Extrakt dessen, was man findet, wenn man die berufliche Tätigkeit von Lehrpersonen auf ihren Kern zurückführt. Überspitzt gesagt, beschreibt der strukturtheoretische Ansatz das, was vom beruflichen Handeln von Lehrpersonen übrigbleibt, wenn man von eben diesen Personen vollständig abstrahiert; er ist eine Professionstheorie, keine Professionalisierungstheorie. Interessiert man sich für die Frage, was die Handlungsstruktur mit den Lehrpersonen selbst macht und was umgekehrt diese mit der Struktur machen, bedarf es einer komplementären Perspektive, die die suspendierte Person des Lehrers*der Lehrerin zumindest partiell wieder einführt.

Der „Lehrerhabitus“ als verinnerlichte Handlungsstruktur des Lehrberufs

Auch wenn die Strukturtheorie keine Professionalisierungstheorie ist, verfügt sie mit dem *Habitus* dennoch über ein zwischen Struktur und Person vermittelndes Konzept. Der Begriff bezeichnet verinnerlichte (genauer: inkorporierte) *„Wahrnehmungs-, Denk- und Handlungsschemata“* (Bourdieu, 1987, S. 101), die im wiederholten routinierten Vollzug bestimmter Praktiken sich bilden und so beschaffen sind, dass sie eben diese Praktiken (ohne reflexive Zwischenelemente) fluide und routiniert immer wieder hervorbringen. Der Habitus ist eine, wie Bourdieu es ausdrückt, durch vorgängige Praktiken und Vorstellungen *strukturierte Struktur*, die wie geschaffen ist, im Sinne einer *strukturierenden Struktur* eben jene Praktiken und Vorstellungen, die ihn erzeugt haben, fluide und routiniert immer wieder hervorzubringen (vgl. ebd., S. 98 f.).

In diesem Sinne induziert die besondere Handlungsstruktur des Lehrberufs bestimmte typische *„Lehrerhabitus“* (Helsper, 2018; 2019). Sie sind als ein kollektives Phänomen zu denken, an dem alle Lehrpersonen qua Zugehörigkeit zu diesem Beruf partizipieren. So dürfte etwa die in unserem Projekt immer wieder wie selbstverständlich beobachtbare korrektheitsorientierte Formorientierung auf der Inhaltsebene des Englischunterrichts Ausdruck eines Lehrerhabitus sein (Bonnet & Hericks, 2020). Unser Projekt bringt das normalerweise fehlende reflexive Element ins Spiel und wirkt in diesem Sinne für einen Moment wie Sand im Getriebe. Silke Borg hält inne, sie entdeckt die „Durchprozessierungslogik“ in sich selbst – macht dann aber weiter.

Zugleich sieht Helsper (2018; 2019) die Lehrerhabitus in typischen *„Schülerhabitus“* der eigenen Schulzeit von Lehrpersonen quasi vorgeschattet – wie umgekehrt die einstigen Schülerhabitus in späteren Lehrerhabitus fortwirken. Auf Grundlage der Studien von Kramer et al. (2009; 2013) und Helsper et al. (2018; 2020) lassen sich grob drei idealtypische Grundformen von Schülerhabitus unterscheiden:

- Die *erste Grundform* ist ein Schülerhabitus, der sich positiv auf das Bildungsversprechen der Schule bezieht, also die Schule als einen Ort wahrnimmt, der biographisch relevante Sinnkonstruktionen, Freundschaftsbeziehungen, Möglichkeiten der Selbstpräsentation u.a. ermöglicht.

- Die *zweite Grundform* beschreibt einen Schülerhabitus, der primär an die Bewertungsfunktion von Schule anknüpft, also den eigenen Einsatz für die Schule vor allem unter Notengesichtspunkten strategisch kalkuliert.

- Die ersten beiden Grundformen eines Schülerhabitus beziehen sich in einer Weise auf Schule, die dieser eine wichtige Bedeutung für die eigene Entwicklung zuschreibt (auch wenn dies ein temporäres Leiden an Schule nicht ausschließt). Sie verweisen dabei bereits auf die Doppelstruktur der Schule als Bildungs- und Allokationsinstanz. Für die *dritte Grundform*, den Habitus der Bildungsfremdheit, gilt dies nicht. Vertreter dieses Habitus bleiben in der Schule ihr Leben lang Fremde und erleiden sie durchgängig mehr als dass sie von ihr profitieren könnten. Dieser Typus kann indes aus der weiteren Betrachtung ausgeklammert werden, weil Vertreter dieser Gruppe nur selten bis zur Hochschulreife gelangen und dementsprechend auch nicht Lehrer oder Lehrerin werden.

Helsper (2018; 2019) beschreibt die Entwicklung des Lehrerhabitus als einen komplexen Prozess im Zusammenspiel von Herkunftshabitus, Schülerhabitus sowie dem in der Gesamtbiographie „eigen erworbenen Habitus“.[8] Der in diesem Sinne als „strukturierte Struktur“ (Bourdieu, 1987, 98 f.) verstandene künftige Lehrerhabitus formt sich demnach bereits via Schülerhabitus an der Doppelstruktur der Schule aus, lange bevor die Entscheidung zum Lehrberuf gefallen ist. Es fehlt aber gewissermaßen die umgekehrte Richtung, nämlich die Dimension der „strukturierenden Struktur“ des Habitus, d.h. die Frage, wie Lehrpersonen auf der Grundlage ihrer sozialen Herkunft und biographischen Erfahrungen selbst die Struktur der Schule mitprägen. An dieser Stelle setzen der berufsbiographische (Hericks, Keller-Schneider & Bonnet, 2018) und darüber hinaus der praxeologisch-wissenssoziologische Zugang (Bohnsack, 2017; 2020; Bohnsack, Bonnet & Hericks, 2022) an und ziehen den strukturtheoretischen Entwurf professionalisierungstheoretisch weiter aus. Zur Illustration dieser Perspektive greife ich im Folgenden wieder auf Silke Borg und Yvonne Kuse zurück.

Von beiden Lehrerinnen finden sich sprachlich dichte Interviewpassagen zu der Frage, inwieweit sie ihren Schüler*innen in für die Lehrerinnen nicht vollständig ‚einsehbaren‘ Phasen kooperativen Lernens vertrauen oder nicht. Die eine Lehrerin, Silke Borg, müsste (so ihr eigenes *Gefühl*, dem sie im Interview Sprache verleiht) die Schüler*innen selbstständig arbeiten *sehen*, bevor sie ihnen (phasenweise) Eigenständigkeit des Arbeitens zugestehen könnte. Die Lernenden können aber gar nicht selbstständig arbeiten, solange die Lehrerin sie nicht freigibt. Wir stoßen hier auf die Struktur der *Vertrauensantinomie.* Zur Auflösung des Zirkels bedürfte es, wie Silke Borg selbst zu ahnen scheint, eines vorgängigen, noch nicht durch sicher verbürgte Erfahrungen abgestützten Vertrauens, über dass sie, Silke Borg, nach

[8] Das hier sich abzeichnende Forschungsprogramm wurde mit Blick auf den Schülerhabitus von Helsper et al. (2018; 2020) und Kramer et al. (2009; 2013) in zwei Längsschnittstudien eindrucksvoll erprobt. Zur ganz großen berufsbiographischen Linie vom Schüler- zum Lehrerhabitus gibt es interessante Vorstudien (vgl. Helsper, 2019), diese sind aber bisher weitgehend ein Desiderat geblieben.

eigenem Bekunden aber nicht verfügt. Yvonne Kuse bringt dieses Vertrauen gegen ihre eigenen Zweifel hingegen auf. Sie erzählt, wie sich ihre Schüler*innen in einer kooperativen Unterrichtssequenz selbstständig die englischen Uhrzeiten beigebracht hätten, und reflektiert auf diese Begebenheit als eines einschneidenden *„eye-opener"*. Sie habe ihre Schüler*innen darin neu – nämlich deutlich selbstständiger und kompetenter als vermutet – sehen gelernt und in der Folgezeit mehr Zutrauen in entdeckende und offene Inszenierungsformen entwickelt. Diese maximale Differenz der beiden Fälle in der Gemeinsamkeit des Handlungsproblems verweist auf die Bedeutung der Gesamtbiographie der Lehrerinnen, auf die ich nun zu sprechen kommen möchte. Wie kommt es, dass die beiden Lehrerinnen in ganz ähnlichen Handlungssituationen die entgegengesetzten Pole der Vertrauensantinomie ansteuern? Bei dieser Frage geht es um die angedeutete umgekehrte Denkrichtung, es geht um den Habitus als *strukturierende Struktur*. Diese Denkrichtung berührt die Frage der Veränderbarkeit von Schule durch Lehrerbildung.

Berufsbiographische und organisationale Ressourcen

Bei Silke Borg und Yvonne Kuse liegt die Antwort auf diese Frage im komplexen Wechselspiel zwischen berufsbiographischen und organisationalen Ressourcen. Beide Lehrerinnen scheinen sich das Bildungsversprechen der Schule in unterschiedlicher Verbindlichkeit berufsbiographisch zu eigen gemacht zu haben (vgl. Bonnet & Hericks, 2020). Silke Borg hat während ihres Studiums (aber vollständig unabhängig von diesem) für längere Zeit in einer „Kulturagentur" gearbeitet. In dieser Tätigkeit hat sie eigenverantwortliches Arbeiten, eine Rhythmisierung von Belastungs- und Erholungszeiten und eine Zurechenbarkeit auf Erfolg erfahren. Diese Tätigkeit fungiert rückblickend als eine Art Sehnsuchtsort, der die biographische Realität einer *Orientierung an Sinn und Autonomie* verbürgt. Dieser Ort stellt eine biographische Ressource dar, der verhindert, dass Silke Borg sich der Normalität der Prüfungsschule vollständig ergibt – und daher zum Beispiel zur Mitinitiatorin unseres Projekts wird. Im Fallvergleich mit Yvonne Kuse wird aber deutlich, dass Silke Borg Sinn und Autonomie auch weiterhin nicht innerhalb, sondern außerhalb der Schule (an jenem imaginären Sehnsuchtsort) verortet; eine entsprechende Erwartung unterstellt sie reziprok auch ihren Schüler*innen – mit der fatalen Konsequenz, dass sie diese als kontroll- und instruktionsbedürftig behandelt und ihre Erwartung im Sinne einer *self fulfilling prophecy* bestätigt findet.

Yvonne Kuse hingegen erzählt umfassend von ihrem Studium als einer Zeit, in der sie ihren Interessen folgen, sich mit auch persönlich relevanten Inhalten auseinandersetzen und ihre Fächer Politik und Englisch (im Rahmen ihrer Abschlussarbeit) schließlich auf eine sehr individuelle Art und Weise zusammenbringen kann. Entsprechende Erwartungen setzt sie in ihrer schulischen Tätigkeit fort. Sie sucht und erwartet die Realisierung von Sinn und Autonomie nicht außerhalb, sondern innerhalb der Schule. Reziprok unterstellt sie eine entsprechende Orientierung auch ihren Schüler*innen und erlebt diese in der Folge als selbstständig kompetent Lernende. Dies führt dazu, dass für Yvonne Kuse die *Orientierung an Bildung* zu einer Dimension ihres beruflichen Habitus und damit ein selbstverständlicher Bestandteil ihrer Praxis zu werden scheint.

Beide Fälle verweisen auf die nicht entwirrbare Verwobenheit von biographischen und schulischen Erfahrungsräumen. Der berufsbiographische bzw. praxeologische Ansatz vermittelt auf diese Weise einen vertieften Blick in das Wechselspiel von Biographie und

Organisation und ihren jeweiligen Ressourcen. Dabei erweist sich eine der Münzkunde entstammende Unterscheidung der Kieler Organisationspädagogin Anja Mensching (2020) als ausgesprochen instruktiv. Insbesondere das Gymnasium kultiviert eine Orientierung an Bildung (d.h. an Sinn und Autonomie) als historisch verbürgter Möglichkeit und bezieht daraus seine Identität. Diese Orientierung stellt gleichsam die ‚Schauseite' (den Avers) der Organisation Schule dar. Ihr steht als ‚Wertseite' (als Revers) der Tauschwert schulischer Bewertungen und Abschlüsse gegenüber, der sich in der Handlungspraxis der Organisation und in der ‚Wert-Schätzung' der Akteur*innen (wie beschrieben) oft als das ‚eigentlich' antreibende und leitende Moment entpuppt.

Schüler*innen wie Lehrer*innen erleben beide Seiten von Schule, die Orientierung an Bildung und die allgegenwärtige Prüfungs- und Bewertungsorientierung. Am Fall Yvonne Kuse ist interessant, dass man an die Schauseite der Bildung offenbar anknüpfen kann, sich von ihr ‚affizieren' lassen kann (um einen weiteren Begriff von Bourdieu zu verwenden), sie habitualisieren und auf diese Weise in eine stabile Handlungspraxis überführen kann. Ein solcher Habitus kann durch anregende Erfahrungen in der Herkunftsfamilie und der eigenen Bildungsbiographie hervorgerufen, verbürgt und gefördert werden. Und er rechnet reziprok damit, dass auch andere sich von einer solchen Orientierung antreiben lassen. Deshalb kann Yvonne Kuse ihren Schüler*innen vertrauen und sie freigeben, „sie einfach mal machen lassen", wie sie im Interview sagt.

Bei Yvonne Kuse zeigen sich erste berufsbiographische Spuren dieses Habitus in einer ‚Kultur der Einlassung', einer gelassenen Neugier auf die Möglichkeiten des Studiums. Dies führt mich auf meinen letzten Teil meines Beitrags – vier abschließende Thesen zur Lehrerbildung.

Vier Abschließende Thesen zur Lehrerbildung

Explizites Wissen

Die sichere Verfügung über explizites Wissen fachwissenschaftlicher, fachdidaktischer und bildungswissenschaftlicher Art ist die Möglichkeitsbedingung zur Anregung und Gestaltung bildender Vermittlungsprozesse. Die Auswahl und Vermittlung solchen Wissens ist die selbstverständliche Aufgabe der Universität.

Implizites Wissen

Explizites Wissen allein greift im Falle des Lehrberufs aber zu kurz, weil dessen Handlungswirksamkeit sehr stark durch implizite[9], berufsbiographisch habitualisierte Wissensbestände mitbestimmt wird – etwa die habitualisierte Korrektheitsnorm von Englischlehrer*innen (vgl. Wilken, 2021). Eine gedankliche Bearbeitung der eigenen Bildungsbiographie (die daraus als Konsequenz eigentlich folgen müsste) kann seitens der Universität allerdings nicht so ohne weiteres verordnet werden. Wie Schüler*innen haben

[9] Der Begriff „implizit" bezieht sich hier auf die Art, wie das Wissens verankert ist. Implizites Wissen ist ein handlungsleitendes Wissen, das von den Akteur*innen nicht begrifflich expliziert, wohl aber z. B. in Erzählungen und Beschreibungen zur Darstellung gebracht werden kann (vgl. Bohnsack, 2017, 163). Als solches kann es von Forscher*innen rekonstruiert werden. Mit dem Begriff ist keine Wertung verbunden, d. h. jemand kann über implizites Wissen verfügen, das im Einklang mit fachdidaktischen oder professionstheoretischen Erkenntnissen steht, aber ebenso auch über solches, das jenen Erkenntnissen zuwiderläuft. Wichtig ist, dass implizites Wissen seinen Charakter als handlungsleitendes Wissen nicht schon allein dadurch verliert, dass es der Person reflexiv bewusst oder von außen mit gegenläufigem explizitem Wissen konfrontiert wird. Hierfür steht exemplarisch der Fall Silke Borg.

auch Lehramtsstudierende das Recht, in ihrer Integrität als ganze Personen geschützt zu sein. Eine Möglichkeit sind kasuistische Seminare, in denen (etwa über die Rekonstruktion von Lehrerbiographien) die „Arbeit am eigenen Fall im Sinne einer Resonanz des fremden Falles im Eigenen angestoßen werden“ kann (Helsper, 2018, S. 38).

Die Universität als Ort von Bildung und Bewertung

„Teachers teach as they were taught, not as they were taught to teach.“ Dieses Zitat von Howard Altman (1983) bezieht sich nicht, wie manchmal zu lesen ist, auf die Schulzeit angehender Lehrpersonen, sondern auf die Art und Weise der von ihnen erfahrenen Lehrerbildung. Diesbezüglich stehen wir heute ironischer Weise vor derselben Situation, wie Altman sie vor 40 Jahren beschrieben hat. In der Nachfolge von PISA wurden neue Unterrichtsformen propagiert, die den Schüler*innen Raum für eigene fachliche Sinnkonstruktionen öffnen sollen (wie z.B. Kooperatives Lernen). Zugleich wurde die prüfungsgesteuerte Standardisierung des Lehramtsstudiums stark intensiviert. Die Vermittlungs- und Bewertungspraxis der Universität konterkariert die normativen inhaltlichen Ansprüche der universitären Lehrerbildung; sie verhindert, dass diese Ansprüche Eingang in die schulische Praxis finden, weil erstere als von den Studierenden selbst erfahrene universitäre Praxis ein habitusformendes Potential hat. Es bedarf der systematischen Reflexion dieser Lehr- und Bewertungspraxis und Möglichkeiten ihrer partizipativen Mitgestaltung durch die Studierenden. Die universitäre Lehr- und Bewertungspraxis müsste folglich selbst zum Gegenstand universitärer Lehre werden.

Die Universität als Moratorium

Das Lehramtsstudium ist eine Bildungsphase eigener Dignität. Lehramtsstudierende sind weder als ehemalige Schüler*innen noch als künftige Lehrpersonen zu adressieren. Sie haben keinen Perspektivenwechsel von der einen zur anderen Seite zu vollziehen, sondern sind wie alle anderen Studierenden zuallererst dies: Studierende. Universitäre Lehrerbildung ist kein Transrapid von der Schule in die Schule, sondern Moratorium für eigene Bildungsprozesse (vgl. Hericks, Meseth & Saß, 2019). Diese These betont die Dignität fachwissenschaftlicher Wissensbestände als Bildungsanlass, nicht ihre Funktionalität für die Organisation von Unterricht und damit letztlich ihre Eignung als Prüfungsinhalt.

Wer in seinem Beruf fachliche Verstehens- und Bildungsprozesse anregen will, sollte fachliche Verstehens- und Bildungsprozesse auf einem hohen Niveau durchlaufen haben. Irritationen, Krisen, schlaflose Nächte gehören zu solchen Prozessen dazu, ebenso wie die beglückende Erfahrung eigenen Verstehens. Anders als für Hauptfachstudierende ist es für Lehramtsstudierende essentiell, die eigenen Verstehens- und Bildungskrisen reflexiv zu bearbeiten. Hierin liegt aus meiner Sicht der eigenständige professionalisierende Anspruch des Lehramtsstudiums, dem sich auch die Fachwissenschaften zu stellen haben. In diesem Sinne gilt abschließend: Nur ein *nicht* funktional mit Blick auf Schule angelegtes Studium ist ein für die Schule funktionales Studium.

Literatur

Altman, H. (1983). Training Foreign Language Teachers for Learner-centered Instruction. Deep Structures, Surface Structures, and Transformations. In J.E. Alatis, H.H. Stern & P. Strevens (Eds.), GURT ‘83. Applied Linguistics and the Preparation of Second Language Teachers. Toward a Rationale. Washington D.C.: Georgetown University Press, 19-25

Bohnsack, R. (2017). Praxeologische Wissenssoziologie. Opladen: Budrich

Bohnsack, R. (2020). Professionalisierung in praxeologischer Perspektive. Opladen: Budrich

Bohnsack, R., Bonnet, A., & Hericks, U. (2022, im Druck). Praxeologisch-wissenssoziologische Professionsforschung. Perspektiven aus Früh- und Schulpädagogik, Fachdidaktik und Sozialer Arbeit. Bad Heilbrunn: Klinkhardt

Bonnet, A. (2020). Das Verhältnis fachlicher und generischer Aspekte der Professionalität und Professionalisierung von Lehrerinnen und Lehrern – Erkenntnisse der strukturtheoretischen und berufsbiographischen Forschung. In U. Hericks, M. Keller-Schneider, W. Meseth & A. Rauschenberg (Hrsg.), Fachliche Bildung und Professionalisierung von Lehrerinnen und Lehrern. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 27-48

Bonnet, A., & Hericks, U. (2014). Professionalisierung und Deprofessionalisierung im Lehrer/innenberuf – Ansätze und Befunde aktueller empirischer Forschung. Zeitschrift für interpretative Schul- und Unterrichtsforschung, 3, 3-13

Bonnet, A., & Hericks, U. (2020). Kooperatives Lernen im Englischunterricht. Empirische Studien zur (Un-) Möglichkeit fremdsprachlicher Bildung in der Prüfungsschule. Tübingen: Narr

Bonnet, A., & Hericks, U. (2022, im Druck). Professionalisierung in Schule und Fachunterricht aus der Perspektive der Praxeologischen Wissenssoziologie. In R. Bohnsack, A. Bonnet & U. Hericks (Hrsg.), Praxeologisch-wissenssoziologische Professionsforschung. Perspektiven aus Früh- und Schulpädagogik, Fachdidaktik und Sozialer Arbeit. Bad Heilbrunn: Klinkhardt

Bourdieu, P. (1987). Sozialer Sinn. Kritik der theoretischen Vernunft. Frankfurt/M.: Suhrkamp

Bressler, C. (2022). Begegnung auf Augenhöhe? Der habitualisierte Umgang von Lehrpersonen mit der Asymmetrie pädagogischer Beziehungen (Dissertation). Universität Duisburg-Essen, Essen

Evetts, J. (2003). The sociological analysis of professionalism. Occupational change in the modern world. International Sociology, 18 (2), 395-415

Fend, H. (2008). Neue Theorie der Schule. Einführung in das Verstehen von Bildungssystemen. Wiesbaden: Springer VS

Helsper, W. (1996). Antinomien des Lehrerhandelns in modernisierten pädagogischen Kulturen. Paradoxe Verwendungsweisen von Autonomie und Selbstverantwortlichkeit. In A. Combe & W. Helsper (Hrsg.), Pädagogische Professionalität. Untersuchungen zum Typus pädagogischen Handelns. Frankfurt/M.: Suhrkamp, 521-569

Helsper, W. (2001). Antinomien des Lehrerhandelns. Anfragen an die Bildungsgangdidaktik. In U. Hericks, J. Keuffer, H.C. Kräft & I. Kunze (Hrsg.), Bildungsgangdidaktik. Perspektiven für Fachunterricht und Lehrerbildung. Opladen: Leske+Budrich, 83-103

Helsper, W. (2014). Lehrerprofessionalität. Der strukturtheoretische Professionsansatz zum Lehrerberuf. In E. Terhart, H. Bennewitz & M. Rothland (Hrsg.), Handbuch zur Forschung zum Lehrerberuf. Münster, New York, München, Berlin: Waxmann, 216-240

Helsper, W. (2018). Lehrer zwischen Herkunft, Milieu und Profession. In: A. Paseka, M. Keller-Schneider & A. Combe (Hrsg.), Ungewissheit als Herausforderung für pädagogisches Handeln. Wiesbaden: Springer VS, 105-140

Helsper, W. (2019). Vom Schüler- zum Lehrerhabitus. Reproduktions- und Transformationspfade. In R.T. Kramer & H. Pallesen (Hrsg.), Lehrerhabitus. Theoretische und empirische Beiträge zu einer Praxeologie des Lehrerhabitus. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 49-72

Helsper, W. (2021). Professionalität und Professionalisierung pädagogischen Handelns. Eine Einführung. Opladen: Budrich

Helsper, W., Dreier, L., Gibson, A., Kotzyba, K., & Niemann, M. (2018). Exklusive Gymnasien und ihre Schüler. Passungsverhältnisse zwischen institutionellem und individuellem Schülerhabitus. Wiesbaden: Springer VS

Helsper, W., Gibson, A., Kilias, W., Kotzyba, K., & Niemann, M. (2020): Veränderungen im Schülerhabitus? Die Schülerschaft exklusiver Gymnasien von der 8. Klasse bis zum Abitur. Wiesbaden: Springer VS

Hericks, U. (2004). Grundbildung, Allgemeinbildung und Fachunterricht. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 7 (2), 192-206

Hericks, U. (2006). Professionalisierung als Entwicklungsaufgabe. Rekonstruktionen zur Berufseingangsphase von Lehrerinnen und Lehrern. Wiesbaden: Springer VS

Hericks, U. (2015). Wie werden Lehrerinnen und Lehrer professionell – und was kann universitäre Lehrerbildung dazu beitragen? Zeitschrift für sportpädagogische Forschung, 3 (2), 5-18

Hericks, U. Keller-Schneider, M., & Bonnet, A. (2018). Professionalität von Lehrerinnen und Lehrern in berufsbiographischer Perspektive. In M. Harring, C. Rohlfs, M. Gläser-Zikuda (Hrsg.), Handbuch Schulpädagogik. Münster, New York: Waxmann 597-607

Hericks, U., Meseth, W., & Saß, M. (2019). Gut geschult ins Klassenzimmer? Universitäre Lehrerbildung zwischen Schule und Schule. In: J. Bietz, P. Böcker & M. Pott-Klindworth (Hrsg.), Die Sache und die Bildung. Bewegung, Spiel und Sport im bildungstheoretischen Horizont von Lehrerbildung, Schule und Unterricht. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren, 208-226

Koller, H.-C. (2012). Bildung anders denken. Einführung in die Theorie transformatorischer Bildungsprozesse. Stuttgart: Kohlhammer

Kramer, R.-T., Helsper, W., Thiersch, S., Ziems, C. (2009). Selektion und Schulkarriere. Kindliche Orientierungsrahmen beim Übergang in die Sekundarstufe I. Wiesbaden: Springer VS

Kramer, R.T., Helsper, W., Thiersch, S., Ziems, C. (2013). Das 7. Schuljahr. Wandlungen des Bildungshabitus in der Schulkarriere. Wiesbaden: Springer VS

Mehan, H. (1979). Learning lessons. Social organization in the classroom. Cambridge, Mass.: Harvard Univ. Press

Mensching, A. (2020). Die referenzierende Interpretation als Weiterentwicklung der dokumentarischen Methode zur Rekonstruktion des Verhältnisses von Kommunikativität u. Konjunktivität in Organisationen. In S. Amling, A. Geimer, S. Rundel & S. Thomsen (Hrsg.), Jahrbuch Dokumentarische Methode, H. 2-3. Berlin: centrum für qualit. evaluations- und sozialforschung, 279-295

Meseth, W., Proske, M., & Radtke, F.-O. (2011). Was leistet eine kommunikationstheoretische Modellierung des Gegenstandes „Unterricht“? In W. Meseth, M. Proske, F.-O. Radtke (Hrsg.), Unterrichtstheorien in Forschung und Lehre. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 223-240

Mortimer, E.F., & Scott, P.H. (2003). Meaning making in secondary science classrooms. Maidenhead, UK: OpenUniversity Press.

Oevermann, U. (1991). Genetischer Strukturalismus und das sozialwissenschaftliche Problem der Erklärung der Entstehung des Neuen. In S. Müller-Doohm (Hrsg.), Jenseits der Utopie. Theoriekritik der Gegenwart. Frankfurt/M.: Suhrkamp, 267-336

Oevermann, U. (1996). Theoretische Skizze einer revidierten Theorie professionalisierten Handelns. In A. Combe & W. Helsper (Hrsg.), Pädagogische Professionalität. Untersuchungen zum Typus pädagogischen Handelns. Frankfurt/M.: Suhrkamp, 70-182

Oevermann, U. (2002). Professionalisierungsbedürftigkeit und Professionalisiertheit pädagogischen Handelns. In M. Kraul, W. Marotzki & C. Schweppe (Hrsg.), Biographie und Profession. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 19-63

Peukert, H. (1998). Zur Neubestimmung des Bildungsbegriffs. In M.A. Meyer & A. Reinartz (Hrsg.), Bildungsgangdidaktik. Denkanstöße für pädagogische Forschung und schulische Praxis. Opladen: Leske+Budrich, 17-29

Radtke, F.-U. (1999). Professionalisierung der Lehrerbildung durch Autonomisierung, Entstaatlichung, Modularisierung. Gekürzte, vom Verfasser autorisierte Fassung eines Vortrages in der Universität Frankfurt/Main am 16. Juni 1999
https://www.sowi-online.de/journal/2000_0/radtke_professionalisierung_lehrerbildung.html

Terhart, E. (2011). Lehrerberuf und Professionalität. Gewandeltes Begriffsverständnis – neue Herausforderungen. In W. Helsper & R. Tippelt (Hrsg.), Pädagogische Professionalität (Zeitschrift für Pädagogik, Beiheft 57). Weinheim u.a.: Beltz, 202-224

Wilken, A. (2021). Professionalisierung durch Schüler*innen-Mehrsprachigkeit? Englischlehrer*innen im Spannungsfeld zwischen Habitus und Norm. Bad Heilbrunn: Klinkhardt

Irene Neumann[1] [1]IPN Kiel

Nature of Science – Alter Hut oder relevanter denn je?

Ein Präsident, der sich in Reden und Tweets damit brüstet, wissenschaftliche Erkenntnisse nicht ernst zu nehmen; öffentliche Debatten, in denen wissenschaftlicher Konsens zugunsten von Einzelmeinungen verleugnet wird; Naturwissenschaftlerinnen und Naturwissenschaftler, die gegeben diese Trends sorgenvoll auf die Zukunft schauen (Harvey, 2016; Tollefson, 2020) – die vergangenen Jahre waren voll von diesen und ähnlichen Begebenheiten, die aus naturwissenschaftsdidaktischer Sicht nachdenklich stimmen. Sie trugen und tragen sich zu in den USA, einem Land, in dem *Nature of Science* bereits zu Beginn des 20. Jahrhunderts als Bildungsziel formuliert wurde (Central Association of Science and Mathematics Teachers, 1907) und dessen fachdidaktische Forschung zu *Nature of Science* bis in die 1950er Jahre zurückreicht (Lederman, 2007). Dies ist erschreckend, gegeben, dass ein adäquates Verständnis von *Nature of Science*, ein Verständnis von (Natur-)Wissenschaften also, dazu führen sollte, dass Menschen die Arbeit von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern, ihre Ziele, Werte und Vorgehensweisen und damit wissenschaftsbezogene Diskussionen besser einschätzen können.

Die beschriebene Problematik eines offensichtlich fehlenden Wissenschaftsverständnisses ist jedoch nicht auf die USA beschränkt. Auch in Deutschland konnten wir – in Zeiten der Pandemie besonders deutlich – ähnliche Verhaltensmuster beobachten, wie Stefan Rumann in seiner Einführung in das diesjährige Tagungsthema hervorhebt: „Wir alle haben auch die Bilder vor Augen und die Äußerungen von Mitmenschen im Ohr, die, scheinbar jeglichen aufgeklärten Zweck-Mittel-Rationalismus ignorierend, auf voraufgeklärte Reflexe zurückfallen, in denen ein Leichtmetall zur neuzeitlichen Hutware herhalten muss. […] dies deprimiert, da allen Bildungsversuchen zum Trotz, sind diese Positionen doch sehr real.“ (Rumann, 2021). Auch hier wird deutlich, dass unser Anspruch als Naturwissenschaftsdidaktikerinnen und -didaktiker, Menschen durch naturwissenschaftliche Bildung in die Lage zu versetzen, gerade nicht in „voraufgeklärte Reflexe“ zurückzufallen, nicht mit der Wirklichkeit in Einklang steht. Insofern steht die Frage im Raum, woran die Bildungsversuche scheitern und welche Konsequenzen sich für unsere Arbeit als Naturwissenschaftsdidaktikerinnen und – didaktiker daraus ergeben. Ausgehend von einer Verortung des Konzepts *Nature of Science* in gängigen Rahmenmodellen naturwissenschaftlicher Bildung gibt der vorliegende Beitrag daher einen kurzen Überblick über Konzeptualisierungen von und Erkenntnisse zu *Nature of Science*, um schließlich mögliche Probleme und Verbesserungsideen daraus abzuleiten.

Nature of Science als Teil naturwissenschaftlicher Bildung

Ein Modell für *scientific literacy* (d.h. naturwissenschaftliche (Grund-)Bildung), das u.a. grundlegend für die PISA-Studien war und damit auch die Diskussionen innerhalb der deutschsprachigen Naturwissenschaftsdidaktik geprägt hat, wurde Ende der 1990er von Robert Bybee vorgeschlagen. Bybees Modell sieht ein Kontinuum naturwissenschaftlicher (Grund-)Bildung vor, in dem aufeinander aufbauende (Verständnis-)Stufen identifiziert werden (Bybee, 1997, S. 56ff.). Auf der untersten Stufe (*nominal scientific literacy*) können nach

Bybee Personen zwar Begriffe oder Problemstellungen als naturwissenschaftlich identifizieren, ihr Verständnis davon ist jedoch noch geprägt von Fehlvorstellungen. Auf der zweiten Stufe (*functional scientific literacy*) sind Personen bereits in der Lage, ihr naturwissenschaftliches Wissen anzuwenden, jedoch in sehr begrenztem Rahmen (z. B. beim Lesen eines Zeitschriftenartikels). Die dritte Stufe (*conceptual and procedural scientific literacy*) beschreibt ein umfassenderes Verständnis der verschiedenen naturwissenschaftlichen Konzepte und wie diese innerhalb des naturwissenschaftlichen Wissenskörpers zusammenhängen. Darüber hinaus haben Personen hier auch ein Verständnis von und über naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung. Auf der höchsten Stufe (*multidimensional scientific literacy*) haben Personen schließlich ein Verständnis über die Naturwissenschaften erreicht, das über das rein kanonische Wissen von Konzepten und Methoden hinausgeht und andere Perspektiven auf Naturwissenschaften (z.B. historische Entwicklung, Wechselspiel zwischen Naturwissenschaften und Gesellschaft) beinhaltet. Auf dieser Stufe verortet Bybee auch das Verständnis von *Nature of Science*.

Auch wenn Bybee (1997) selbst diese höchste Stufe als „exceptional" (S. 61) bezeichnet, regt er dennoch an, Lernenden zumindest ein gewisses Verständnis auf diesem Niveau zu vermitteln. Roberts (2007) sieht sogar Konzeptualisierungen von naturwissenschaftlicher Grundbildung als Grundlage für zukünftige Bürgerinnen und Bürger besonders auf dieser Stufe der *multidimensional scientific literacy* verortet. Damit kommt dem Verständnis von *Nature of Science* als Bildungsziel für alle Lernenden eine besondere Bedeutung zu.

Konzeptualisierungen von *Nature of Science* – die sogenannte „*consensus view*"

Eine Konzeptualisierung von *Nature of Science*, auf die sich viele folgende Arbeiten beziehen, wurde von Norman Lederman (Lederman, 2006; 2007) vorgeschlagen. Ausschlaggebend für Lederman war die Perspektive der Schule. Er schlug vor, Aspekte von *Nature of Science* aufzunehmen, die in der Schule lehr- und lernbar sind, die grundsätzlich unstrittig sind, und für ein verantwortliches Handeln als zukünftige Bürgerinnen und Bürger in der Gesellschaft relevant sind (Lederman, 2006, S. 304), nämlich:

- „Scientific knowledge is tentative (subject to change)"
- Scientific knowledge is „empirically based (based on and/or derived at least partially from observations of the natural world)"
- Scientific knowledge is „subjective (theory-laden, involves individual or group interpretation)"
- Scientific knowledge „necessarily involves human inference, imagination, and creativity (involves the invention of explanations)"
- Scientific knowledge is „socially and culturally embedded (influences by the society/culture in which science is practiced)"
- „distinction between observations and inferences"
- „functions of, and relationships between, scientific theories and laws" (S. 304).

In seiner Konzeptualisierung hebt Lederman insbesondere hervor, dass sich diese Aspekte auf naturwissenschaftliches *Wissen* beziehen und *Nature of Science* nicht zu verwechseln sei mit *Scientific Inquiry* also dem *Prozess*, derartiges Wissen zu generieren (Lederman, 2006; 2007). Mit dieser Unterscheidung soll insbesondere verdeutlicht werden, dass sich Ledermans Verständnis von *Nature of Science* auf eine Metaebene bezieht und nicht prozedurales Wissen im

Sinne von zum Beispiel Untersuchungen planen, durchführen und auswerten adressiert (Lederman, 2006). Dennoch sollten Schülerinnen und Schüler Metawissen nicht nur über naturwissenschaftliches Wissen, sondern auch über den Prozess der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung erlernen, das einige Jahre später unter den Begriff *Nature of Scientific Inquiry* (NOSI) gefasst wird (Schwartz et al., 2008; Lederman et al., 2014). Wie bei der Konzeptualisierung von *Nature of Science* (s.o.) wurden auch für die Konzeptualisierung von *Nature of Scientific Inquiry* Aspekte herangezogen, die für Schülerinnen und Schüler erlernbar und relevant sein sollten (Lederman et al., 2014; S. 68):

- „Scientific investigations all begin with a question and do not necessarily test a hypothesis"
- „There is no single set of steps followed in all investigations (i.e. there is no single scientific method)"
- „Inquiry procedures are guided by the question asked"
- „All scientists performing the same procedures may not get the same results"
- „Inquiry procedures can influence results"
- „Research conclusions must be consistent with the data collected"
- „Scientific data are not the same as scientific evidence"
- „Explanations are developed from a combination of collected data and what is already known" (S. 68ff).

Neben den normativ-theoretisch vorgeschlagenen Konzeptualisierungen aus der Arbeitsgruppe um Lederman, hat sich die Forschung *Nature of Science* auch aus anderer Perspektive genähert. So analysierten beispielsweise McComas und Olson (1998) acht bildungspolitische Dokumente (wie Standards oder Curricula) aus fünf (englischsprachigen) Ländern. Im Vordergrund ihrer Analyse stand die Frage, wie in diesen Dokumenten *Nature of Science* adressiert wird. McComas und Olson identifizierten dabei insgesamt 46 Aspekte, die sie zu Gruppen zuordneten: Philosophical Insights, Statements and Assumptions; Sociological Insights, Statements and Assumptions; Psychological Insights, Statements and Assumptions; und Historical Insights, Statements and Assumptions. Die folgenden zwölf Aspekte fanden sich in mindestens sechs der untersuchten acht Dokumente (McComas & Olson, 1998, S. 44ff):

- Scientific knowledge is tentative
- Science relies on empirical evidence
- Scientists require replicability
- Scientists require truthful reporting
- Science is an attempt to explain phenomena
- Scientists are creative
- Science is part of social tradition
- Science has played an important role in technology
- Scientific ideas have been affected by their social and historical milieu
- Changes in science occur gradually
- Science has global implications
- New knowledge must be reported clearly and openly

Einen noch anderen Ansatz wählten Osborne et al. (2003). Sie führten eine Delphi-Studie zur Frage durch, welche Aspekte von *Nature of Science* in der Schule vermittelt werden sollten. Als Expertinnen und Experten beteiligten sich 23 Personen aus den Gebieten Naturwissenschaften, Wissenschaftsgeschichte, Wissenschaftsphilosophie, Wissenschaftssoziologie und

Wissenschaftskommunikation. Über drei Befragungsrunden hinweg stellte sich ein Konsens zu zehn Themen unter den befragten Expertinnen und Experten ein. Diese Themen umfassten:

- Science and Certainty
- Analysis and Interpretation of Data
- Scientific Method and Critical Testing
- Hypothesis and Prediction
- Creativity
- Science and Questioning
- Cooperation and collaboration in the development of scientific knowledge
- Science and Technology
- Historical Development of Scientific Knowledge
- Diversity of Scientific Thinking

Tabelle 1 listet die Aspekte, die in den Arbeiten von Lederman (2006), Lederman et al. (2014), McComas & Olson (1998) und Osborne et al. (2003) identifiziert wurden. Trotz der unterschiedlichen Zugänge – normativ-theoretische Herleitung, Textanalyse und Delphi-Befragung – zeigen diese Konzeptualisierungen einen deutlichen Überlapp (s. auch Neumann & Kremer, 2013). So beinhalten alle Konzeptualisierungen, dass naturwissenschaftliches Wissen grundsätzlich vorläufig ist und einer empirischen Fundierung bedarf, und dass naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung ein kreativer Prozess im Rahmen eines sozialen Gefüges ist (s. Tab. 1). Die Gegenüberstellung macht aber auch deutlich, dass einzelne Aspekte nicht in allen Listen aufgenommen sind. So ergab sich beispielsweise in Osborne et al.s (2003) Delphi-Studie die Vielfältigkeit naturwissenschaftlichen Denkens als Konsensthema, die sich zwar in Lederman et al.s (2014) Aspekten widerspiegelt, dass naturwissenschaftliche Untersuchungen nicht streng einer einzigen Methode folgen und insbesondere nicht zwangsläufig dem Testen von Hypothesen dienen, die Textanalyse von McComas und Olson (1998) ergab diesen Aspekt jedoch nicht. Umgekehrt sind die Aspekte, dass Naturwissenschaften globale Implikationen haben oder dass es Standards beim Publizieren naturwissenschaftlicher Erkenntnisse gibt, lediglich bei McComas und Olson aufgeführt, nicht aber in den anderen Konzeptualisierungen.

Die Autorinnen und Autoren dieser Arbeiten heben jeweils hervor, dass ihre Konzeptualisierungen mit Bedacht interpretiert werden sollten. So weisen beispielsweise McComas und Olson (1998) darauf hin, dass sie die Häufigkeit, mit der einzelne Aspekte in den verschiedenen untersuchten Dokumenten gefunden wurden, nicht als Wichtigkeit der Aspekte interpretiert werden sollte. Ähnlich argumentieren auch Osborne et al. (2003), dass die als Konsens identifizierten Aspekte vor dem Hintergrund der von ihnen gewählten Konsenskriterien betrachtet werden müssen. Und auch Lederman und Kollegen betonen ausdrücklich, dass die Aspektlisten zu *Nature of Scientific Knowledge* und *Nature of Scientific Inquiry* als Vorschlag zu sehen sind und räumen ein, dass andere Konzeptualisierungen möglich sind (z.B. Lederman, 2006, 2007; Lederman et al., 2014). Des Weiteren ist wichtig hervorzuheben, dass die einzelnen Aspekte nicht als voneinander getrennt, im Sinne einzelner Fakten, interpretiert werden sollten, sondern eher in einem komplexen Wechselspiel zueinander stehen (z.B. Osborne et al., 2003).

Tab. 1. Gegenüberstellung gängiger Konzeptualisierungen von Nature of Science *(in Anlehnung an Neumann & Kremer, 2013).*

McComas & Olson (1998)	Osborne et al. (2003)	NOS (Lederman, 2006)	NOSI (Lederman et al., 2014)
Scientific knowledge is tentative	Science and Certainty	Scientific knowledge is tentative	
Science relies on empirical evidence	Analysis and Interpretation of Data	distinction between observations and inferences / empirically-based	research conclusions must be consistent with the data collected / scientific data are not the same as scientific evidence
Scientists require replicability and truthful reporting	Scientific Method and Critical Testing		
Science is an attempt to explain phenomena	Hypothesis and Prediction		inquiry procedures are guided by the question asked
Scientists are creative	Creativity / Science and Questioning	necessarily involves human inference, imagination, and creativity	
Science is part of social tradition	Cooperation and collaboration in the development of scientific knowledge	subjective	
Science has played an important role in technology	Science and Technology		
Scientific ideas have been affected by their social and historical milieu	Historical Development of Scientific Knowledge	is socially and culturally embedded	explanations are developed from a combination of collected data and what is already known
	Diversity of Scientific Thinking		scientific investigations all begin with a question and do not necessarily test a hypothesis / there is no single set of steps followed in all investigations
Changes in science occur gradually			
Science has global implications			
New knowledge must be reported clearly and openly			
		functions of, and relationships between, scientific theories and laws	
			inquiry procedures can influence results
			all scientists performing the same procedures may not get the same results

Vorstellungen zu *Nature of Science*

Neben den verschiedenen Ansätzen, *Nature of Science* zu konzeptualisieren, hat die Forschung der vergangenen Jahrzehnte auch umfassende Arbeiten zu Schülervorstellungen in diesem Themengebiet hervorgebracht (Übersichten bieten z.B. Höttecke & Hopf, 2018, oder Lederman, 2007). Insbesondere die auf Basis der Konzeptualisierung aus der Gruppe um Lederman (s.o.) entwickelten offenen Fragebögen *Views about Nature of Science* (VNOS, Lederman et al., 2002) und *Views about Scientific Inquiry* (VASI, Lederman et al., 2014) wurden mehrfach und weltweit in verschiedenen Altersgruppen eingesetzt, um die Ansichten von Lernenden zu erfassen. Besonders bemerkenswert ist in diesem Zusammenhang ein kürzlich durchgeführtes Projekt, dessen Ziel es war, eine Baseline der Ansichten von Schülerinnen und Schülern über *Nature of Scientific Inquiry* über mehrere Länder hinweg zu generieren. In der ersten Studie, die den Fokus auf der 7. Jahrgangsstufe hatte, wurden die Ansichten von 2.634 Schülerinnen und Schülern aus 18 Regionen bzw. Ländern erfasst (Lederman et al., 2019). An der Folgestudie, die den Fokus auf der 12. Jahrgangsstufe hatte, beteiligten sich sogar 3.917 Schülerinnen und Schüler aus 20 Regionen bzw. Ländern (Lederman et al., 2021).

Tab. 2. Prozentuale Anteile der Schüler/innen-Antworten im VASI-Fragebogen, die als naiv (N), mixed (M) oder informed (I) bewertet wurden (Stichprobe Deutschland).

NOSI-Aspekt	**7. Jgst. (N = 96)**			**12. Jgst. (N = 88)**		
	N	**M**	**I**	**N**	**M**	**I**
Starts with a question	41.7	28.1	26.0	48.9	14.8	35.2
Multiple Methods	20.8	64.6	13.5	6.8	62.5	30.7
Same procedures may not yield same results	62.5	20.8	15.6	51.1	9.1	39.8
Procedures influence results	39.6	31.3	25.0	35.2	28.4	36.4
Conclusions must be consistent with data	28.1	19.8	52.1	5.7	21.6	67.0
Procedures are guided by the questions asked	34.4	16.7	47.9	13.6	9.1	77.3
Data and evidence are not the same	45.8	26.0	9.4	20.5	46.6	33.0
Conclusions are developed from data and prior knowledge	8.3	47.9	39.6	0.0	21.6	78.4

Die Ergebnisse der deutschen Teilnehmenden an beiden Studien sind in Tab. 2 dargestellt. Es fällt auf, dass sich die Antworten in der 12. Jahrgangsstufe tendenziell zu *mixed* und *informed* verschoben haben. In der 7. Jahrgangsstufe schnitten die Schülerinnen und Schüler am besten bezüglich des Aspekts *Conclusions must be consistent with data* ab, in der 12. Jahrgangsstufe bezüglich des Aspekts *Conclusions are developed from data and prior knowledge*. Interessanterweise wurden sowohl in der 7. als auch in der 12. Jahrgangsstufe mehr als die Hälfte der Antworten zum Aspekt *Same procedures may not yield same results* als naiv eingestuft. Insgesamt deuten diese Ergebnisse damit auf ein naiv empiristisches Verständnis von Schülerinnen und Schülern hin, nach dem „wahre" Erkenntnisse in der Natur verborgen liegen und von Naturwissenschaftlerinnen und Naturwissenschaftlern gefunden werden. Ein Verständnis darüber, dass Daten interpretiert werden müssen und Forscherinnen und Forscher beispielsweise vor dem Hintergrund verschiedener Theorien zu verschiedenen Aussagen kommen können, scheint dagegen Schülerinnen und Schülern, auch in der Oberstufe, noch schwer zu fallen.

Die Ergebnisse dieser Studie decken sich mit typischen Schülervorstellungen, wie sie beispielsweise von Höttecke und Hopf (2018) in ihrem Review aufgeführt werden, u.a.:
- „Wissenschaftler sind passive Datenerfasser“ (S. 275)
- „Gesetze sind gereifte Theorien“ (S. 277)
- „Naturwissenschaftliches Wissen entspricht der Wirklichkeit“ (S. 278)
- „Eine einzelne Messung gibt einen wahren Wert“ (S. 279)
- „Wissenschaftlicher Konsens beruht auf Einsicht in Fakten und nicht auf Übereinstimmung“ (S. 280)
- „Außerwissenschaftliche Faktoren können Naturwissenschaft nicht beeinflussen“ (S. 280)
- „Soziale Aspekte sind in den Naturwissenschaften nur wichtig, wenn die Fakten unklar sind“ (S. 280).

Nicht nur auf Seiten der Schülerinnen und Schüler sind inadäquate Vorstellungen zu *Nature of Science* zu verzeichnen, Untersuchungen mit Lehrkräften ergaben ein ähnlich ernüchterndes Bild (s. z.B. das Review von Lederman, 2007). Gegeben die recht fachnahe Ausbildung von Naturwissenschaftslehrkräften im Rahmen der universitären Phase, könnte man hoffen, dass Einblicke in naturwissenschaftliche Forschungsmethodik – beispielsweise im Rahmen von Praktika – zu einem angemesseneren Verständnis führen könnte. Dies scheint jedoch leider nicht der Fall zu sein. So begleiteten beispielsweise Schwartz et al. (2004) angehende Lehrkräfte während eines mehrwöchigen Forschungspraktikums und musste feststellen, dass sich das Verständnis von *Nature of Science* nur bei denjenigen Teilnehmenden weiterentwickelte, die explizit über einzelne Aspekte reflektierten und Perspektivwechsel vollzogen. Selbst die Rolle eines Forschenden zu übernehmen scheint also nicht ausreichend zu sein, um automatisch ein adäquates Verständnis über *Nature of Science* zu entwickeln.

Vermittlungsansätze

Um ein Verständnis von *Nature of Science* zu fördern, wurden verschiedene Vermittlungsansätze vorgeschlagen (einen umfassenden, aktuellen Überblick gibt McComas, 2020). Beispielsweise können von den Lernenden selbst durchgeführte naturwissenschaftliche Untersuchungen als Ausgangspunkt für das Lernen über *Nature of Science* herangezogen werden (z.B. Carey et al., 1998; Schwartz et al., 2004). Mithilfe einer Einheit für die 7. Jahrgangsstufe, in der die Schülerinnen und Schüler eigenständig Theorien aufstellten, Untersuchungen durchführten und ihre Theorien reflektieren und ggf. anpassten, konnten Carey et al. (1998) die zunächst vorliegenden naiv empiristischen Vorstellungen ablösen und ein eher konstruktivistisches Verständnis naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung befördern. Einen anderen Ansatzpunkt liefern historische Fallbeispiele (z.B. Höttecke et al., 2012; McComas, 2008). Im Projekt HIPST wurden beispielsweise für Fallbeispiele aus der Physikgeschichte Lernmaterialien entwickelt (Höttecke et al., 2012). Als zentrales didaktisches Element setzten die Autorinnen und Autoren dabei sogenannte „reflection corners“ ein, die zu einer expliziten Reflexion des konkreten Fallbeispiels und damit einhergehend allgemeiner Charakteristika von naturwissenschaftlichem Wissen und naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung anregen sollten. Ein weiterer Ansatz sind schließlich sogenannte „generische“ Materialien (Lederman & Abd-El-Khalick, 1998), die entwickelt wurden, um gezielt einzelne *Nature of Science* Aspekte zu adressieren. Die Aktivität „Tricky Tracks“ (Lederman & Abd-El-Khalick, 1998, S. 85ff) regt beispielsweise eine explizite Auseinandersetzung mit den Begriffen „Beobachtung“ und „Interpretation“ und mit der Rolle des eigenen Vorwissens bei der Interpretation

von Daten an. Dazu wird den Lernenden eine sukzessiv erweiterte Abbildung zweier vermeintlicher Tierspuren gezeigt und mit ihnen darüber diskutiert, welche Beobachtungen bzw. welche Interpretationen diese Abbildungen zulassen. Allen drei Ansätzen ist gemein, dass die *Nature of Science* Aspekte explizit thematisiert werden, und nur durch explizite Reflexion ein adäquates Verständnis effektiv vermittelt werden kann (Lederman, 2007).

Kritik an der „consensus view"

Obwohl die Konzeptualisierung von *Nature of Science* durch Aspektlisten breit rezipiert wurden (und immer noch werden), werden regelmäßig kritische Stimmen laut (z.B. Alters, 1997a,b; Matthews, 2012). So stellt Alters (1997a) beispielsweise in einer Befragung von Philosophinnen und Philosophen fest, dass diese dem Großteil der Aspekte nicht zustimmen, insbesondere wenn sie als Fakt verstanden werden. Auch Hodson und Wong (2017) kritisieren, dass die Aspekte zu leicht wortwörtlich genommen werden und dann sogar zu einem eher inadäquaten Verständnis von *Nature of Science* führen können (wenn beispielsweise die grundsätzliche Vorläufigkeit als Beliebigkeit naturwissenschaftlichen Wissens missinterpretiert wird). Die Gefahr, dass die Aspekte als Listen von Fakten betrachtet werden, die lediglich auswendig gelernt und wiedergegeben werden müssen, sehen auch Matthews (2012) und Allchin (2011). Matthews schlägt alternativ vor, statt von *Nature of Science* eher von *Features of Science* zu sprechen, um die Heterogenität und Kontextualität der Aspekte besser hervorzuheben. Allchin (2011) stellt in seinem „Whole Science"-Ansatz ein funktionales Verständnis von *Nature of Science* in den Vordergrund, das sich beispielsweise dann zeigt, wenn Lernende ihr Verständnis von *Nature of Science* in lebensweltlichen Situationen nutzen müssen, um beispielsweise naturwissenschaftsbezogene Aussagen und Informationen einzuschätzen. Anhand der beschriebenen Kritik wird deutlich, dass die Darstellung in Form von Aspekt- bzw. Aussagenlisten problematisch ist. Zu leicht können sie als auswendig zu lernende Sammlung von Fakten missinterpretiert oder zu wortwörtlich genommen werden – auch wenn dies sicher nicht ursprünglich so intendiert war.

Der *Reconceptualized Family Resemblance Approach to Nature of Science*

Eine neuere Konzeptualisierung von *Nature of Science* ist der sogenannte *Reconceptualized Family Resemblance Approach to Nature of Science* („RFN"; Erduran & Dagher, 2014, Dagher & Erduran, 2016). Erduran und Dagher (2014) orientieren sich dabei an Irzik und Nola (2011), die vorschlugen, *Nature of Science* aus der Perspektive von Wittgensteins Familienähnlichkeit zu betrachten. Grundidee ist dabei, dass die verschiedenen naturwissenschaftlichen Disziplinen und Teilbereiche eine Reihe Eigenschaften miteinander teilen, sich jedoch auch in einigen Eigenschaften unterscheiden können. Vor diesem Hintergrund schlagen Irzik und Nola (2011) vier Kategorien vor, die *Nature of Science* widerspiegeln: (1) Activities, (2) Aims & Values, (3) Methodologies & Methodological Rules, und (4) Products. In einer späteren Arbeit ergänzen die Autoren vier weitere Kategorien: (5) professional activities, (6) scientific ethos, (7) social certification and dissemination of scientific knowledge und (8) social values of science (Irzik & Nola, 2014). Erduran und Dagher (2014) greifen nun diesen Ansatz auf und führen drei weitere Kategorien ein, die sie aus Sicht der Vermittlung eines Verständnisses von *Nature of Science* in der Schule als wichtig erachten: (9) social organizations and interactions, (10) political power structures und (11) financial systems. Diese Kategorien ordnen Erduran und Dagher (2014) in einem sogenannten „Wheel" an (Abb. 1). Dabei bilden die Kategorien (1)-(4) (bei Erduran & Dagher, 2014 leicht umbenannt) ein kognitiv-epistemisches, die Kategorien (5)-(11) ein sozial-institutionelles System von Eigenschaften.

Die von Erduran und Dagher (2014) noch ergänzten Kategorien (9)-(11) sind bewusst im äußersten Ring lokalisiert, um die Beziehungen zwischen Gesellschaft und Wissenschaft zu verdeutlichen. Mit dieser Konzeptualisierung zielen Erduran und Dagher (2014; Dagher & Erduran, 2016) darauf, die an der *consensus view* geäußerte Kritik zu adressieren. So bringen sie darin unter anderem Aspekte zusammen, die sich auf die Prozesse (vgl. Aspekte von *Nature of Scientific Inquiry*) und die Produkte (d.h. das Wissen; vgl. Aspekte von *Nature of Science/Scientific Knowledge*) und zudem auch noch auf Wissenschaft als soziales Gefüge beziehen, wodurch diese Konzeptualisierung deutlich holistischer erscheint als die Aspektlisten aus früheren Arbeiten. Darüber hinaus gehen sie mit der Angabe von Kategorien weg von einer Darstellung durch Aussagen und begegnen damit der Gefahr, dass diese als Fakten, die auswendig gelernt werden müssen, verstanden werden. Allerdings bedarf es einer weiteren Ausdifferenzierung, was genau die einzelnen Kategorien jeweils bedeuten.

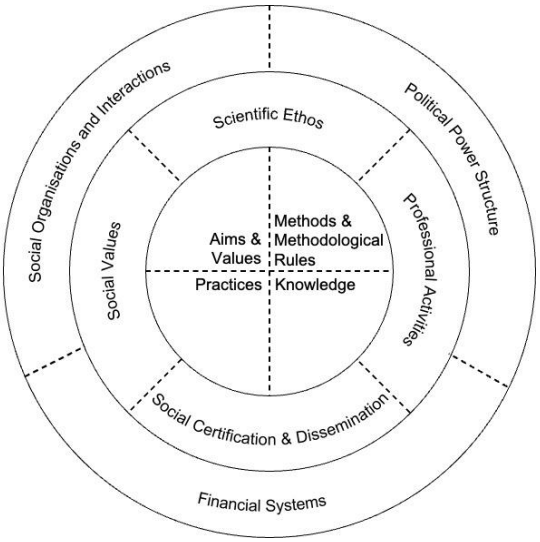


Abb. 1. Das RFN-Wheel *nach Erduran & Dagher (2014).*

Wie das Modell konkret auf einen Kontext angewendet werden kann, zeigen Dagher und Erduran (2016, S. 157) am Beispiel der Entdeckung der DNA auf. Dabei benennen Erduran und Dagher Begebenheiten aus der Geschichte der Entdeckung der DNA und zeigen auf, wie sich darin einzelne Aspekte ihrer Konzeptualisierung widerspiegeln. Im Folgenden wird auf Basis dieser Vorarbeiten kurz angerissen, wie in diesem Sinne *Nature of Science* in der Schule Schülerinnen und Schülern erfahrbar gemacht werden kann. Dazu werden Ansätze vorgeschlagen, die darauf zielen, Schülerinnen und Schülern die Relevanz von *Nature of Science*-Aspekten aufzuzeigen und ihnen das eher abstrakt-theoretische Konzept so näher zu bringen.

Nature of Science Aspekte Schülerinnen und Schülern erfahrbar machen

Zu den kognitiv-epistemischen Aspekten führen Dagher und Erduran (2016, S. 157) beispielsweise an, dass Watson und Crick in einem Artikel eine Zeichnung der DNA und ein Bild von Franklins Röntgenstrukturanalyse haben und sie damit die naturwissenschaftliche Arbeitsweise des Modellierens bzw. Repräsentierens und des Beobachtens angewendet haben („Practices“). Um diese Aspekte Schülerinnen und Schülern erfahrbar zu machen, kann z.B. ein von

Braun et al. (2011) vorgeschlagenes Modellexperiment durchgeführt werden. Darin wird die Doppelhelix der DNA durch eine Springfeder dargestellt, an der Licht eines Lasers gebeugt wird. Das entstehende Beugungsmuster kann dann verglichen werden mit dem veröffentlichten Bild aus Franklins Röntgenstrukturanalyse. Dieses Modellexperiment verdeutlicht Schülerinnen und Schüler nicht nur das Prinzip einer Röntgenstrukturanalyse; Lehrkräfte können es auch nutzen, um das Interpretieren von Daten und das Modellieren als typische naturwissenschaftliche Herangehensweisen zu thematisieren.

Die sozial-institutionellen Aspekte betreffend, weisen Dagher und Erduran (2016, S. 157) darauf hin, dass zwar gewisse wissenschaftliche Standards eingehalten wurden, Watson und Crick jedoch Franklins Recht auf geistiges Eigentum verletzten („Scientific Ethos"). Der Frage, wer an der Entdeckung der Doppelhelixstruktur beteiligt war und in welcher Beziehung die Beteiligten und ihre Arbeiten zueinanderstanden, könnten Schülerinnen und Schüler beispielsweise im Rahmen einer Internetrecherche nachgehen. Dort finden sich entsprechende Informationen[1]. Auf dieser Grundlage kann dann mit den Lernenden diskutiert werden, ob es in der Wissenschaft (ethische) Standards gibt (bzw. geben muss), welche dies sind, inwieweit sie im Rahmen der Entdeckung der DNA-Struktur eingehalten oder verletzt wurden. Eine solche Diskussion sollte auch eine Reflexion der Glaubwürdigkeit der herangezogenen Quellen im Internet beinhalten. Die Thematik des Diebstahls geistigen Eigentums ist durchaus als für Schülerinnen und Schüler interessant und relevant anzunehmen, da sie auch in anderen Kontexten wie der Musik oder Literatur, oder auch dem Verfassen von Hausarbeiten eine Rolle spielen. Durch derartige Querverbindungen kann den Lernenden erfahrbar gemacht werden, dass Naturwissenschaften ein menschliches Unterfangen sind, in dem – wie in jedem anderen sozialen Gefüge – Fragen von beispielsweise der Ethik oder Standards ausgehandelt werden und sich diese Aushandlungen auch über die Zeit verändern können. Möchte man erreichen, dass die Schülerinnen und Schüler selbst erleben, was Diebstahl geistigen Eigentums bedeutet, könnte die Lehrkraft in einer Arbeitsphase, in der Kleingruppen an der Beantwortung einer Frage arbeiten, gezielt einer Gruppe die Ergebnisse einer anderen verraten. Im Anschluss sollte diskutiert werden, inwieweit es sich hier um ein akzeptables Vorgehen handelt; diese Situation könnte auch Anlass geben, dass die Klasse für sich ethische Standards beim gemeinsamen Lernen aushandelt.

Zum Wechselspiel zwischen Naturwissenschaften und Gesellschaft führen Dagher und Erduran (2016, S. 157) an, dass die Entdeckung der DNA-Struktur auch Machtstrukturen innerhalb der Wissenschaft verdeutlicht und Franklin z.B. Opfer von Sexismus wurde – in ihrem Institut und durch Crick. Da auch jüngst Fragen von Gender und Sexismus Thema gesellschaftlicher Diskussionen waren und sind, könnten derartige Einblicke in die Wissenschaftsgeschichte bei Schülerinnen und Schülern auf besonderes Interesse stoßen. Vor allem Cricks Tagebuch, in dem er selbst recht eindrücklich seine Meinung von Franklin als Frau darlegt, kann hier herangezogen werden:

> Sie tat ganz bewußt nichts, um ihre weiblichen Eigenschaften zu unterstreichen. Trotz ihrer scharfen Züge war sie nicht unattraktiv, und sie wäre sogar hinreißend gewesen, hätte sie auch nur das geringste Interesse für ihre Kleidung gezeigt. Das tat sie nicht. Nicht einmal einen Lippenstift, dessen Farbe vielleicht mit ihrem glatten schwarzen Haar kontrastiert hätte, benutzte sie, und mit

[1] z.B. https://www.br.de/wissen/james-watson-dna-dns-francis-crick-genforschung-gene-strickleiter-100.html oder https://www.mpg.de/11968981/rosalind-franklin

> ihren einunddreißig Jahren trug sie so phantasielose Kleider wie nur irgendein blaustrümpfiger englischer Teenager. Insofern konnte man sich Rosy gut als das Produkt einer unbefriedigten Mutter vorstellen, die es für überaus wünschenswert hielt, daß intelligente Mädchen Berufe erlernten, die sie vor der Heirat mit langweiligen Männern bewahrten. (Watson, 1984, S. 28)

Auszüge und Berichte wie dieser können als Ausgangspunkt für eine Diskussion mit den Schülerinnen und Schülern genutzt werden, inwieweit auch heute noch Sexismus und (politische) Machtstrukturen innerhalb der Naturwissenschaften zum Tragen kommen und was mögliche Lösungen sein könnten, ungerechtes Verhalten zu verhindern. Zur Anbindung an die Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler könnten – ähnlich des Aushandelns ethischer Standards (s.o.) – im Klassenverband Regeln zum respektvollen, nichtdiskriminierenden zwischenmenschlichen Umgang untereinander aufgestellt werden.

Die Rolle der Medien im Wissenschaftsgefüge

Auch wenn der RFN-Ansatz von Erduran und Dagher (2014; Dagher & Erduran, 2016) eine deutlich holistischere Konzeptualisierung darstellt als die Repräsentation von *Nature of Science*-Aspekten durch Listen und auch wenn darin mit dem äußeren Ring Bezüge zwischen Naturwissenschaft und Gesellschaft berücksichtigt sind (Abb. 1), wird jedoch ein Aspekt nicht adressiert, der in der Einleitung angeklungen ist: Die Rolle der Medien. Durch die Allgegenwärtigkeit von Informationen in der heutigen Zeit und durch die Tatsache, dass sich jeder an naturwissenschaftsbezogenen Diskussionen im Internet beteiligen kann, ist es für Laien schwierig einzuschätzen, welche Autorinnen bzw. Autoren und damit auch welche Informationen vertrauenswürdig sind. Dies kann zum „Death of Expertise“ führen, wie Nichols (2017) auf Grundlage eines Austauschs auf Twitter illustriert, in dem Dan Kaszeta, Mitglied des Royal United Services Institute und ausgewiesener Experte im Bereich der Verteidigung gegen ABC-Waffen, von der zitierten Fragestellerin nicht als solcher (an-)erkannt wird:

> „I can’t find the chemical and physical properties of sarin gas [sic] someone please help me,“ the student tweeted. Kaszeta offered his help. He corrected her by noting that Sarin isn’t a gas and that the word should be capitalized. […] „yes the [expletive] it is a gas you ignorant [expletive]. sarin is a liquid & can evaporate … shut the [expletive] up.“ […] „Google me. I’m an expert on Sarin. Sorry for offering to help.“ (S. 83f)

Gegeben diese Problematik sollten Schülerinnen und Schüler also unbedingt darauf vorbereitet werden, ihnen zugängliche Informationen und die Expertise deren Autorinnen und Autoren einschätzen zu können. Dies erfordert auch – wenn nicht sogar zuvorderst – ein Verständnis der Rolle der Medien im Wissenschaftsgefüge und sich daraus ergebender Problematiken. Expertinnen und Experten bei Medienauftritten als solche zu erkennen wird zum Beispiel durch die sogenannte *false balance* erschwert (Dearing, 1995): In den Medien werden Expertinnen und Experten mit gegensätzlicher Meinung eingeladen, um so die behandelte Thematik scheinbar objektiv und aus allen Blickwinkeln betrachten zu können; dies führt jedoch dazu, dass beide Positionen gleichberechtigt und gleichermaßen anerkannt wirken – auch wenn eine Position eventuell von einem Großteil der *scientific community* gar nicht anerkannt wird. Insbesondere bei risikobeladenen Fragestellungen (wie z.B. dem Klimawandel oder dem Abwägen von Nutzen und Nebenwirkungen von Medikamenten oder Impfstoffen) kann eine derar-

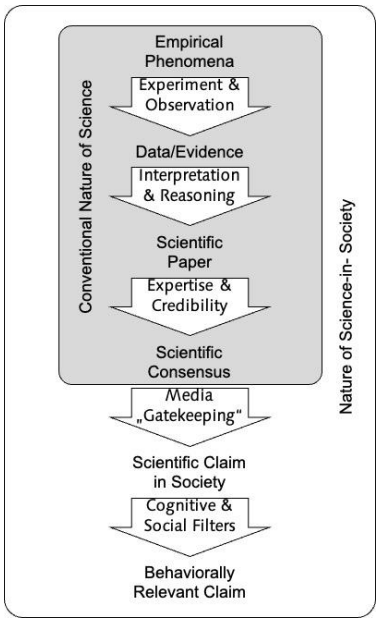


Abb. 2. NOSIS-Modell nach Höttecke & Allchin (2020, S. 645).

tige, unausgewogene mediale Darstellung (natur-)wissenschaftlicher Erkenntnisse zu Verunsicherung bei Laien führen (vgl. Dixon & Clarke, 2013). Da ein überwiegender Großteil der Menschen den Diskurs zu (natur-)wissenschaftlichen Fragestellungen nicht in den typischen Outlets der *scientific community* (wie in wissenschaftlichen Zeitschriften oder auf wissenschaftlichen Tagungen) verfolgt, sondern die Erkenntnisse medial aufbereitet rezipiert, ist ein Verständnis des Prozesses dieser medialen Aufbereitung wichtig für eine Einschätzung der zur Verfügung gestellten Informationen.

Entsprechend schlagen Höttecke und Allchin (2020) mit ihrer Konzeptualisierung von *Nature of Science in Society* (NOSIS) vor, die Medien und ihre Rolle im Wissenschaftsgefüge explizit zu berücksichtigen (Abb. 2). NOSIS beinhaltet demnach zusätzlich zu den konventionellen Aspekten von *Nature of Science* auch Aspekte, die bei der Rezeption naturwissenschaftlicher Aussagen in der Gesellschaft bzw. vom Individuum eine Rolle spielen. Dazu gehört einerseits die „Gatekeeper"-Funktion der Medien, durch die beispielsweise beim Streben nach einer objektiven Berichterstattung die Problematik des *false balance* zum Tragen kommen kann. Andererseits spielen kognitive und soziale Filter bei der Rezeption eine Rolle, wie beispielsweise der *confirmation bias*, also die Tatsache, dass Menschen bevorzugt Informationen aufnehmen und vertrauen, die ihren Ansichten, Überzeugungen oder Erwartungen gerade widersprechen (Höttecke & Allchin, 2020).

Im Unterricht könnten Lehrkräfte zur Thematisierung derartiger Aspekte mit den Schülerinnen und Schülern Ausschnitte von Talkshows mit (natur-)wissenschaftlichen Themen analysieren und diskutieren. So ließe sich beispielsweise an der Sendung „Markus Lanz" vom 13.07.2021, bei der die Politikerin Sahra Wagenknecht, die Journalistin Anja Maier, die Virologin Prof. Helga Rübsamen-Schaeff und die Medizinethikerin Prof. Alena Buyx zu Gast waren und die damals aktuelle Corona-Lage (u.a. Lockerungen und Impfungen) diskutierten, die Problematik des *false bias* herausarbeiten. Auch könnte analysiert werden, wie die einzelnen Gäste argumentieren, worin sich ihr Argumentationsstil voneinander unterscheidet, und welche Ausführungen von den Schülerinnen und Schülern wie aufgenommen werden. Zur Sensibilisierung, dass Menschen bei der Rezeption von Informationen auch kognitiven und sozialen Filtern unterliegen, könnten die Lehrkräfte ihre Schülerinnen und Schüler anregen zu reflektieren, wie deren individuellen Haltungen und Erfahrungen zusammen mit den verschiedenen in der Talkshow geäußerten Positionen beeinflussen, wie sie selbst entscheiden würden, ob beispielsweise Kinder geimpft werden sollten oder nicht.

Alter Hut und doch relevanter denn je

Insgesamt ist festzuhalten, dass die Naturwissenschaftsdidaktik auf eine lange Tradition der Forschung zum Thema *Nature of Science* zurückblicken kann. In den vergangenen Jahrzehnten wurden diverse Konzeptualisierungen des Konstrukts vorgeschlagen, Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern wie auch von Lehrkräften erhoben und Ansätze erarbeitet, *Nature of Science* im Unterricht zu vermitteln. Lederman (2007) fasst plakativ zusammen, welche Erkenntnisse auf Grundlage dieser Arbeiten als generalisierbar angenommen werden können:

- K–12 students do not typically possess "adequate" conceptions of NOS
- K–12 teachers do not typically possess "adequate" conceptions of NOS
- Conceptions of NOS are best learned through explicit, reflective instruction as opposed to implicitly through experiences with simply "doing" science
- Teachers' conceptions of NOS are not automatically and necessarily translated into classroom practice
- Teachers do not regard NOS as an instructional outcome of equal status with that of "traditional" subject matter outcomes. (S. 869)

Dass das Thema *Nature of Science* damit für die Naturwissenschaftsdidaktik ein abgearbeitetes Feld darstellt, wäre jedoch ein Fehlschluss. Vielmehr ist festzustellen, dass trotz vieler Jahre naturwissenschaftsdidaktischer Forschung zum Thema *Nature of Science* das Problem fehlenden bzw. inadäquaten Wissenschaftsverständnisses auf Seiten der Schülerinnen und Schüler, der Lehrkräfte und auch der allgemeinen Öffentlichkeit noch nicht gelöst ist. Die naturwissenschaftsdidaktische Community hat bislang keinen Konsens finden können, welche der vorgeschlagenen Konzeptualisierungen (oder zumindest welche Kern-Aspekte) für welche Altersgruppen und/oder Vermittlungszwecke herangezogen werden sollte. Gleichermaßen liegt auch zu Unterrichtsansätzen oder zu Erhebungsinstrumenten im Bereich *Nature of Science* eher ein Diskurs als ein Konsens über eine Standardherangehensweise vor. Insgesamt scheinen Schülerinnen und Schüler nicht ausreichend darauf vorbereitet, mit Expertenmeinungen umzugehen oder mit Unsicherheit und Risiko belastete naturwissenschaftliche Aussagen einzuschätzen – dabei zeigt die aktuelle Pandemie allzu eindrücklich, wie wichtig dies wäre.

Die weitere naturwissenschaftsdidaktische Forschung zum Thema *Nature of Science* sollte daher zum einen berücksichtigen, dass die einzelnen Aspekte von *Nature of Science* wichtig sind, wichtiger aber ein holistisches Verständnis von *Nature of Science* ist. Um ein holistisches Verständnis von *Nature of Science* zu vermitteln wird jedoch nicht ausreichen, alle Aspekte zu (deklarativ) unterrichten, stattdessen sollte *Nature of Science* beim naturwissenschaftlichen Lernen durch entsprechende Aktivitäten *erfahrbar* gemacht werden. Schließlich sollte die weitere Forschung in diesem Gebiet berücksichtigen, dass *Nature of Science* im klassischen Sinne nicht ausreicht für eine naturwissenschaftliche Grundbildung im Sinne der Vorbereitung auf gesellschaftliche Teilhabe. Vielmehr müssten aktiv Kriterien mit den Lernenden erarbeitet werden, wie zugängliche Informationen beurteilt und zum Erreichen naturwissenschaftsbasierter Entscheidungen herangezogen werden können.

Literatur

Allchin, D. (2011). Evaluating knowledge of the nature of (whole) science. Science Education 95, 518–542.

Alters, B.J. (1997a). Whose nature of science? Journal of Research in Science Teaching, 34, 39–55.

Alters, B. J. (1997b). Nature of science: A diversity or uniformity of ideas? Journal of Research in Science Teaching 34(10), 1105–1108.

Braun, G., Tierney, D. & Schmitzer, H. (2011). How Rosalind Franklin Discovered the Helical Structure of DNA: Experiments in Diffraction. The Physics Teacher 49, 140-143.

Bybee, R. W. (1997). Towards an understanding of scientific literacy. In W. Gräber & C. Bolte (Hrsg.), Scientific Literacy: An International Symposium (S. 37-68), Kiel: IPN.

Central Association for Science and Mathematics Teachers. (1907). A consideration of the principles that should determine the courses in biology in secondary schools. School Science and Mathematics, 7, 241–247.

Carey, S., Evans, R., Honda, M., Jay, E., Unger, C. (1989). 'An experiment is when you try it and see if it works': A study of grade 7 students' understanding of the construction of scientific knowledge. International Journal of Science Education 11(5), 514-529.

Dagher, Z. R., & Erduran, S. (2016). Reconceptualising the nature of science: why does it matter? Science Education 25(1), 147–164.

Dearing, J.W. (1995). Newspaper coverage of maverick science: creating controversy through balancing. Public Understanding of Science 4(4), 341–361.

Dixon, G.N. & Clarke C.E. (2013). Heightening Uncertainty Around Certain Science: Media Coverage, False Balance, and the Autism-Vaccine Controversy. Science Communication 35(3), 358–382.

Erduran, S., & Dagher, Z. R. (2014). Reconceptualizing the nature of science for science education: Scientific knowledge, practices and other family categories. Dordrecht: Springer.

Harvey, C. (2016). A Trump team member just compared climate science to the flat-Earth theory. Washington Post (14.12.2016). https://www.washingtonpost.com/news/energy-environment/wp/2016/12/14/a-trump-team-member-just-compared-climate-science-to-the-flat-earth-theory/

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.

Höttecke, D., & Allchin, D. (2020). Reconceptualizing nature-of-science education in the age of social media. Science Education, 104, 641-666.

Höttecke, D., Henke, A. & Rieß, F. (2012). Implementing History and Philosophy in Science Teaching: Strategies, Methods, Results and Experiences from the European HIPST Project. Science & Education 21(9), 1233-1261.

Höttecke, D. & Hopf, M. (2018). Schülervorstellungen zur Natur der Naturwissenschaften. In H. Schecker, T. Wilhelm, M. Hopf, & R. Duit (Hrsg.), Schülervorstellungen und Physikunterricht (S. 271-287). Heidelberg: Springer.

Irzik, G., & Nola, R. (2011). A family resemblance approach to the nature of science for science education. Science & Education 20, 591–607.

Irzik, G. & Nola, R. (2014). New directions for nature of science research. In: M. Matthews, International handbook of research in history, philosophy and science teaching (S. 999–1021). Springer.

Lederman, N. G. (2006). Syntax of nature of science within inquiry and science instruction. In L. B. Flick & N. G. Lederman (Eds.), Scientific inquiry and nature of science: Implications for teaching, learning and teacher education (301-317). Dordrecht: Springer.

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 (831-879). Mahwah, NJ: Erlbaum.

Lederman, N. & Abd-El-Khalick, F. (1998). Avoiding De-Natured Science: Activities that Promote Understandings of the Nature of Science. In W.F. McComas (Hrsg.), The nature of science in science education: Rationales and strategies (83-126). Dordrecht: Kluwer

Lederman, N. & Abd-El-Khalick, F. & Bell, R. & Schwartz, R. (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. 497-521.

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. Journal of Research in Science Teaching, 51(1), 65–83.

Lederman, J.S., Lederman, N., Bartels, S., Jimenez, J., Akubo, M., Aly, S., Bao, C., Blanquet, E., Blonder, R., Bologna Soares de Andrade, M., Buntting, C., Cakir, M., EL-Deghaidy, H., ElZorkani, A., Enshan, L., Gaigher, E., Guo, S., Hakanen, A., Hamed Al-Lal, S., … Zhou, Q. (2019). An international collaborative investigation of beginning seventh grade students' understandings of scientific inquiry: Establishing a baseline. Journal of Research in Science Teaching. 56(10):1-30

Lederman, J.S., Lederman, N., Bartels, S., Jimenez, J., Acosta, K., Akubo, M., Aly, S., de Andrade, M., Atanasova, M., Blanquet, E., Blonder, R., Brown, P., Cardoso, R., Castillo-Urueta, P., Chaipidech, P., Concannon, J., Doğan, Ö., EL-Deghaidy, H., Elzorkani, A., … Wishart, J. (2021). International collaborative follow-up investigation of graduating high school students' understandings of the nature of scientific inquiry: is progress Being made?, International Journal of Science Education, 43(7), 991-1016.

Matthews, M. (2012). Changing the focus: From nature of science (NOS) to feature of science (FOS). In M. S. Khine (Ed.), Advances in nature of science research: Concepts and methodologies p. 3-26. Dordrecht, The Netherlands: Springer.

McComas, W.F. (2008). Seeking historical examples to illustrate key aspects of the nature of science. Science & Education, 17(2-3), 249–263.

McComas, W. F. (Hrsg.) (2020). Nature of Science in Science Instruction – Rationales and Strategies. Cham: Springer.

McComas, W. F., & Olson, J. K. (1998). The nature of science in international science education standard documents. In W. F. McComas (Ed.), The nature of science in science education: Rationales and strategies (41-52). Dordrecht: Kluwer.

Neumann, I. & Kremer, K. (2013). Nature of Science und epistemologische Überzeugungen – Ähnlichkeiten und Unterschiede. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 19, 211-234.

Nichols, T. (2017). The death of expertise: The campaign against established knowledge and why it matters. New York: Oxford University Press.

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.

Roberts D (2007) Scientific literacy/science literacy. In S. Abell & N. Lederman (Hrsg.) *Handbook of research on science education* (S. 729-780). Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates.

Rumann, S. (2021). GDCP-Rundbrief 2/2021. 20.07.2021.

Schwartz, R. & Lederman, N. & Crawford, B. (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. Science Education. 88(4), 610 - 645.

Schwartz, R., Lederman, N. G., & Lederman, J. S. (2008). An instrument to assess views of scientific inquiry: The VOSI questionnaire. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Baltimore, MD.

Tollefson, J. (2020). How Trump damaged science — and why it could take decades to recover. Nature 586, 190-194. https://doi.org/10.1038/d41586-020-02800-9

Watson, J.D. (1984). Die Doppel-Helix. Reinbek: Rowohlt.

Friederike Korneck

Institut für Didaktik der Physik
Goethe-Universität Frankfurt am Main

Laudatio zur Verleihung der GDCP-Ehrenmedaille an Prof. Dr. Peter Reinhold

Lieber Peter, liebe Kolleginnen und Kollegen,

am 29. Juni letzten Jahres, kurze Zeit nach seiner Verabschiedung in den Ruhestand, schrieb ich folgende Bitte an Peter Reinhold:

„Lieber Peter, für die GDCP-Tagung im September haben Andreas Nehring und Ben Heinitz (Hannover), Lukas Mientus (Potsdam), Michael Szogs und ich (Frankfurt) spontan beschlossen, unsere Beiträge zum Thema „Reflexion und Feedback zum Physikunterricht“ in einem Symposium zu bündeln. Nun möchten wir Dich (sehr kurzfristig, denn morgen ist Deadline) bitten, ob Du bereit wärst, als Diskutant ein Feedback zu unseren Beiträgen zu geben. … Wir hoffen sehr auf Deine Zusage!!“

Notgedrungen am gleichen Tag antwortete Peter: „Ich kann diese Aufgabe gerne übernehmen. Eine Bedingung hätte ich allerdings: Ich würde die Beiträge gerne etwa eine Woche vorher, z.B. als Powerpointfolien, haben wollen, um mich auf meinen Beitrag vorzubereiten.“

Auf Initiative Peters trafen sich tatsächlich alle Beteiligten eine Woche vor der GDCP-Tagung um Fragen zu den jeweiligen Präsentationen zu klären und das Symposium zu strukturieren. Dass wir, aufgrund dieser Vorbereitungen, die Diskussionen unserer Ansätze und Ergebnisse auf der darauffolgenden Tagung als sehr gewinnbringend und inspirierend in Erinnerung haben, versteht sich von selbst.

Diese Anekdote zeigt beispielhaft die entspannte Kollegialität und Fürsorge Peter Reinholds, auch außerhalb seines direkten Umfelds. Deshalb freue ich mich sehr, lieber Peter, dass die GDCP Dir heute die Ehrenmedaille verleiht und ich Dich mit einer Laudatio würdigen darf.

Laut Satzung verleiht die GDCP die Ehrenmedaille an Persönlichkeiten, die durch langjährige hervorragende Forschungsleistungen maßgeblich zur Profilierung der physik- und chemiedidaktischen Forschung beigetragen haben. Neben den Forschungs- und Entwicklungsleistungen gehört in meinen Augen auch die Schaffung einer kollegialen und diskursiven Atmosphäre in einer Community zu den preiswürdigen Leistungen und auch aus diesem Grund freue ich mich sehr, dass das Auswahlgremium diese Entscheidung getroffen hat.

Forschungsschwerpunkte sind neben einem Spiegel des persönlichen Interesses immer auch den bildungspolitischen Gegebenheiten geschuldet. Deshalb möchte ich zunächst chronologisch auf einige Forschungsschwerpunkte und –projekte Peter Reinholds eingehen.

Peter Reinhold absolvierte 1982 an der Christian-Albrechts-Universität in Kiel ein Lehramtsstudium für Gymnasien in den Fächern Physik und Mathematik und forschte nach seinem Studium am IPN in Kiel, zunächst als wissenschaftlicher Mitarbeiter, dann als Assistent. Hier promovierte er 1987 zum Thema „Systembildenlernen am Beispiel von CARNOTs Wärmemaschine“ und habilitierte 1994 zum Thema „Offenes Experimentieren und Physiklernen“. Anhand zweier faszinierender Phänomene, den „schwingenden

Teekesseln“ sowie dem „Würfelphänomen“, einem plastischen Schattengebilde, stellte Peter Reinhold in einem Plenarvortrag auf der GDCP-Jahrestagung 1996 Fallstudien zum offenen Experimentieren in Seminaren für Lehramtsstudierende vor.

Erkenntnisse aus dieser Arbeit flossen unter anderem in den BLK-Modellversuch “Praxis integrierter naturwissenschaftlicher Grundbildung” ein. Dieses Projekt PING ergab sich aus der Notwendigkeit, Unterrichtsmaterialien für die Anfang der 1990er Jahre neu gegründeten Gesamtschulen, in denen die Fächer Biologie, Chemie und Physik in dem Fach „Naturwissenschaften” zusammengeführt wurden, zu entwickeln. So erarbeiteten unterrichtende als auch zur Entwicklung abgeordneten Lehrkräfte gemeinsam mit Forscher*innen des IPN einen konzeptionellen Rahmen, gestalteten Materialien und entwickelten Fortbildungen für einen integrierten naturwissenschaftlichen Unterricht, in dem lern- und erkenntnismethodische Aspekte verfolgt sowie das selbstständige Lernen der Schüler:innen konsequent gefördert wurden. Die umfangreichen Konzepte und Materialien wurden Ende der 1990er Jahre im Rahmen des SINUS-Projekts[1] weiterentwickelt und fanden unter anderem Eingang in das Schulcurriculum für den Nawi-Unterricht an der IGS Nordend, einer Frankfurter Gesamtschule. Mein Sohn besuchte diese Schule wenige Jahre später. Dort habe ich die Materialen teilweise wiedererkannt.

Nach dem Referendariat und einer Lehrstuhlvertretung an der Universität Paderborn wurde Peter Reinhold 1999 dort als Universitätsprofessor für Didaktik der Physik berufen.

Im gleichen Jahr wurde die Bologna-Erklärung verabschiedet, die eine Umstrukturierung von Studiengängen in eine modularisierte Bachelor- und Masterstruktur vorsah. 2002 begannen die ersten Länder die Lehrkräftebildung zu reformieren. Es wurden nicht nur strukturelle, sondern auch inhaltliche Reformen umgesetzt, die mit einer Stärkung der Fachdidaktiken, der Bildungswissenschaften und der Schulpraktika einhergingen. Einige Länder und Hochschulstandorte nutzten den Bologna-Prozess, um die Lehrkräftebildung grundlegend zu verändern.

Reformdiskussionen wurden natürlich auch in der GDCP geführt, so lautete das Thema der GDCP-Jahrestagung 2004 „Relevanz fachdidaktischer Forschungsergebnisse für die Lehrerausbildung“.

Einen der Plenarvorträge mit dem Titel „Fachdidaktische Forschung in der Lehrerausbildung“ hielt Peter Reinhold. Die zum Vortrag gehörende Veröffentlichung war bereits in der ZfdN erschienen und wurde im Tagungsband nachgedruckt[2]. Dieser Artikel war für mich, die damals am Anfang der Quereinsteigerstudie stand, Orientierung und Richtschnur.

Ausgehend von den Anforderungen, die der Bologna-Prozess für die Lehrkräftebildung und spezifisch für die Fachdidaktik bedeutet, die zukünftig als Berufswissenschaft im Zentrum der professionellen Lehrkräftebildung stehen sollte, stellte Peter Reinhold die zentrale Forderung auf, dass eine wissenschaftliche Lehrerbildung „durch naturwissenschaftsdidaktische Forschung zu allen Gegenständen und Bereichen der Ausbildung und ausdrücklich auch die Überprüfung der unterstellten Wirkungen dieser Ausbildung“ abgesichert werden müsse. Dies umfasse normativ geprägte oder theoriegeleitete Entwicklungen und Evaluationen sowie qualitative und quantitative Wirkungsforschung. Aus einer Analyse des Erkenntnisstands zu Strukturen, Inhalten und Wirkungen des naturwissenschaftlichen Lehramtsstudiums leitete er Forderungen nach einem Bezugsrahmen für die verschiedenen bestehenden Modelle sowie

[1] Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts

[2] Reinhold, P. (2005). Fachdidaktische Forschung in der Lehrerausbildung In: A. Pitton (Hrsg.): Vorträge auf der Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDCP). Lit-Verlag, S. 17-43.

einem Kerncurriculum für die Physikdidaktik ab. Infolge entwickelte er ein theoretisches Modell zur Wirksamkeit der fachdidaktischen Lehrkräftebildung und beschrieb Elemente eines Forschungsprogramms zu dessen Überprüfung.

Peter Reinhold beließ es nicht bei der Beschreibung der Desiderata und notwendigen Schritte, sondern machte sich auf den Weg: Mit seiner rasch größer werdenden Arbeitsgruppe - soweit ich weiß startete diese mit einer halben Mitarbeiterstelle - setzte er wichtige Meilensteine in der Professionalisierungsforschung unserer Disziplinen. Der erste Meilenstein war die Modellierung und Operationalisierung des Fachwissens und physikdidaktischen Wissens im Rahmen des Promotionsvorhabens von Josef Riese. Ziel war es, aus den Ergebnissen der Erhebungen Rückschlüsse auf die Wirksamkeit der universitären Physik-Lehrkräftebildung zu ziehen, um diese zielgerichtet verbessern zu können. Die Operationalisierung des Fachwissens basierte auf einem dreidimensionalen Rahmenmodell, die der fachdidaktischen Kompetenz auf fünf unterrichtsbezogenen Anforderungsbereichen. Letztere sollten (anders als in den Studien COACTIV und MT21) durch Vignettentests möglichst handlungsnah erfasst werden. Die Ergebnisse dieses Projekts waren nicht nur für die Physikdidaktik wegweisend. Die zahlreichen Publikationen und Vorträge wurden auch von den Fachdidaktiken anderer Fächer und den Bildungswissenschaften wahrgenommen und rezipiert.

Zwei Besonderheiten sind mir aus dieser Zeit in Erinnerung geblieben: Zum einen war die Arbeitsgruppe in Paderborn sehr offen für einen vielfältigen Austausch und setzte auf Kooperation statt auf Konkurrenz. So trafen sich z.B. im September 2009 die Paderborner mit unserer Frankfurter Arbeitsgruppe um mögliche Synergien auszuloten. Wir Frankfurter hatten großes Interesse an dem Paderborner Instrument für unsere Quereinsteigerstudie und die Paderborner Gruppe an einem möglichst breiten Einsatz des Instruments zur weiteren Validierung. Meine Gesprächsnotizen von diesem Tag zeugen von einer lebhaften Diskussion und die nachfolgenden Mails von einer Zufriedenheit mit den Ergebnissen auf beiden Seiten. Wir vereinbarten unter anderem sogar eine gegenseitige Nutzung unserer Daten für spezifische Fragestellungen. So wurden z.B. Daten der Quereinsteigerstudie zur Validierung des Paderborner Instruments verwendet.

Und damit komme ich auf eine weitere Besonderheit der Paderborner Gruppe, nämlich dem stetigen selbstkritischen Hinterfragen der eigenen Ergebnisse, wie z.B. durch den Beitrag „Physikdidaktisches Wissen: Was wird gemessen, was sollte man messen?“ von Joseph Riese und Peter Reinhold auf der GDCP-Tagung 2011[3], in dem sie die eigene Konzeptualisierung und Operationalisierung des fachdidaktischen Wissens zur Disposition stellten.

Ursache war, dass Quereinsteigende gegenüber Lehramtsabsolvent:innen im fachdidaktischen Wissen nur einen geringen Nachteil hatten und vertiefte Analysen zeigten, dass nur die Testteile für das deklarative fachdidaktische Wissen den Unterschied erzeugten, nicht die Ergebnisse der handlungsnahen Vignettentests.

So wurden diese Projektergebnisse Ausgangspunkt für Weiterentwicklungen der Modelle und Messmethoden sowie für weitere vertiefte Studien zur Professionalisierung von Lehramtsstudierenden u.a. im Rahmen des Verbund-Forschungsvorhabens „Professionswissen in der Lehramtsausbildung Physik“ ProfiLe-P, das Peter Reinhold 2011 bis 2015 leitete. Im Rahmen dieses Projekts entstehen in Paderborn verschiedene Dissertationen: Z.B. untersuchte Christoph Vogelsang zur Handlungsvalidierung des

[3] Riese, J, Reinhold, P. (2012). Physikdidaktisches Wissen: Was wird gemessen, was sollte man messen? In: S. Bernholt (Hrsg.): Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht. Vorträge auf der Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDCP). Lit-Verlag, S. 280-282.

Fragebogeninstruments zum Professionswissen in seiner Dissertation den Zusammenhang zwischen Kompetenz und Performanz von Physiklehrkräften; Yvonne Webersen entwickelte ein dreidimensionales Modell und ein Testinstrument für das fachdidaktische Wissen; David Woitkowski modellierte und operationalisierte das fachliche Wissen Physik in der Hochschulausbildung und Viktoria Rath die diagnostische Kompetenz in Bezug auf Schülervorstellungen. In aktuell laufenden Projekten entwickelt Anna Bauer ein Bewertungsmodell zur handlungsorientierten Messung experimenteller Kompetenz von Studierenden und Fabian Sterzing untersucht die Lernwirksamkeit von Erklärvideos.

Nach seiner Pensionierung ist Peter Reinhold weiterhin als Berater des Verbundvorhabens ProfiLe-P-Transfer aktiv.

Entsprechend seiner eigenen Forderungen hat sich Peter Reinhold nicht nur in der fachdidaktischen Forschung auf den Weg gemacht, indem er wichtige thematische und forschungsmethodische Impulse setzte, sondern er verfolgte auch konsequent das Ziel, wissenschaftliche Erkenntnisse in den Aktionsraum der Lehrkräftebildung zu transferieren, wie wir bereits von Stefan Rumann in Bezug auf den Sachunterricht gehört haben.

Seit seiner Berufung an die Universität Paderborn war Peter Reinhold im Paderborner Zentrum für Bildungsforschung und Lehrerbildung (PLAZ) in leitenden Funktionen aktiv und hat sich für die Stärkung der Fachdidaktik in Forschung und Lehre engagiert. Er war verantwortlich für erfolgreiche Akkreditierungen und Reakkreditierungen der Lehramtsstudiengänge und stellvertretender Vorsitzender des Gemeinsamen Prüfungsausschusses für die Lehramtsstudiengänge aller Fakultäten.

Lange Zeit leitete er den Arbeitsbereich Forschung des PLAZ und baute dort ein interdisziplinäres Forschungskolleg für promovierende Lehrerkräfte sowie wissenschaftliche Mitarbeiter*innen der Bildungswissenschaften und Fachdidaktiken auf.

Peter Reinhold steht für eine konsequente Kompetenzorientierung in der Lehrkräftebildung. 2004 war er federführend an der erfolgreichen Einwerbung des Projekts „Standards – Profile – Entwicklung – Evaluation“ (SPEE) beteiligt, in dessen Rahmen ein Modell zur Innovation der Lehrkräftebildung entwickelt wurde[4]. Vor dem Hintergrund des Forschungsstands zur Lehrerausbildung beinhaltet das Modell die Bestimmung von für das Berufsfeld Schule zu erwerbenden Kompetenzen und darauf bezogen die Formulierung von Standards sowie die Modularisierung der Studienstruktur. Konsequenterweise wurde eine institutionalisierte Zusammenarbeit mit den Studienseminaren und den Schulen der Region angestrebt.

In einem Gespräch fasste ein Kollege Peters Engagement folgendermaßen zusammen: „An der Uni Paderborn gibt es kein Rad, das Peter nicht gedreht hätte. Unter den Kollegen in Paderborn hat er einen exzellenten Ruf.“

Dieser exzellente Ruf ist sicher auch darin begründet, dass Peter Reinhold maßgeblich zur Einwerbung des alle Studiengänge der Universität Paderborn umfassenden Programms „Heterogenität als Chance“ beigetragen und dieses zusammen mit einem Kollegen aus der Psychologie von 2011-2020 koordiniert hat. Mit über 30 Teilprojekten und einem Drittmittelvolumen von über 20 Millionen Euro wurden in allen Fakultäten fachspezifische Betreuungs- und Beratungsangebote für Studierende in entscheidenden Phasen universitärer Ausbildung umgesetzt und diese Unterstützungsangebote strukturell mit dem Ziel einer heterogenitätsorientierten Qualitätsentwicklung in Studium und Lehre verankert[5].

---

[4] Frau Dr. Hilligus, Geschäftsführerin des PLAZ, persönliche Mitteilung vom 3. September 2021

[55] https://www.uni-paderborn.de/lehre/qpl/heterognitaet-als-chance-qpl-in-paderborn

Lieber Peter, Du hast hervorragende Leistungen für die chemie- und physikdidaktische Forschung erbracht und in beispielhafter und herausragender Weise Deine Forschungsanliegen mit der praktischen Umsetzung in der Lehrerausbildung und im Hochschulmanagement verbunden. Das habe ich - und wahrscheinlich viele andere - immer mit großem Respekt verfolgt.

Ich gratuliere Dir herzlich zur Ehrenmedaille der GDCP.

Marcus Kubsch[1] [1]IPN Kiel
Peter Wulff[2] [2]Pädagogische Hochschule Heidelberg
David Buschhüter[3] [3]Universität Potsdam

Schwerpunkttagung Maschinelles Lernen und computerbasierte Textanalysen: Potentiale und Herausforderungen für die Naturwissenschaftsdidaktik

Motivation der Tagung

Fortschritte in der Computertechnologie erlauben automatisiert komplexe Daten wie Texte oder Bilder zu klassifizieren oder sehr große Datenmengen systematisiert nach Zusammenhängen zu durchsuchen. Einschlägige Anwendungen in Domänen wie der Physik (z.B.: Entdeckung neuer Gesetzmäßigkeiten; van Nieuwenburg Liu & Huber, 2017), Biologie (z.B.: Proteinfaltung, Noé, De Fabritiis & Clementi, 2019) oder der Medizin (z.B.: Klassifikation von Röntgenaufnahmen, Goodfellow, Bengio, & Courville, 2016) verdeutlichen das große Potential entsprechender Anwendungen. Im Kontext von Bildung sind dabei für Lehre und Forschung zuvorderst maschinelles Lernen (ML) und computerbasierte Sprachverarbeitung (engl. Natural Language Processing, kurz: NLP) vielversprechende Technologien. Insbesondere digitale Lernumgebungen (Neumann & Waight, 2020) bieten dabei das Potential zur sinnvollen Anwendung von ML und NLP.

Während im internationalen Raum das Thema seit einiger Zeit in der Forschung mit steigendem Interesse behandelt wird (Korkmaz & Correia, 2019; Zhai, Yin, Pellegrino, Haudek & Shi, 2020), existieren im Bereich der deutschsprachigen Naturwissenschaftsdidaktiken erst wenige Studien dazu (z.B.: Krüger und Krell, 2020; Wulff et al., 2020). Zum jetzigen Zeitpunkt ist es deshalb wünschenswert, Gebiete für die Anwendung von ML und NLP im Bereich der Naturwissenschaftsdidaktik zu identifizieren und Chancen und Grenzen dieser Verfahren in der Community zu diskutieren. Die Schwerpunkttagung hatte zum Ziel konsensfähiges Orientierungswissen zu Potentialen und Grenzen zu generieren, sodass eine nachhaltige und den wissenschaftlichen Gütekriterien der Naturwissenschaftsdidaktiken entsprechende Implementation und Forschung angeregt wird.

Spezifisch wurden die Aspekte der digitalen Lehr-Lern-Umgebungen, des maschinellen Lernens sowie der computerbasierten Sprachverarbeitung entlang der Themenkorridore (1) Forschungsfragen und Erkenntnisgewinnung, (2) Lehre und Praxisimplementation, sowie (3) methodische Innovationen bearbeitet. Damit wurde das Ziel verfolgt, eine möglichst breite Beteiligung der naturwissenschaftsdidaktischen Forschungsgemeinschaft zu erreichen.

Tagungsprogramm

Das Tagungsprogramm wurde von David Buschhüter (Universität Potsdam), Marcus Kubsch (IPN), Tobias Ludwig (PH Karlsruhe), Andreas Nehring (LUH), Knut Neumann (IPN) und Peter Wulff (PH Heidelberg, damals Universität Potsdam) gestaltet.
Um die Vorkenntnisse, Einstellungen und Erwartungen der Teilnehmenden zu erheben, führten wir vor Veranstaltungsbeginn eine anonyme Online-Befragung durch. Dabei wurde unter anderem nach den Potentialen, Risiken/Grenzen von ML und NLP, sowie nach Erwartungen in Bezug auf die Schwerpunkttagung gefragt. Die Freitextantworten der 14 Befragten, die teilgenommen hatten, wurden analysiert. Im Hinblick auf die Potentiale ergaben sich dabei die zwei Kategorien: „Potentiale aufgrund der Limitationen des Menschen“ (z.B. Vereinfachung der Datenauswertung) und „Aufgabenfelder der Maschine allgemein“ (z.B. Feedback). Dies war insofern bemerkenswert, als dass sich die Aufgabenfelder prinzipiell aus den Limitationen

des Menschen ergeben. Darüber hinaus gab es weitere Anmerkungen, wie z.B., dass die Maschinen-Perspektive auf bestimmte Forschungsgegenstände der Fachdidaktik an sich bereits einen Forschungsbeitrag darstellt. Ein ähnliches Muster konnten wir bei den Antworten auf die Frage zu den Grenzen und Risiken identifizieren. Zwei größere Kategorien waren hier „Maschinenfehler/-grenzen“ (z.B. Bias, unzureichende Trennung von Sprache und Inhalt) und die Gefahr für die Überbewertung der neuen Methoden, wenn diese Limitationen nicht ausreichend beachtet werden. Diese Gefahr ist u.a. im Kontext sogenannter Hype-Zyklen im Feld der Künstlichen-Intelligenz-Forschung bereits gut bekannt. Andere Kategorien bezogen sich auf das Problem der (mangelnden) Akzeptanz von modernen Methoden und digitalen Werkzeugen, auf die Gefahr eines Defizits von Menschlichkeit/Persönlichkeit in der Lehre, auf einen möglichen Verlust von Kreativität bei der Analyse, und auf die Aspekte Datenschutz und Ethik. Nach unserer Analyse der Erwartungen an die Tagung wünschten sich die Teilnehmenden insbesondere Einblicke und Überblicke in Bezug auf aktuelle Forschung zum Tagungsthema, Wissen zur technischen Umsetzung sowie Vernetzungsmöglichkeiten.

Die Tagung wurde mit insgesamt 47 Teilnehmenden virtuell über Gather.town durchgeführt und begann im Sinne des in der Online-Befragung geäußerten Wunsches nach Wissen zur technischen Umsetzung mit einem ausgebuchten Pre-Conference-Workshop von Prof. Joshua Rosenberg (University of Tennessee, Knoxville), in dem die Umsetzung von einführenden ML-Verfahren in R behandelt wurde. Das Hauptprogramm der Tagung war über zwei Tage aufgeteilt. Der Großteil des ersten Tages war geprägt von zwei Keynotes (Prof. Bruce Sherin, Northwestern University; Prof. Detmar Meurers, Universität Tübingen) und einer Postersession. In dieser Weise wurden Einblicke und Überblicke in Bezug auf aktuelle Forschung zum Tagungsthema gegeben. Im Anschluss folgten Round-Table-Gespräche. Der zweite Tag wurde eingeleitet mit einer Zusammenfassung der Ergebnisse des ersten Tages sowie einem interaktiven Vortrag zu Praxisperspektiven auf den Einsatz von ML und NLP in der Schule. Nach einem weiteren Round-Table-Gespräch fand ein Abschlussplenum statt.

Die Tagung wurde von einem Podcast *Maschinelles Lernen in der Naturwissenschaftsdidaktik*, welcher von den Autoren dieses Beitrags produziert wurde, begleitet (https://open.spotify.com/show/1UaS4tTu0a7R74ARGbTjpc). Im Podcast, der bisher über 300-mal aufgerufen wurde, berichteten Prof. Joshua Rosenberg, Prof. Bruce Sherin und Prof. Detmar Meurers von ihrer Forschung im Kontext ML/NLP und lieferten interessante Einblicke und Hintergründe in ihre Arbeit und ihre Perspektiven auf die Themen der Tagung.

Keynotes

Für die Keynotes konnten zwei ausgewiesene Experten aus den Bereichen Computerlinguistik bzw. Naturwissenschaftsdidaktik gewonnen werden. Prof. Detmar Meurers ist Computerlinguist an der Eberhard Karls Universität zu Tübingen und beschäftigt sich in seiner Forschung unter anderem mit der Verbesserung von Lehr- und Lernprozessen in verschiedenen Fächern wie Englisch oder Geographie. Detmar Meurers nutzt NLP unter anderem zur Interpretation von authentischen Lernprodukten, insbesondere auch mit Big Data. Des Weiteren hat er mit seiner Arbeitsgruppe formative Evaluationssysteme wie das FeedBook (http://feedbook.website/) als ein unmittelbares sowie interaktives Feedbacksystem entwickelt und damit plastisch gezeigt, wozu trainierte Maschinen in der Lage sein können. Auf Basis einer Analyse von Geographiebüchern hat Meurers den Tagungsteilnehmenden illustriert, auf welche Weise ML und NLP dazu genutzt werden können, eine fehlende Passung von Lehrmaterialien zu zeigen: Die durchschnittliche Satzlänge der betrachteten Schulbücher übersteigt hier signifikant das Niveau der Schülerinnen und Schüler (Berendes et al., 2018). Solche diagnostischen Informationen können dann von Forschenden verwendet werden, um Lehrbuchtexte zu verbessern.

Anhand des FeedBooks zeigte Meurers eindrücklich auf welche Weise ML und NLP zur adaptiven und sofortigen Rückmeldung bei Englischlernenden verwendet werden können, die auf Basis eines Lernendenmodells jeweils den aktuellen Lernstand in einer grafischen Darstellung ausgibt. Auch hier sind die Potentiale von ML und NLP für die Weiterentwicklung von schulischen Lernumgebungen sehr deutlich. Prof. Bruce Sherin von der Northwestern University, Chicago, USA, hat die Keynote von Meurers durch eine explorative Analyse ergänzt. Sherin zeigte, dass ML und NLP Methoden dazu verwendet werden können, um Erklärungen von Schülerinnen und Schülern zu den Jahreszeiten in Interviewtranskripten zu identifizieren (Sherin, 2013). Sherin hat damit verdeutlicht, dass auch im Bereich Naturwissenschaftsdidaktik ML und NLP Methoden neue Erkenntnispotentiale bieten.

Postersession

Im Rahmen der Postersession (Abb. 1) wurden insgesamt zehn Poster vorgestellt und diskutiert. Das virtuelle Format auf der Plattform Gather.town erlaubte es den Teilnehmenden dabei für eine Online-Konferenz vergleichsweise realitätsnah zu interagieren, sodass produktive Diskussionen zustande kamen.

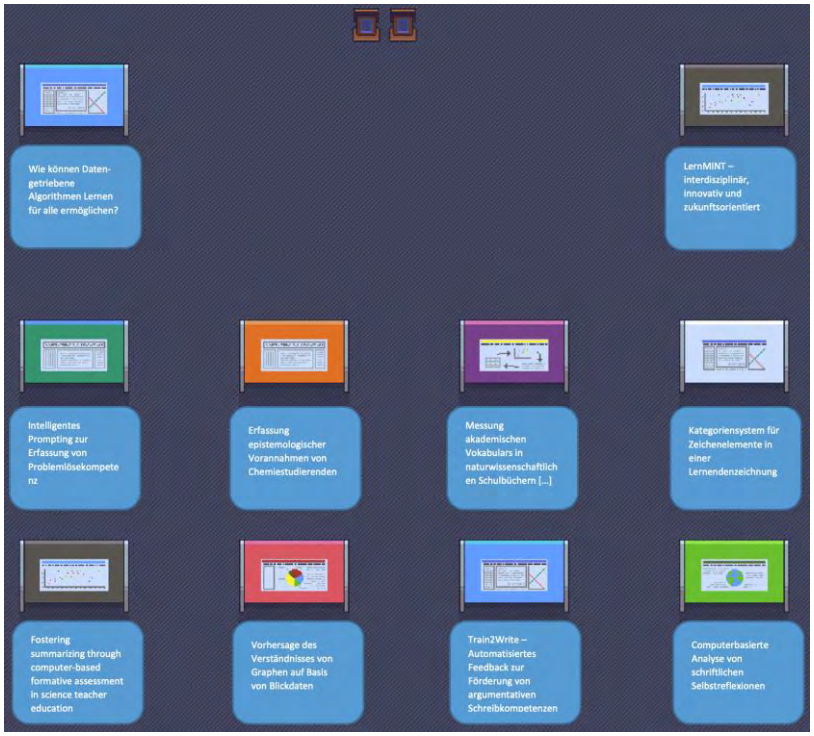


Abb.1. Postersession auf Gather.town.

Round-Table-Gespräche

In der ersten Phase der Round-Table-Gespräche wurden insbesondere Fragen nach Potentialen und Grenzen von ML und NLP diskutiert. Die zweite Phase konkretisierte die Diskussion mit dem Ziel der Erarbeitung spezifischer Anliegen fachdidaktischer Forschung. Dabei sollte beschrieben werden, inwiefern ML und NLP Potentiale in Bezug auf diese Anliegen bieten können und welche Herausforderungen sich ergeben. Diese Fragen wurden in Gruppen mit den

Schwerpunkten individualisiertes Lernen und Kompetenzdiagnose diskutiert, da sich diese Strukturierung in der ersten Phase als nützlich erwiesen hatte. Die Teilnehmenden hatten die Möglichkeit ihre Ergebnisse mittels digitaler Notizen festzuhalten.

Zusammenfassung

Ein zentrales Anliegen der Tagung war es, an den Themen ML und NLP Interessierte aus der naturwissenschaftsdidaktikschen Forschungsgemeinschaft in Deutschland zusammenzubringen und gemeinsam Potentiale und Grenzen der neuen Technologien für Forschung und Praxis zu diskutieren. Dies wurde aus unserer Sicht in den anregenden und intensiven Round-Table-Diskussionen häufig erreicht. Daneben sollte die Tagung auch dazu beitragen Forschende über Standortgrenzen hinweg zu vernetzen und vor allem auch den wissenschaftlichen Nachwuchs zu befähigen ML und NLP in der eigenen Forschung einzusetzen. Letzteres wurde aus unserer Sicht vor allem durch den Pre-Conference-Workshop und die im Anschluss an die Tagung stattfindenden zwei weiteren Workshops erreicht. Nachdem der Pre-Conference-Workshop auf ML fokussierte, wurde im ersten Folgeworkshop (ebenfalls von Prof. Joshua Rosenberg geleitet) der Fokus auf NLP gelegt. Im letzten Workshop, welcher von Prof. Christina Krist geleitet wurde, stand die Frage nach sinnvollen Anwendungen der neuen Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung im Vordergrund. Über die insgesamt drei Termine hinweg konnte sich somit eine Kerngruppe von ca. 15 Nachwuchswissenschaftler*innen vernetzen und umfangreich zur Anwendung von ML und NLP fortbilden.

Danksagung

An dieser Stelle möchten wir uns noch einmal herzlich bei der Deutsche Telekom Stiftung bedanken, welche die Tagung finanziell unterstützt hat, sodass die Teilnahme für alle kostenfrei erfolgen konnte. Außerdem danken wir der Joachim Herz Stiftung für die finanzielle Unterstützung zur Realisierung der fortgesetzten Workshopreihe zu ML und NLP.

Literatur

Berendes, K., S. Vajjala, D. Meurers, D. Bryant, W. Wagner, M. Chinkina & U. Trautwein (2018). Reading demands in secondary school: Does the linguistic complexity of textbooks increase with grade level and the academic orientation of the school track? Journal of Educational Psychology 110(4), 518–543.

Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). Deep learning. MIT press.

Krüger, D., & Krell, M. (2020). Maschinelles Lernen mit Aussagen zur Modellkompetenz. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 26(1), 157–172. https://doi.org/10.1007/s40573-020-00118-7

Roberts, M. E., Stewart, B. M., & Tingley, D. (2019). stm: An R Package for Structural Topic Models. Journal of Statistical Software, 91(2), 1–40. https://doi.org/10.18637/jss.v091.i02

Sherin, B. (2013). A Computational Study of Commonsense Science: An Exploration in the Automated Analysis of Clinical Interview Data. *Journal of the Learning Sciences*, *22*(4), 600–638. https://doi.org/10.1080/10508406.2013.836654

Wang, J., Olsson, S., Wehmeyer, C., Pérez, A., Charron, N. E., De Fabritiis, G., ... & Clementi, C. (2019). Machine learning of coarse-grained molecular dynamics force fields. ACS central science, 5(5), 755-767.

Van Nieuwenburg, E. P., Liu, Y. H., & Huber, S. D. (2017). Learning phase transitions by confusion. Nature Physics, 13(5), 435-439.

Waight, N., & Neumann, K. (2020). 21st-century science education digital ecologies: Technology, technique, shoelaces, promise, and pitfalls? Journal of Research in Science Teaching, 57(9), 1313–1321. https://doi.org/10.1002/tea.21667

Wulff, P., Buschhüter, D., Nowak, A.; Westphal, A., Becker, L., Robalino, H., Stede, M. & Borowski, A. (2020): Computer-Based Classification of Preservice Physics Teachers' Written Reflections. In: *Journal of Science Education and Technology*. DOI: 10.1007/s10956-020-09865-1.

Tatjana K. Stürmer-Steinmann[1]
Julian A. Fischer[2]
Daniel Laumann[3]
Knut Neumann[2]
Susanne Weßnigk[1]

[1]Leibniz Universität Hannover
[2]IPN Kiel
[3]Westfälische Wilhelms-Universität Münster

Digitale Energieeinheiten: Analyse eines Implementationsprozesses

Hintergrund und Zielsetzung

Erkenntnisse fachdidaktischer Forschung werden selten dauerhaft in der Unterrichtspraxis umgesetzt (Gräsel & Parchmann, 2004) und das, obwohl sich wiederkehrend zeigt, dass der Einsatz fachdidaktisch fundierter Unterrichtsgänge die Unterrichtsqualität erhöhen kann (u. a. Charalambous & Hill, 2012; Greinert & Weßnigk, 2019). Zur Generierung derartiger Vorschläge für die Unterrichtsgestaltung werden bspw. *Ansätze für Innovationen fachdidaktisch* theoriebasiert entwickelt und methodisch abgesichert evaluiert. Derart evidenzbasierte Beiträge zu einer innovativen Unterrichtsgestaltung finden ihren Eingang in die Unterrichtspraxis (Schrader, Hasselhorn, Heteisch & Goeze, 2020).

Ziel des DFG-Transferprojekts „energie.TRANSFER“ ist der Transfer von Ergebnissen fachdidaktischer Forschung zum Basiskonzept Energie in die Schule durch Entwicklung und Implementation *digitaler Unterrichtseinheiten*, die sich inhaltlich am Basiskonzept Energie und am phänomenbasierten Lernen orientieren (Fischer et al., 2021). Die Unterrichtseinheiten wurden in digitalisierter Form in die Lehr-Lern-Plattform Moodle eingebettet (Weßnigk, Neumann & Kerres, 2020). Beispiel für eine solche Einheit wäre eine 3-5 stündige in sich geschlossene Lerneinheit zur Verknüpfung der Energieformen kinetische Energie und Lageenergie im Kontext „Achterbahn“ (Laumann et al., 2018).

Perspektive der Lehrkräfte in Innovationsprozessen

Akzeptanz bestimmt die bewusste Entscheidung der Lehrkräfte für einen Einsatz von Unterrichtsmaterialen (Beerenwinkel & Gräsel, 2005). Lehrkräfte haben zwar in der Regel wenig Einblick in aktuelle fachdidaktische Forschung (Duit, Schecker, Höttecke & Niedderer, 2014), jedoch haben sie Vorstellungen über das Ziel und die Nutzung einer Innovation. Die innovationsbezogenen Einstellungen und die wahrgenommene Nutzen-Aufwands-Relation haben einen Einfluss auf diese Akzeptanz (Ajzen & Fishbein, 1980; Rogers, 1983). Diese Faktoren, verbunden mit den individuellen Bedenken und Interessen wirken sich auf den Implementationsprozess von Innovationen aus (Davis, Palinscar, Smith, Arias & Kademian, 2017; Hall & Hord, 2006). Für die fachdidaktische Forschung lassen sich die innovationsbezogenen Einstellungen, Interessen, Bedenken und Kenntnisse als affektiv-kognitive Auseinandersetzung mit der Innovation zusammenfassen und mit einem siebenstufigen Modell der Stages of Concern aus dem Concern-Based-Adoption-Model (CBAM) strukturiert erfassen (Hall et al. 2011) (Abb.1):

- Unrelated: Auf Stufe 0 fehlt der Bezug zu der Innovation. Das Interesse daran ist gering.
- Self: Auf den Stufen 1 bis 2 ist die Auseinandersetzung mit der Innovation personenbezogen. Zuerst werden Informationen zur Innovation beschafft und dann die Auswirkung auf sich selbst fokussiert.

- Task: Auf Stufe 3 stehen organisatorische Aspekte im Vordergrund. Die persönliche Betroffenheit (Stufe 2) wird von aufgabenbezogenem Denken abgelöst.
- Impact: Auf den Stufen 4, 5 und 6 ist die Wirkung der Innovation zentral: die Auswirkungen auf den Unterricht und die Lernenden. Eine Zusammenarbeit mit anderen Lehrkräften und die Überarbeitung der Innovation werden angestrebt, um deren Nutzen zu vergrößern. Die Auseinandersetzung ist wirkungsbezogen.

Nach diesem Modell verschiebt sich die affektiv-kognitive Auseinandersetzung während der Implementation von Unrelated zu Self über Task bis zu Impact (Hall und Hord 2006).

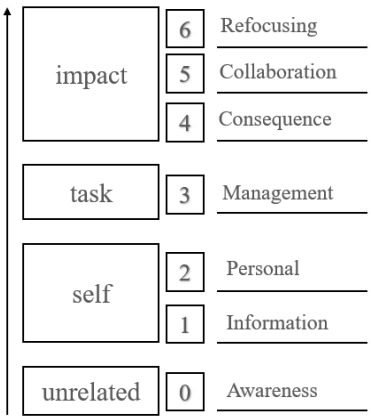


Abb. 1: Sieben Stufen der affektiv-kognitiven Auseinandersetzung

Fragestellung

Lehrkräfte können durch Bereitstellung von Unterrichtsmaterialien bei der Weiterentwicklung von Unterricht unterstützt werden (Breuer, Vogelsang & Reinhold 2018). Jedoch reicht eine Herausgabe von Unterrichtsmaterial an Lehrkräfte allein oft nicht aus. Die Implementation von *digitalen Unterrichtseinheiten* kann bspw. durch Fortbildungen unterstützt werden, um so Akzeptanzfaktoren wie Wissen oder Einstellungen zu beeinflussen (Lipowsky, 2010), das wahrgenommene Aufwand-Nutzen-Verhältnis ist allerdings weniger leicht zugänglich (Ajzen & Fishbein, 1980). Eine weniger aufwändige Möglichkeit stellt die selbstständige Auseinandersetzung mit den *digitalen Unterrichtseinheiten* mittels zusätzlicher Herausgabe einer Handreichung dar.

Bisher existieren wenig Studien über eine zielorientierte Gestaltung und Begleitung von Implementationsprozessen. Für das bessere Verständnis der Auseinandersetzung der Lehrkräfte mit der konkreten Innovation „*Digitale Unterrichtseinheit"*, wurde deren Implementation forschend begleitet. Folgende Frage wird im vorliegenden Beitrag beantwortet:

In welchem Maß unterscheidet die affektiv-kognitive Auseinandersetzung mit den *digitalen Unterrichtseinheiten* zwischen einer *Fortbildungs*- und einer *Handreichungsgruppe* über den gesamten Implementationsprozess?

Methodik

Zur Untersuchung der Fragestellung wurden zwei Implementationsmodi entwickelt. Die Lehrkräfte in der Fortbildungsgruppe (n=48) nahmen an einer modular aufgebauten Webinarfortbildung teil. Zur Vorbereitung wurden die Lehrkräfte individuell gecoacht. Die Lehrkräfte in der Handreichungsgruppe (n=28) setzten sich selbstständig mit einer im Moodlekurs eingefügten Anleitung mit den Unterrichtseinheiten auseinander. Beide Modi fokussierten den Einsatz der *digitalen Unterrichtseinheiten.* In einem pre-while-post Design wurden die Lehrkräfte zu ihrer affektiv-kognitiven Auseinandersetzung mit den *digitalen Unterrichtseinheiten* befragt. Die affektiv-kognitive Auseinandersetzung wurde jeweils mit 5 Items pro Stufe (achtstufige Likert-Skala von 0 (nicht relevant), 1 (trifft nicht zu) bis 7 (trifft völlig zu) mit dem Stages of Concern Fragebogen von Hall & Hord (2006) erfasst.

Ergebnisse

Pre: Vor der Auseinandersetzung mit den *digitalen Unterrichtseinheiten* weisen die Lehrkräfte auf keiner Stufe einen Unterschied auf. Zu diesem Zeitpunkt dominieren die selbstbezogene Auseinandersetzung und, etwas schwächer, die Auswirkungen auf die Schüler und Schülerinnen (Stufe 4).

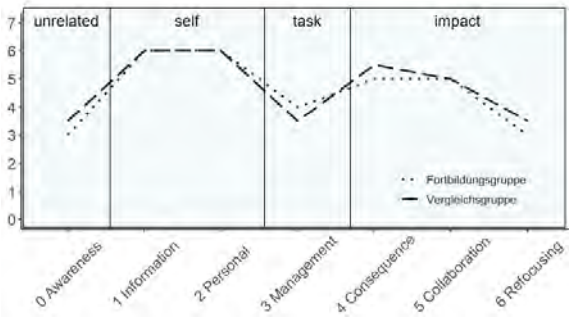


Abb. 2: Affektiv-kognitive Auseinandersetzung, Zeitpunkt pre

While: Die Auseinandersetzung mit den Unterrichtseinheiten hat sich in den Gruppen bis zum Zeitpunkt *while* (nach der Fortbildung bzw. der selbstständigen Auseinandersetzung) unterschiedlich „entwickelt". Nun unterscheiden sich die beiden Gruppen auf den Stufen 0, 1, 2 und 6 signifikant.

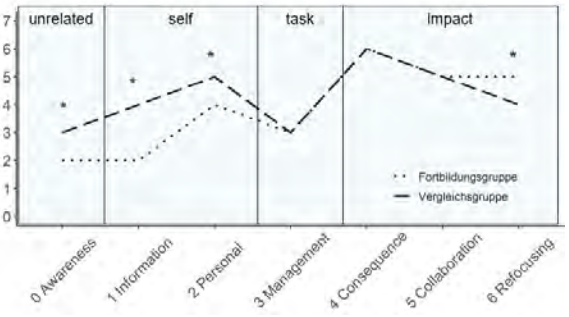


Abb. 3: Affektiv-kognitive Auseinandersetzung, Zeitpunkt while

Post: Zum Zeitpunkt *post* finden sich weitere Veränderungen in der Auseinandersetzung mit den Unterrichtseinheiten. Zu diesem Abfragezeitpunkt unterscheidet sich die Auseinandersetzung zwischen den Gruppen auf den Stufen 1, 2 und 6.

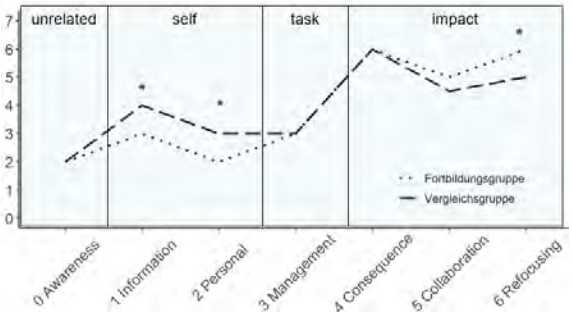


Abb. 4: Affektiv-kognitive Auseinandersetzung, Zeitpunkt post

Zusammenfassung

Die Teilnahme an einer Fortbildung und die selbstständige Auseinandersetzung mit den *digitalen Unterrichtseinheiten* wirken sich über den Implementationsprozess auf die affektiv-kognitive Auseinandersetzung aus. Die Teilnahme an der Fortbildung scheint sich beim Vergleich mit der Handreichungsgruppe zu lohnen. Die Fortbildung hat einen Einfluss auf das Bewusstsein (Stufe 0) und die personen- und wirkungsbezogene Auseinandersetzung (Stufe 2, 3, 6). Zu allen Zeitpunkten ist für die Lehrkräfte beider Gruppen die Auswirkungen auf den Unterricht sowie auf die Schüler und Schülerinnen relevant (Stufe 4). Transferprozesse sollten sich demnach zu jedem Zeitpunkt mit Aspekten, die die Wirkung der *digitalen Unterrichtseinheiten* betrifft, beschäftigen.

Literatur

Ajzen, I., & Fishbein, M. (1980). *Understanding attitudes and predicting social behavior*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall

Beerenwinkel, A., & Gräsel, C. (2005). Texte im Chemieunterricht: Ergebnisse einer Befragung von Lehrkräften. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *11*, 21–39

Breuer, J., Vogelsang, C., & Reinhold, P. (2018). Implementation fachdidaktischer Innovation am Beispiel des Münchener Unterrichtskonzepts zur Quantenmechanik. In: V. Nordmeier und H. Grötzebauch (Hg.): *PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung. Fachverband Didaktik der Physik*. Würzburg, 133–139

Charalambous C., & Hill H., (2012). Teacher knowledge, curriculum materials, and quality of instruction: Unpacking a complex relationship. *Journal of curriculum studies 44* (4), 443–466

Davis, E., Palinscar, A., Smith, S., Arias, A., & Kademian, S. (2017). Uptake, Impact, and Implications for Research and Design. *Educational Researcher, 46* (6), 293-304

Duit, R., Schecker, H., Höttecke, D. & Niedderer, H. (2014). Teaching Physics. In N. G. Lederman & S. K. Abell (Hrsg.), Handbook of Research on Science Education, Volume II (S. 599-629). Hoboken: Taylor and Francis.

Fischer, J. A., Steinmann, T., Kubsch, M., Laumann, D., Weßnigk, S., Neumann, K., & Kerres, M. (2021). Die Rettung der Phänomene! Durch Leitfragen sinnstiftendes Lernen initiieren und strukturieren. *MNU Journal*, *2*, 140–146.

Gräsel, C., & Parchmann, I. (2004). Implementationsforschung - oder: der steinige Weg, Unterricht zu verändern. Research on Implementation: The Problems of Changing Teaching and Learning. *Unterrichtswissenschaft, 32* (3), 196–214

Greinert, L., & Weßnigk, S. (2019). Energieentwertung mit der IR-Kamera – Studie zum Einfluss der IR-Kamera auf das Energieverständnis in einem curriculumorientierten Lehrgang mit Fokus auf Energietransfer. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*. Online verfügbar unter https://doi.org/10.1007/s40573-019-00102-w

Hall, G. E., & Hord, S. M. (2006). *Measuring implementation in schools. Using the tools of the Concern-Based-Adoption-Model*. Austin: Southwest Educational Development Laboratory

Hall, G. E., Shirley M., & Hord, S. M. (2011). Implementing change: patterns, principles, and potholes. Pearson.

Laumann, D., Fischer, J., Weßnigk, S., Kerres, M., Wenderoth, D., & Neumann, K. (2018). Entwicklung basiskonzeptorientierter Unterrichtseinheiten zur Energie. *Naturwissenschaftliche Bildung Als Grundlage Für Berufliche Und Gesellschaftliche Teilhabe. Gesellschaft Für Didaktik Der Chemie Und Physik Jahrestagung in Kiel 2018,* 815–818

Lipowsky, F. (2010). Lernen im Beruf. Empirische Befunde zur Wirksamkeit von Lehrerfortbildung. In: F. H. Müller (Eds), *Lehrerinnen und Lehrer lernen. Konzepte und Befunde zur Lehrerfortbildung*. Münster: Waxmann, 51–70

Rogers, E.M., (1983). *Diffusion of innovations* (3rd ed.). New York: Free Press of Glencoe.

Schrader, J., Hasselhorn, M., Het eisch, P. & Goeze, A. (2020). Stichwortbeitrag Implementationsforschung: Wie Wissenschaft zu Verbesserungen im Bildungssystem beitragen kann. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 23 (1), 9-59.

Weßnigk, S., Neumann, K., & Kerres, M. (2020). Energie unterrichten über eine digitale Plattform. Konzeption von Unterrichtseinheiten mit digitalen Medien und Werkzeugen. *Unterricht Physik*. (179), 31–36.

Heiko Hoffmann[1] [1]Provadis Hochschule Frankfurt am Main

Drug Design - Bezüge zum Schulunterricht und experimenteller Zugang - Zwischenmolekulare Wechselwirkungen und Basiskonzepte -

Die medizinische Chemie bzw. das Thema „Arzneistoffe“ sind sowohl klassische als auch immer wieder beachtete und hochaktuelle Inhalte des Chemieunterrichts (CU). Aufgrund ihres hohen Lebensweltbezugs und ihrer Interdisziplinarität bieten sie sich im besonderen Maße dazu an, Faszination für und Interesse an den Naturwissenschaften und insbesondere der Chemie zu wecken. Der eigentliche Kern der Thematik war bisher jedoch nicht prägnant für den CU erarbeitet worden, nämlich die zielgerichtete Variation der molekularen Struktur des Wirkstoffmoleküls zur systematischen Erhöhung der Gesamtbindungsaffinität an sein Zielmolekül im Organismus (Scheffel *et al*., 2007; Klebe, 2009).

Zentrale Konzepte sind dabei die intermolekularen Wechselwirkungen und die molekulare Erkennung zwischen Molekülen. Anhand eines der *Community* unterbreiteten Vorschlags (Hoffmann *et al*., 2020) können diese ein Modellsystem bestehend aus Trypsin (Zielprotein, *Target*) und mehreren Amin-Bindern (Inhibitoren, *Ligands*) im CU erschlossen werden. Dabei wurde der klassische und bewährte Ansatz des durch die Schülerinnen und Schüler (SuS) durchführbaren Experiments (im Mikromaßstab) gewählt, welches sich in den zeitlichen Rahmen einer Doppelstunde einfügen lässt. Durch Zusatz von *L*-BANA (*N*-α-Benzoyl-*L*-arginin-4-nitroanilid), einem chromogenen Substrat von Trypsin in Assays zur Messung seiner enzymatischen Aktivität (Erlanger *et al*., 1961), kann seine Aktivität mit dem blossen Auge oder alternativ UV-VIS-spektrometrisch in der Schule verfolgt werden. Trypsin bewirkt die Hydrolyse von *L*-BANA, wobei der gelbe Farbstoff *para*-Nitroanilin freigesetzt wird (Abb. 1).

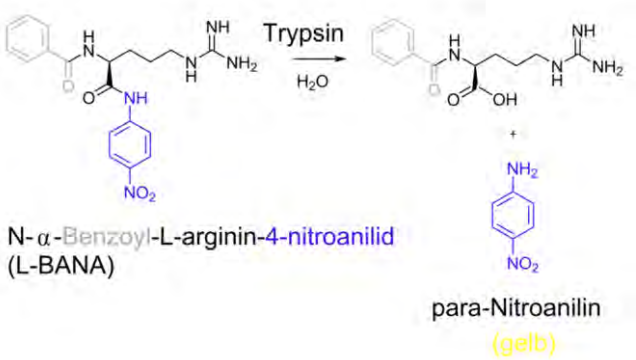


Abb. 1: Hydrolyse von L-BANA und Freisetzung des gelben para-Nitroanilins

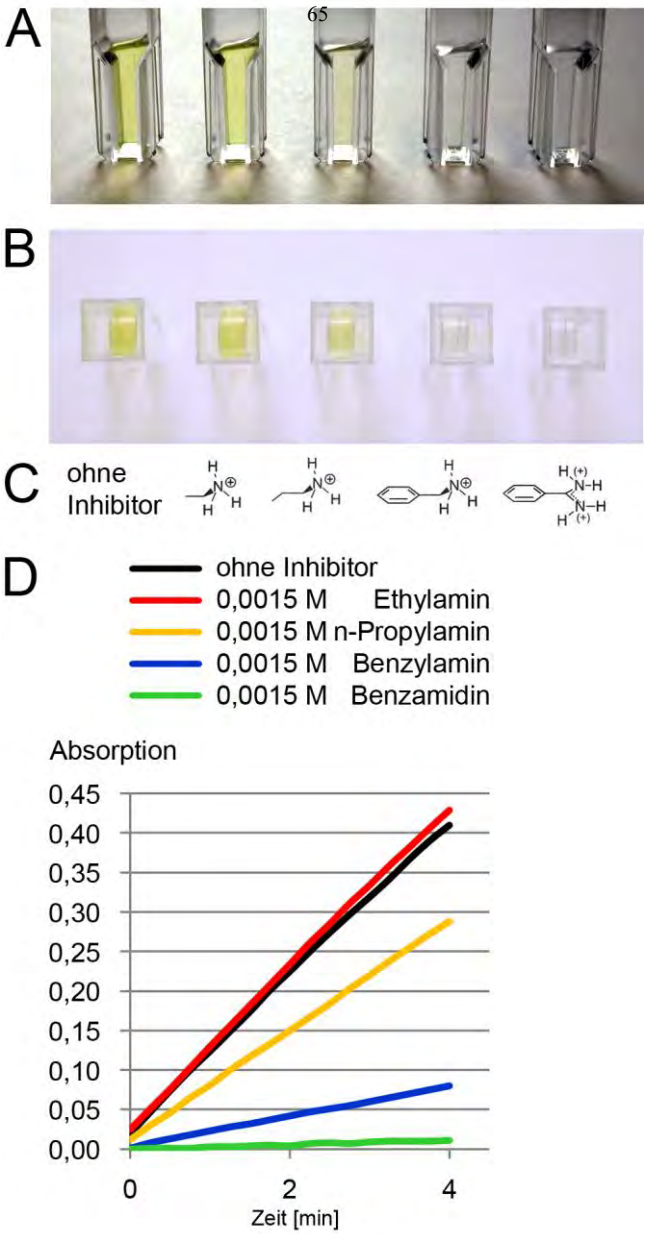


Abb. 2: Visuelle Beobachtung des Trends der Gelbfärbung (A,B) und UV-VIS-spektrometrisches Verfolgen der Hydrolyse (D), bei Zusatz der unter C gezeigten (protonierten) Amine. Informationen zur Durchführung: Nutzung von Stammlösungen und Verdünnungsreihen, TRIS-Puffer mit pH = 8,15, Bereithaltung der Trypsinlösung auf Eis, jew. 30 min Inkubationszeit, L-BANA-Zusatz jew. 0,000.015M, Inhibitor-Zusatz jew. 0,015M.

Je höher die Gesamtbindungsaffinität des zugesetzten Hemmers ist, desto langsamer erfolgt die Hydrolyse und Gelbfärbung der Lösung aufgrund der Konkurrenz um die Bindungsstelle (Abb. 2). Aufgrund des mikroskaligen Experiments ist die Durchführung inherent sehr sicher und kostengünstig.

Der experiment-basierte Unterricht kann flankiert werden durch die begleitende und kostenlose Nutzung der *Protein Data Bank* der *Royal Chemical Society* (*RCSB Protein Data Bank)* zur Visualisierung der Inhalte: Durch dreidimensionale Betrachtung von dort hinterlegten Enzym-Ligand-Co-Kristallstrukturen wird das schrittweise Ausfüllen des „höhlenartigen" aktiven Zentrums des Enzyms („Schlüssel-Schloss-Prinzip") bei einer jeweils auftretenden Erhöhung der Gesamtbindungsaffinität greifbar.

Die Additivität der Bindungsbeiträge kann im Rahmen der im Gymnasialkontext relevanten zwischenmolekularen Wechselwirkungen, (i) Van der Waals-Kräfte, (ii) Wasserstoff-Brückenbindungen, (iii) Dipol-Dipol-Wechselwirkungen im allgemeinen und (iv) ionische Bindungen („Salzbrücken"), verstanden und um den Hydrophoben Effekt (Koolman & Röhm, 2003) ergänzt werden. Ein visueller Vorschlag der didaktischen Reduktion wird dabei ins Zentrum der Betrachtungen gestellt (Abb. 3, Erlanger *et al*., 1961; Inagami & Murachi, 1963; Inagami, 1964; Mares-Guia & Shaw, 1965; Marquart *et al*., 1983; Ota *et al*., 1999; Di Fenza *et al*., 2007).

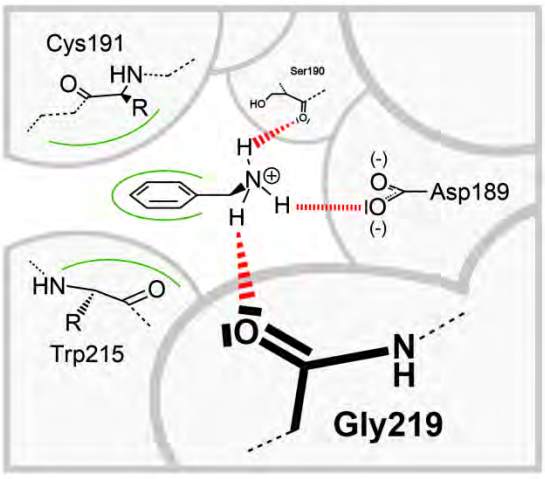


Abb. 3: Schematische Darstellung von Benzylammonium in der Bindetasche von Trypsin. (Ladungsverstärkte) Wasserstoffbrücken sind rot und hydrophile Bereiche sind grün gezeigt.

Die obligatorischen Basiskonzepte des CU können anhand oder eng verzahnt mit der Thematik behandelt und vertieft werden: Nur beim Passen und bei der richtigen räumlichen Ausrichtung des Wirkstoffs in die Bindetasche („Struktur-Eigenschaften") resultiert eine effektive Wechselwirkung durch energetisches Absenken der Situation („Energie"), wobei u.a. H-Brücken und deren Ladungsverstärkungen auftreten („Donator-Akzeptor").

Außerdem wird Lehr-Lern-Material zur Abrundung der Unterrichtseinheit (für leistungsstarke Lerngruppen) vorgeschlagen. Der Unterricht kann ergänzt werden um weitere Vorgehensweisen und „Regeln" des so genannten *Drug Designs* (Klebe, 2009; Graham, 2013): Rigidisierung (bspw. zur Verringerung von Nebenwirkungen), *Induced fit* (Veränderung der Geometrie des Zielmoleküls „vergleichbar mit einer in einen Handschuh gesteckten Hand", *Prodrugs* (die zum eigentlichen Wirkstoff metabolisiert werden) und Bioisosterie (Ersatz funktioneller Gruppen durch solche mit ähnlicher „Wirkung").

Literatur

Di Fenza, A., Heine, A., Koert, U., Klebe, G. (2007). Understanding Binding Selectivity toward Trypsin and Factor Xa: the Role of Aromatic Interactions. ChemMedChem 2, 297–308

Erlanger, B. F., Kokowsky, N., Cohen, W. (1961). The Preparation and Properties of Two New Chromogenic Substrates of Trypsin. Archives of Biochemistry and Biophysics 95, 271–278

Graham, L. P. (2013). An Introduction to Medicinal Chemistry, fifth Ed. Oxford University Press, Oxford.

Hoffmann, H., Tausch, M.W., Lühken, A. (2020). CHEMKON, 27, Nr. 3, 107-114

Inagami, T. (1964). The Mechanism of the Specifity of Trypsin Catalysis – Inhibition by Alkyl Ammonium Ions. The Journal of Biological Chemistry 239/3, 787–791

Inagami, T., Murachi, T. (1963). Induced Activation of the Catalytic Site of Trypsin. J. Biol. Chem. 238/5, 1905–1907

Klebe, G. (2009). Wirkstoffdesign. Entwurf und Wirkung von Arzneistoffen, zweite Auflage. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg.

Koolman J., Röhm, K.-H. (2003). Taschenatlas der Biochemie, dritte Auflage. Georg Thieme Verlag, Stuttgart.

Mares-Guia, M., Shaw, E. (1965). Studies on the Active Center of Trypsin. The Journal of Biological Chemistry 240/4, 1579–1585

Marquart, M., Walter, J., Deisenhofer, J., Bode, W., Huber, R. (1983). The Geometry of the Reactive Site and of the Peptide Groups in Trypsin, Trypsinogen and Its Complexes with Inhibitors. Acta Crystallographica Section B, 39, 480–490

Ota, N., Stroupe, C., Ferreira-da-Silva, J. M.S., Shah, S. A., Mares-Guia, M. (1999). Non-Boltzmann Thermodynamic Integration (NBTI) for Macromolecular Systems: Relative Free Energy of Binding of Trypsin to Benzamidine and Benzylamine. PROTEINS: Structure, Function and Genetics 37, 641–653

RCSB Protein Data Bank, https://www.rcsb.org/ (letzter Zugriff: 30.10.2021)

Scheffel, L., Hallerbach, K., Parchmann, I. (2007). Drug Design im Chemieunterricht. NiU-Ch 102/18, 43– 45

Alina Behrendt[1]
Vanessa Fischer[1]
Maik Walpuski[1]

[1]Universität Duisburg-Essen

Chemiebezogene Kompetenzen am Übergang zur Sekundarstufe I

Einleitung

Chemische Inhalte sind nicht erst im Chemieunterricht der Sekundarstufe I zu finden, sondern auch bereits im Sachunterricht der Grundschule. Dort werden sie in die naturwissenschaftliche Perspektive des Sachunterrichts integriert. Der Sachunterricht endet in Nordrhein-Westfalen wie in vielen anderen Bundesländern mit dem Ende der Jahrgangsstufe 4 (MSW NRW, 2008), während der Chemieunterricht der Sekundarstufe I frühestens in der Jahrgangsstufe 7 einsetzt (MSW NRW, 2013). Der Übergang zwischen dem Sachunterricht der Primarstufe und dem Chemieunterricht der Sekundarstufe I erfolgt somit nicht unmittelbar, sondern umfasst eine Übergangsphase von mindestens zwei Jahren (MSW NRW, 2013).

Theoretischer Hintergrund

Der Übergang vom Sachunterricht zum Chemieunterricht geht mit Veränderungen für Lernende einher. Inhalte, die zuvor in einem übergreifenden Fach aufgegriffen wurden, werden nun im nach Fachdisziplinen getrennten Unterricht thematisiert. Zudem sind Chemielehrkräfte Spezialisten für ihr Fach, während Sachunterrichtslehrkräfte nicht immer ein naturwissenschaftliches Fach studiert haben oder Sachunterricht sogar fachfremd unterrichten (Möller, 2010; Möller et al., 2013; Pollmeier et al., 2014; Rieck & Fischer, 2010).

Um den Übergang dennoch erfolgreich zu gestalten, sollten im Sinne kumulativen Lernens neue Inhalte effizient in das bestehende Wissensnetz der Lernenden integriert werden (Fischer et al., 2007). Für die Sekundarstufe I existiert bereits eine Strukturierungs-Map, die die hierarchischen Zusammenhänge fachlich bedeutsamer Ideen des Chemieunterrichts darstellt (Rother & Walpuski, 2020). Diese sollte an das erworbene Wissen aus dem Sachunterricht anknüpfen, um eine voneinander getrennte Abspeicherung und Brüche im Wissensaufbau zu vermeiden (Hempel, 2010). Solche kumulativen Lernprozesse werden in Nordrhein-Westfalen durch die Lehrpläne für die Fächer Sachunterricht und Chemie angeregt. In diesen lassen sich aufeinander aufbauende Kompetenzerwartungen zu den Inhalten *Verbrennung*, *Aggregatzustände*, *Lösen von Feststoffen* und *Energie* finden (MSW NRW, 2013; 2008). Dennoch scheint eine kontinuierliche Weiterentwicklung naturwissenschaftlicher und damit auch chemiebezogener Kompetenzen nicht immer zu gelingen, wie die Ergebnisse verschiedener Schulleistungsstudien zeigen. Während sich in TIMSS 2019 72.4 % der deutschen Viertklässlerinnen und Viertklässler auf einem mittleren bis hohen Kompetenzniveau in den Naturwissenschaften befanden (Steffensky et al., 2020), erreichten in PISA 2018 nur 58.4 % der deutschen 15-Jährigen ein vergleichbar hohes Kompetenzniveau (OECD, 2019). Folglich scheint das Anknüpfen an vorhandene naturwissenschaftliche und damit auch chemiebezogene Kompetenzen nach dem Übergang in die Sekundarstufe I nicht allen Lernenden zu gelingen.

Konkrete Aussagen zu den Kompetenzen in der Übergangsphase lassen sich daraus jedoch nicht ableiten. Es ist bisher wenig darüber bekannt, welche chemiebezogenen Kompetenzen Lernende in der Grundschule bereits erwerben und wie sich diese bis zum Beginn des Chemieunterrichts verändern. Deshalb werden diese Kompetenzen im Folgenden fokussiert.

Ziel und Forschungsfragen

Ziel des Projekts ist es, die chemiebezogenen Kompetenzen von Lernenden zu Beginn und zum Ende der Übergangsphase zwischen dem Sachunterricht und dem Chemieunterricht zu beschreiben. Dabei werden die folgenden Forschungsfragen in den Blick genommen:

1. Über welche der im Sachunterricht erwarteten chemiebezogenen Kompetenzen verfügen die Schülerinnen und Schüler zum Ende der Grundschulzeit?
2. Über welche dieser Kompetenzen verfügen die Schülerinnen und Schüler zu Beginn des Chemieunterrichts in der Sekundarstufe I immer noch oder zusätzlich?

Methoden und Design

Zur Beantwortung der Forschungsfragen wurde auf Grundlage der Kompetenzformulierungen im Lehrplan Sachunterricht und den Kernlehrplänen Chemie für die Sekundarstufe I in Nordrhein-Westfalen ein Paper-and-Pencil-Test entwickelt. Dieser besteht aus Multiple-Choice-Items mit je sechs Antwortmöglichkeiten. Für jede Antwortmöglichkeit sollen die Lernenden ankreuzen, ob es sich um eine richtige oder eine falsche Antwort handelt oder ob sie sich diesbezüglich unsicher sind. Dieses Verfahren hat sich in Vorstudien empirisch als das beste bewährt. Die in diesem Format erstellten Items lassen sich den vier in den Kernlehrplänen Chemie aufgeführten Kompetenzbereichen *Fachwissen*, *Erkenntnisgewinnung*, *Kommunikation* und *Bewertung* zuordnen. Das *Fachwissen* lässt sich dabei durch die drei Basiskonzepte *Chemische Reaktion*, *Struktur der Materie* und *Energie* strukturieren, zu denen jeweils acht Items entwickelt wurden. Zu den anderen Kompetenzbereichen *Erkenntnisgewinnung*, *Kommunikation* und *Bewertung*, die sich unter dem Begriff *prozessbezogene Kompetenzen* zusammenfassen lassen, wurden ebenfalls je acht Items entwickelt. So entstanden 24 Items zum *Fachwissen* und 24 Items zu den *prozessbezogenen Kompetenzen*. Aus diesen insgesamt 48 Items wurden drei verschiedene Testheftversionen erstellt, die durch ein Incomplete-Block-Design miteinander verknüpft sind und jeweils zu gleichen Teilen aus Items zum *Fachwissen* und zu den *prozessbezogenen Kompetenzen* bestehen.

Zur Sicherstellung der Validität des beschriebenen Testinstruments ordneten sieben Rater alle Items den Kompetenzbereichen zu. Es ergab sich eine Interrater-Reliabilität von $\kappa = .795$. Einige Items wurden daraufhin überarbeitet. Anschließend wurde eine Pilotstudie mit 760 Schülerinnen und Schülern der Jahrgangsstufen 4 bis 8 durchgeführt und mithilfe von IRT-Analysen ausgewertet. Dazu wurde aufgrund des mehrstufigen Antwortformats der Items das Rating-Scale-Modell verwendet. Es zeigten sich gute Reliabilitäten sowohl für das *Fachwissen (FW)* als auch für die *prozessbezogenen Kompetenzen (PK)* ($\text{Personenreliabilität}_{FW} = .75$; $\text{Itemreliabilität}_{FW} = .99$; $\text{Personenreliabilität}_{PK} = .81$; $\text{Itemreliabilität}_{PK} = .99$).

Nach einer erneuten Überarbeitung des Testinstruments wurde es in der Hauptstudie zur Messung der Kompetenzen der Lernenden eingesetzt. Zusätzlich wurden die kognitiven Fähigkeiten, das Leseverständnis sowie das Fachinteresse als Kontrollvariablen erhoben. Die Hauptstudie wurde zu Beginn des Schuljahres 2019/2020 an sechs Gesamtschulen in Nordrhein-Westfalen durchgeführt. Um sowohl den Beginn als auch das Ende der Übergangsphase untersuchen zu können, umfasste die Stichprobe Schülerinnen und Schüler der Jahrgangsstufe 5 ($n = 464$) und des ersten Lernjahres Chemie in der Jahrgangsstufe 7 oder 8 ($n = 424$).

Ergebnisse

Auch in der Hauptstudie zeigten sich in den mithilfe des Rating-Scale-Modells durchgeführten IRT-Analysen zufriedenstellende Reliabilitäten ($\text{Personenreliabilität}_{FW} = .74$; $\text{Itemreliabilität}_{FW} = 1.00$; $\text{Personenreliabilität}_{PK} = .81$; $\text{Itemreliabilität}_{PK} = .99$).

Zur Beschreibung der Kompetenzen wurden die Lernenden auf Basis der in den Items erreichten Punktzahlen innerhalb jedes Basiskonzeptes und jedes Kompetenzbereiches einem Niveau zugeordnet. Dabei wurde ein hohes Niveau angenommen, wenn innerhalb des Basiskonzeptes oder Kompetenzbereiches in mindestens 75 % aller bearbeiteten Items mindestens fünf der sechs erreichbaren Punkte erreicht wurden. Analog dazu wurde ein niedriges Niveau festgelegt, wenn in mindestens 75 % aller bearbeiteten Items maximal zwei Punkte erreicht wurden. Ein mittleres Niveau wurde entweder angenommen, wenn in mindestens 75 % der bearbeiteten Items drei oder vier Punkte erreicht wurden (homogenes mittleres Niveau) oder wenn die

Punktzahlen innerhalb des Basiskonzeptes oder Kompetenzbereiches variierten und keine der definierten Punktbereiche in 75 % der bearbeiteten Items erreicht wurden (heterogenes mittleres Niveau). Tabelle 1 zeigt die Anzahl der Lernenden auf den verschiedenen Niveaus.

Tabelle 1: Anzahl der Lernenden, die ein bestimmtes Niveau erreichten

		Jahrgangsstufe 5				**Jahrgangsstufe 7/8**			
		niedrig	**mittel (het.)**	**mittel (hom.)**	**hoch**	**niedrig**	**mittel (het.)**	**mittel (hom.)**	**hoch**
FW	Chemische Reaktion	18	257	27	2	18	240	15	2
	Struktur der Materie	15	256	22	12	14	224	15	19
	Energie	32	216	32	1	36	209	26	3
PK	Erkenntnisgewinnung	28	231	5	39	16	185	9	64
	Kommunikation	53	219	15	19	11	182	11	43
	Bewertung	57	215	21	14	50	181	18	24

Es zeigte sich, dass in allen Basiskonzepten und Kompetenzbereichen die meisten Lernenden das heterogene mittlere Niveau erreichten. Die anderen Niveaus wurden nur von wenigen Lernenden erreicht. Zusätzliche Analysen zeigten, dass diejenigen, die sich auf einem homogenen hohen, mittleren oder niedrigen Niveau befanden, dieses meist nicht in allen bearbeiteten Basiskonzepten oder Kompetenzbereichen erreichten, sondern oft nur in einem.

Bei Betrachtung der Ergebnisse der Jahrgangsstufen 5 und 7/8 im Vergleich lassen sich auf Basis der erreichten Niveaus kleine Unterschiede in den Kompetenzbereichen *Erkenntnisgewinnung* und *Kommunikation* feststellen. Um zu überprüfen, ob die Kompetenzen der Lernenden sich zwischen den Jahrgangsstufen signifikant voneinander unterscheiden, wurden zusätzlich die in den IRT-Analysen ermittelten Personenparameter für das *Fachwissen* und die *prozessbezogenen Kompetenzen* herangezogen. Unter Berücksichtigung der Kontrollvariablen kognitive Fähigkeiten und Leseverständnis wurden diese mithilfe einer ANCOVA miteinander verglichen. Dabei zeigten sich keine signifikanten Unterschiede (FW: $F(1, 862) = 1.36$, $p = .245$, partielles $\eta^2 = .002$; PK: $F(1, 862) = 0.26$, $p = .872$, partielles $\eta^2 < .001$).

Diskussion

Insgesamt zeigen die Ergebnisse ein sehr heterogenes Bild der erreichten chemiebezogenen Kompetenzen. Dies lässt sich möglicherweise damit erklären, dass der Lehrplan Sachunterricht in seinen Kompetenzformulierungen häufig die Wahl zwischen verschiedenen Inhalten lässt (vgl. MSW NRW, 2008). Kombiniert mit der unterschiedlichen Expertise der Sachunterrichtslehrkräfte in den naturwissenschaftlichen Fächern können daraus auch unterschiedliche Schwerpunktsetzungen in verschiedenen Schulen und Klassen resultieren. Dass die chemiebezogenen Kompetenzen sich zu Beginn und zum Ende der Übergangsphase nicht signifikant voneinander unterscheiden, ist angesichts der Tatsache, dass in dieser Phase kein Chemieunterricht stattfindet, erwartungskonform. Dass in einigen Kompetenzbereichen in der Jahrgangsstufe 7/8 tendenziell mehr Lernende höhere Niveaus erreichen, lässt sich vermutlich darauf zurückführen, dass die *prozessbezogenen Kompetenzen* auch Bestandteil der anderen während der Übergangsphase unterrichteten naturwissenschaftlichen Fächer sind. Insgesamt sorgt die große Heterogenität der Kompetenzen jedoch dafür, dass ein Anknüpfen an den Sachunterricht im Sinne kumulativen Lernens für die Lehrkräfte der Sekundarstufe I zur Herausforderung wird. Um die Übergangsphase zu optimieren, sollte folglich zum Beispiel durch weniger Wahlmöglichkeiten im Lehrplan und eine einheitlichere Ausbildung der Lehrkräfte eine homogenere Kompetenzentwicklung innerhalb des Sachunterrichts angestrebt werden. Zudem sollten Lehrkräfte der Sekundarstufe I die Kompetenzen ihrer Schülerinnen und Schüler zu Beginn des Chemieunterrichts messen, um gezielt an diese anknüpfen zu können.

Literatur

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. Häußler (Hrsg.), Springer-Lehrbuch. Physikdidaktik: Theorie und Praxis (S. 657–678). Springer-Verlag Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-540-34091-1_22.

Hempel, M. (2010). Zur Anschlussfähigkeit der Sachfächer an den Sachunterricht - eine Erkundungsstudie. In H. Giest & D. Pech (Hrsg.), Probleme und Perspektiven des Sachunterrichts: Band 20. Anschlussfähige Bildung im Sachunterricht (S. 75–82). Klinkhardt.

Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen. (2008). Lehrplan Sachunterricht für die Grundschulen des Landes Nordrhein-Westfalen. Ritterbach.

Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen. (2013). Kernlehrplan für die Gesamtschule - Sekundarstufe I in Nordrhein-Westfalen: Naturwissenschaften Biologie, Chemie, Physik (2. Auflage). Ritterbach.

Möller, K. (2010). Naturwissenschaftliche und technische Bildung in der Grundschule und im Übergang. In A. a. Campo & G. Graube (Hrsg.), Übergänge gestalten: Naturwissenschaftliche und technische Bildung am Übergang von der Primarstufe zur Sekundarstufe (S. 15–35). VDI Beruf und Gesellschaft.

Möller, K., Kleickmann, T. & Lange, K. (2013). Naturwissenschaftliches Lernen im Übergang von der Grundschule zur Sekundarstufe. In H. E. Fischer & E. Sumfleth (Hrsg.), Studien zum Physik- und Chemielernen: Band 100. nwu-essen - 10 Jahre Essener Forschung zum naturwissenschaftlichen Unterricht (S. 57–120). Logos.

OECD. (2019). PISA 2018 Ergebnisse (Band I): Was Schülerinnen und Schüler wissen und können. PISA. Bielefeld: wbv media. https://doi.org/10.1787/1da50379-de.

Pollmeier, K., Walper, L. M., Lange, K., Kleickmann, T. & Möller, K. (2014). Vom Sachunterricht zum Fachunterricht - Physikbezogener Unterricht und Interessen im Übergang von der Primar- zur Sekundarstufe. Zeitschrift für Grundschulforschung, 7(2), 129–145.

Rieck, K. & Fischer, C. (2010). Die Gestaltung des Übergangs als Aufgabe der Unterrichtsentwicklung: Erfahrungen aus SINUS-Transfer Grundschule. In H. Giest & D. Pech (Hrsg.), Probleme und Perspektiven des Sachunterrichts: Band 20. Anschlussfähige Bildung im Sachunterricht (S. 41–48). Klinkhardt.

Rother, A. & Walpuski, M. (2020). Vernetztes Lernen im Chemieunterricht. In: Roß, J. (Hrsg.), *SINUS NRW: Motivation durch kognitive Aktivierung* (S. 83-100). Bielefeld: WBV.

Steffensky, M., Scholz, L. A., Kasper, D. & Köller, O. (2020). Naturwissenschaftliche Kompetenzen im internationalen Vergleich: Testkonzeption und Ergebnisse. In K. Schwippert, D. Kasper, O. Köller, N. McElvany, C. Selter, M. Steffensky & H. Wendt (Hrsg.), *TIMSS 2019: Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen von Grundschulkindern in Deutschland im internationalen Vergleich* (S. 115–168). Waxmann.

Lisa Stinken-Rösner[1] [1]Leuphana Universität Lüneburg
Simone Abels[1]

Forschendes Lernen mit digitalen Medien – ein Beitrag zur ‚Diklusion'

Die Gestaltung eines ‚diklusiven' (digitalen & inklusiven) Fachunterrichts stellt (angehende) Lehrkräfte vor die Herausforderung, allen Lernenden mit Hilfe digitaler Medien die Partizipation am naturwissenschaftlichen Unterricht zu ermöglichen und den Erwerb naturwissenschaftlicher und digitaler Kompetenzen zu fördern (Stinken-Rösner & Abels, 2021). Damit dies möglich ist, muss die Perspektive des naturwissenschaftlichen Fachunterrichtes mit der Perspektive der inklusiven Pädagogik sowie der der Perspektive der digitalen Bildung vereint werden (Abels & Stinken-Rösner, im Druck).
Einen für heterogene Lerngruppen etablierten Ansatz stellt das Forschende Lernen dar, bei dem Lernende unter Anwendung naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen (eigenen) Fragestellungen nachgehen (Abels & Lembens, 2015; Abels & Koliander, 2017; Mumba et al., 2015). Durch den gezielten Einsatz von digitalen Medien können neue Zugänge zum Lerngegenstand geschaffen und/oder Barrieren während des Lernprozesses minimiert bzw. abgebaut werden (Stinken-Rösner & Abels, 2021).
Im Rahmen des Projektes ‚FoLe – Digital' wurden Unterrichtsentwürfe von angehenden Lehrkräften inhaltsanalytisch ausgewertet bzgl. des potentiell zu erzielenden Mehrwerts digitaler Medien (SAMR; Puentedura, 2006) und der dabei zu erwartenden Aktivität der Lernenden (ICAP; Chi & Wylie, 2014) in den verschiedenen Phasen des Forschenden Lernens (5E-Modell; Bybee, 2009). Die Ergebnisse zeigen unterschiedlich ‚diklusive' Partizipationsmöglichkeiten auf, je nach Phase des Forschenden Lernens.

Forschungsfragen
FF1) Wie berücksichtigen Lehramtsstudierende digitale Medien bei der Planung und Durchführung von Unterrichtseinheiten zum Forschenden Lernen im naturwissenschaftlichen Unterricht?
FF2) Welche ‚diklusiven' Partizipationsmöglichkeiten ergeben sich durch den Einsatz digitaler Medien in den verschiedenen Phasen des Forschenden Lernens im naturwissenschaftlichen Unterricht?

Stichprobe und Methodik
Die Stichprobe setzt sich zusammen aus 58 Lehramtsstudierenden (5. Bachelorsemester) der Fächer Biologie, Chemie oder Sachunterricht mit dem Bezugsfach Naturwissenschaften. Für eine detaillierte Beschreibung der Stichprobe sei auf Stinken-Rösner (2021) und Stinken-Rösner (im Druck) verwiesen. Die Teilnehmer:innen haben in Gruppen von drei bis vier Studierenden Unterrichtseinheiten zum Forschenden Lernen auf Level 2 (Blanchard et al., 2010) unter Einbezug mindestens eines digitalen Mediums entwickelt und im Rahmen eines Seminars mit anderen Studierenden erprobt. Für die Analyse ergibt sich daraus ein Datensatz von 17 Unterrichtsentwürfen.
Anhand einer qualitativen Inhaltsanalyse wurden die 17 Unterrichtsentwürfe hinsichtlich des Einsatzes digitaler Medien von zwei unabhängigen Rater:innen kodiert. Die Interraterreliabilität liegt bei $\kappa = 0{,}79$ (Brennan & Prediger, 1981). Hauptkategorien für die

Analyse waren: digitales Medium (Typ), 5E Phase (Bybee, 2009), User:in(nen) (Lehrkraft, Schüler:innen), Mehrwert des digitalen Mediums (SAMR-Modell; Puentedura, 2006), Lernendenaktivität während des Einsatzes des digitalen Mediums (ICAP-Modell; Chi & Wylie, 2014) sowie der durch das digitale Medium adressierte inklusive Zugang zu einem naturwissenschaftlichen Charakteristikum (KinU 2.0; Brauns & Abels, in Vorbereitung).

Ergebnisse

Im Rahmen der qualitativen Inhaltsanalyse von 17 Unterrichtsentwürfen wurden insgesamt 101 Einsätze digitaler Medien identifiziert. Am häufigsten wurden von den Lehramtsstudierenden virtuelle Pinnwände (28 %), Präsentationssoft- und -hardware (19 %), Erklärvideos (12 %) und Quizz Apps (10 %) bei der Unterrichtsplanung berücksichtigt. Die Verteilung des Medieneinsatzes auf die verschiedenen Phasen des Forschenden Lernens sowie der User:in(nen) ist in Tab. 1 zusammengefasst.

Tab. 1: Nutzung digitaler Medien getrennt nach 5E-Phase und User:in(nen). Die Angaben beziehen sich auf insgesamt 101 Einsätze digitaler Medien in 17 Unterrichtsentwürfen.

	5E-Phase			
	Engage	**Explore**	**Explain**	**Elaborate***
Prozentualer Einsatz digitaler Medien	32,7 %	36,6 %	22,8 %	7,9 %
…davon Lehrkraft als User:in	57,6 %	2,7 %	26,1 %	12,5 %
…davon Schüler:innen als User:innen	42,4 %	97,3 %	73,9 %	87,5 %

*Die Verlagerung der Elaborate-Phase in die Folgestunde führt zu einer lediglich groben Skizzierung dieser in den analysierten Unterrichtsentwürfen.

Die Nutzung digitaler Medien durch die Lehrkraft selbst findet in alle Phasen des Forschenden Lernens vor allem als Ersatz für klassische Medien ohne/mit funktionalen Verbesserungen statt (SAMR: Substitution/Augmentation), wobei eine hauptsächlich passive Lernendaktivität vorliegt (ICAP: Passiv). Hingegen ist eine deutlich höhere Lernendenaktivität (ICAP: Constructive/Interactive) sowie eine Neugestaltung klassischer Aufgabenformate (SAMR: Modification/Redefinition) zu erkennen, wenn die Schüler:innen mit digitalen Medien arbeiten.

Bezogen auf die erste Forschungsfrage (FF1) lässt sich festhalten, dass Lehramtsstudierende digitale Medien bei der Planung und Durchführung von Unterrichtseinheiten zum Forschenden Lernen insbesondere in der Engage- und Explore-Phase berücksichtigen, wobei User:in(nen), der potentielle Mehrwert (SAMR) sowie die Lernendenaktivität (ICAP) stark variieren zwischen den 5E-Phasen.

Zur Beantwortung der zweiten Forschungsfrage (FF2) wurden in einem weiteren Analyseschritt alle Fälle aussortiert, die entweder der Perspektive der inklusiven Pädagogik (ICAP: Passiv = keine Partizipation), der Perspektive der digitalen Bildung (SAMR: Substitution = kein Mehrwert durch digitales Medium) und/oder der Perspektive des naturwissenschaftlichen Unterrichtes (keine Adressierung eines naturwissenschaftlichen Charakteristikums) widersprechen.

62 der 101 identifizierten Einsätze digitaler Medien stellen demnach potentielle ‚diklusive' Partizipationsmöglichkeiten beim Forschenden Lernen dar. Häufig identifizierte Beispiele für ‚diklusive' Partizipationsmöglichkeiten beim Forschenden Lernen sind in Tabelle 2 zusammengefasst.

Tab. 2: Beispiele für ‚diklusive' Partizipationsmöglichkeiten beim Forschenden Lernen.

Nawi Charakteristika	**Inklusiver Zugang**	**Digitales Medium**
Aufstellen von naturwissenschaftlichen Hypothesen…	…materialgeleitet durch vorstrukturierte Protokolle ermöglichen… …sprachlich unterstützen durch vorgegebene Satzanfänge… …kommunikativ unterstützen…	…auf virtuellen Pinnwänden …in Etherpads …durch Nutzung der Kommentarfunktion
Naturwissenschaftliche Informationsmedien…	…materialgeleitet unterstützen… …multimodal gestalten…	…mit QR-Tippkarten …mit Videos
Anwendung naturwissenschaftlicher Untersuchungsmethoden…	…multimodal ermöglichen…	…durch Apps zur Messwerterfassung über das Smartphone/Tablet …mit Wärmebildkameras
Naturwissenschaftliches Dokumentieren…		…auf virtuellen Pinnwänden …mit (online) Office Anwendungen …durch Kamera oder Videofunktion …durch Nutzung der Kommentarfunktion

Die Analyse der Unterrichtsentwürfe hat gezeigt, dass nur ausgewählte naturwissenschaftliche Charakteristika von den Lehramtsstudierenden mit digitalen Medien adressiert werden. Auch zeigen sich ungenutzte Chancen für einen ‚diklusiven' naturwissenschaftlichen Unterricht: (Erklär-)Videos und Simulationen werden einzig zu Demonstrationszwecken durch die Lehrkraft eingesetzt, zusätzliche Funktionen von Präsentationssoft- und -hardware bleiben ungenutzt und Quizz Apps dienen hauptsächlich zur textbasierten Überprüfung von Fachwissen. Besonders auffällig ist jedoch, dass das Potential digitaler Medien für die Evaluate-Phase von Lehramtsstudierenden bisher nicht erkannt bzw. explizit benannt wird.

Fazit und Ausblick

Der Einsatz digitaler Medien beim Forschenden Lernen kann zu einem gelungenen ‚diklusiven' naturwissenschaftlichen Unterricht beitragen. (Angehende) Lehrkräfte müssen jedoch gezielt auf die Herausforderung vorbereitet werden, die drei Perspektiven eines ‚diklusiven' naturwissenschaftlichen Unterrichtes angemessen zu adressieren und miteinander zu verknüpfen.

Ergänzend zu den in diesem Beitrag präsentierten Ergebnissen nimmt aktuell die zweite Kohorte an dem Projekt ‚FoLe – Digital' in Präsenz teil. Weitere Ergebnisse zum Einsatz digitaler Medien bei der Planung und Durchführung von Unterrichtseinheiten zum Forschenden Lernen im Vergleich von Fern- und Präsenzlehre sind in naher Zukunft zu erwarten.

Literatur

Abels, S. & Koliander, B. (2017). Forschendes Lernen als Beispiel eines inklusiven Ansatzes für den Fachunterricht. In B. Schörkhuber, M. Rabl & H. Svehla (Hrsg.), Vielfalt als Chance. Vom Kern der Sache (S. 53–60). LIT.

Abels, S., & Stinken-Rösner, L. (im Druck). „Diklusion“ im Naturwissenschaftlichen Unterricht – Aktuelle Positionen und Routenplanung. In E. Watts & C. Hoffmann (Hrsg.), Digitale NAWIgation. Edition Fachdidaktiken. Wiesbaden: Springer.

Abels, S. & Lembens, A. (2015). Mysteries als Einstieg ins Forschende Lernen im Chemieunterricht. Chemie & Schule, 30(1b), 3-5.

Brauns, S., & Abels, S. (in Vorbereitung). Validation and Revision of the Framework for Inclusive Science Education.

Brennan, R. L., & Prediger, D. J. (1981). Coefficient Kappa: Some Uses, Misuses, and Alternatives. Educational and Psychological Measurement, 41(3), 687–699.

Bybee, R. W. (2009). The BSCS 5E instructional model and 21st century skills. Colorado Springs, CO: BSCS.

Chi, M. T. H., & Wylie, R. (2014). The ICAP Framework: Linking Cognitive Engagement to Active Learning Outcomes. Educational Psychologist, 49(4), 219–243.

Mumba, F., Banda, A. & Chabalengula, V. M. (2015). Chemistry Teachers’ Perceived Benefits and Challenges of Inquiry-based Instruction in Inclusive Chemistry Classrooms. Science Education International, 26(2), 180–194.

Puentedura, R. (2006). Transformation, Technology, and Education. http://hippasus.com/resources/tte/

Stinken-Rösner, L. (im Druck). Digitale Medien in der naturwissenschaftlichen Lehrkräftebildung: Integriert statt zusätzlich. PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG Frühjahrstagung 2021.

Stinken-Rösner, L. (2021). Implementation digitaler Medien in die naturwissenschaftliche Lehramtsausbildung. In C. Maurer (Hrg.), Fachliche Bildung und digitale Transformation. Fachdidaktische Forschung und Diskurse (181-184).

Stinken-Rösner, L., & Abels, S. (2021). Digitale Medien als Mittler im Spannungsfeld zwischen naturwissenschaftlichem Unterricht und inklusiver Pädagogik. In S. Hundertmark, X. Sun, S. Abels, A. Nehring, R. Schildknecht, V. Seremet, und C. Lindmeier (Eds.), Naturwissenschaften und Inklusion, 4. Beiheft Sonderpädagogische Förderung heute (S. 161–175). Weinheim Basel: Beltz Juventa.

Elisabeth Hofer[1]
Simone Abels[1]

[1]Leuphana Universität Lüneburg

Literature Review zu konzeptionellem Lernen in Open Inquiry Settings

Einleitung und Theoretischer Rahmen

Inquiry-based Science Education (IBSE) gilt seit geraumer Zeit als wesentlicher Bestandteil naturwissenschaftlichen Unterrichts (z.B. Abrams et al., 2008). Zahlreiche Studien belegen die positiven Effekte von IBSE auf das Lernen von Naturwissenschaften sowie die Einstellungen zu Naturwissenschaften (z.B. Blanchard et al., 2010; Furtak et al., 2012). Durch die Adressierung von Wissen und Kompetenzen in den verschiedenen Domänen (konzeptuell, prozedural, epistemisch und sozial; Furtak et al., 2012) wird IBSE insbesondere für die Entwicklung von Scientific Literacy als förderlich angesehen (z.B. Abrams et al., 2008). Dies spiegelt sich auch in der Verankerung von IBSE in zahlreichen Bildungsstandards, Kompetenzmodellen und Curricula im deutsch- und englischsprachigen Raum wider (z.B. KMK, 2005; NGSS Lead States, 2013).

Je nach Zielsetzung, Grad der Offenheit und konkreter instruktionaler Umsetzung kann IBSE eine Vielzahl an Ausprägungen annehmen (Abrams et al., 2008; Blanchard et al., 2010). ‚Open Inquiry Settings' (OIS) zeichnen sich dadurch aus, dass die Schüler*innen alle Schritte des naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnungsprozesses (Formulierung der Fragestellung, Planung und Durchführung von Untersuchungen, Auswertung von Ergebnissen) überwiegend selbst bestimmen und dabei von der Lehrperson unterstützt und begleitet werden (vgl. Level 3 nach Blanchard et al., 2010). Dies ermöglicht die eigenständige Anwendung naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen sowie selbstbestimmtes und eigenverantwortliches Arbeiten. Darüber hinaus erlauben OIS individuelle Bearbeitungs- und Lernwege, wodurch der Diversität der Lernenden Rechnung getragen werden kann (Abels, 2015). Lehrpersonen stehen der Implementierung von OIS jedoch eher kritisch gegenüber, aus Sorge das konzeptuelle Lernen dabei zu vernachlässigen (z.B. Hofer, Abels & Lembens, 2018).

Konzeptuelles Lernen kann – je nach lernpsychologischer Perspektive – als Prozess des Erwerbens und Akkumulierens von Konzepten (Aneignungsmetapher) oder als Prozess der Beteiligung an den Praktiken einer Fachcommunity (Partizipationsmetapher) beschrieben werden (Scott et al., 2007). Im naturwissenschaftsdidaktischen Feld und insbesondere in den Arbeiten zu Schüler*innenvorstellungen und Conceptual Change wird ein starker Fokus auf die Perspektive der Aneignung gelegt (Scott et al., 2007). Daran anschlussfähig definiert Sfard (1998) ‚Konzepte' als „basic units of knowledge that can be accumulated, gradually refined, and combined to form ever richer cognitive structures" (S. 5). Konzeptuelles Lernen kann demnach daran festgemacht werden, wie viele und welche Konzepte Schüler*innen während einer festgelegten Zeitspanne bzw. bis zu einem bestimmten Zeitpunkt erworben haben, wie elaboriert diese Konzepte sind und wie sie zueinander in Beziehung stehen. OIS sind hingegen deutlich stärker an der Partizipationsmetapher orientiert, da inhaltliches Wissen nicht isoliert vermittelt, sondern im Rahmen eines Erkenntnisgewinnungsprozesses von den Schüler*innen erarbeitet wird. Ziel von OIS ist nicht der bloße Fachwissenserwerb, sondern das Kennenlernen naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen und wie diese dazu genutzt werden können, neuen Erkenntnissen zu erlangen und schlussendlich Wissen zu generieren.

Im Rahmen der PISA-Studie werden Wissen und Kompetenzen der inhaltlichen (konzeptuellen), prozeduralen und epistemischen Domäne als Teilgebiete von Scientific Literacy erhoben. Analysen von PISA-Daten in Hinblick auf im Unterricht eingesetzte instruktionale Strategien haben zuletzt die Frage der Wirksamkeit von IBSE und OIS in den Fokus gerückt. Abgesehen davon, dass die Ergebnisse zeigen, dass IBSE und insbesondere OIS nach wie vor nur selten den Weg in den naturwissenschaftlichen Unterricht finden, kommen die Studien zu dem Schluss, dass ein negativer Zusammenhang zwischen der Häufigkeit der Implementierung von offenen Lehr-Lernformaten, wie beispielsweise OIS, und den in PISA gezeigten naturwissenschaftlichen Kompetenzen besteht. Zugespitzt formuliert bedeutet das: Je häufiger Schüler*innen die Gelegenheit zum Lernen in OIS erhalten, desto niedriger ist ihre Scientific Literacy (z.B. Forbes et al., 2020; Kang & Keinonen, 2017). Bei der Interpretation dieser Studienergebnisse muss jedoch bedacht werden, dass die Informationen darüber, wie häufig und in welcher Form Schüler*innen IBSE in ihrem Unterricht erfahren, aus Selbstauskünften der Schüler*innen (Fragebogen-Teil aus PISA) stammen und Einflussgrößen, wie z.B. sozioökonomische Faktoren, nicht berücksichtigt werden (Forbes et al., 2020).
Aufgrund der widersprüchlichen Ergebnisse, ist Ziel der vorliegenden Studie, empirische Studien zu OIS im naturwissenschaftlichen Unterricht zu identifizieren und deren Ergebnisse zu synthetisieren. Der Fokus der Analyse soll dabei auf der konzeptuellen Domäne liegen, sodass folgende Fragestellung im Zentrum steht: Welche Erkenntnisse zu konzeptuellem Lernen in OIS im naturwissenschaftlichen Unterricht konnten im Rahmen empirischer Untersuchungen gewonnen werden?

Methodische Umsetzung

Zur Bearbeitung der Forschungsfrage wurde ein Systematic Literature Review durchgeführt (Fink, 2019). In einem ersten Analysedurchgang wurden die Datenbanken ERIC (für englischsprachige Veröffentlichungen) und FIS Bildung (für deutschsprachige Veröffentlichungen) herangezogen. Für die Datenbanksuche wurden Stichwörter (auf Deutsch und Englisch) in den drei Komponenten ‚konzeptuelles Lernen', ‚IBSE / OIS' sowie ‚Naturwissenschaften' verwendet. Die Suche wurde auf Beiträge in wissenschaftlichen Zeitschriften eingeschränkt, die durch ein Peer-Review-Verfahren begutachtet und in den letzten 20 Jahren (seit 2002) veröffentlicht wurden. In die Auswahl aufgenommen wurden deutsch- und englischsprachige Arbeiten, die sich auf Lernen in OIS im naturwissenschaftlichen Unterricht der Primar- und Sekundarstufe bezogen und auch online zugänglich waren. Einer der Hauptgründe für den Ausschluss von Arbeiten (v.a. bei der Analyse der Volltexte) war die fehlende Passung zu OIS. Ein Überblick über den Selektions- und Auswahlprozess des Literature Reviews ist in Abb. 1 dargestellt.

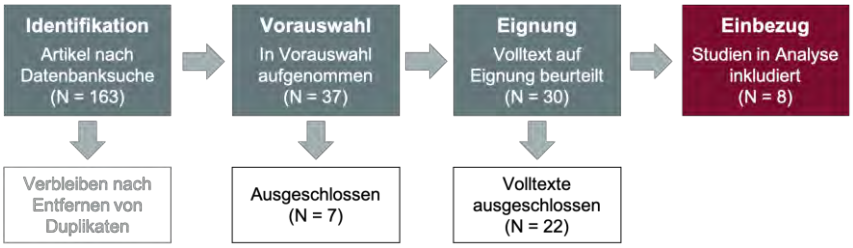


Abb. 1. Überblick über den Selektions- und Auswahlprozess des Literature Reviews.

Einblick in die Ergebnisse des ersten Analysedurchgangs
Die in die Analyse einbezogenen Studien (N=8) werden in Abb. 2 in Hinblick auf Design, Publikationsjahr und geografische Verteilung dargestellt. Die bibliographischen Angaben zu den Studien sind im Literaturverzeichnis integriert und mit (*) gekennzeichnet.

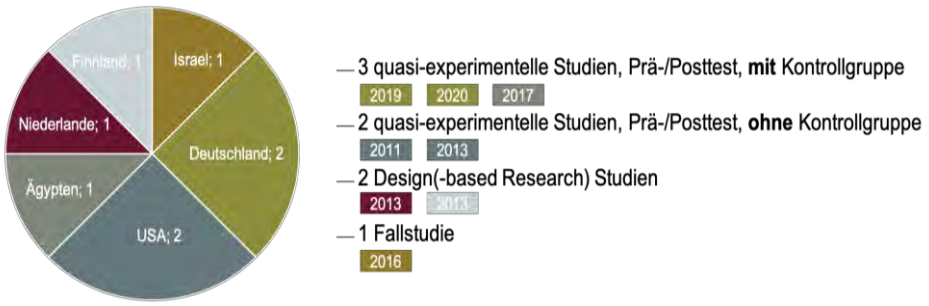


Abb. 2. Überblick über die in die Volltext-Analyse einbezogenen Studien.

In den quantitativen Studien wurde konzeptuelles Lernen ausschließlich aus der Perspektive der Aneignung (v.a. kognitive Ansätze, wie Conceptual Change, betrachtet, während die qualitativen Studien auch sozialkonstruktivistische Aspekte sowie die partizipative Perspektive (Scott et al., 2007) in ihre Untersuchungen mit einbezogen. Dies spiegelte sich auch auch in den Instrumenten zur Datenerhebung – Fokus auf Prä-Post-Tests vs. Triangulation verschiedenen Datenmaterials – wider.
In den quasi-experimentellen Studien konnte gezeigt werden, dass der Anteil „aktiver Lernzeit" einen positiven Effekt auf das konzeptuelle Lernen der Schüler*innen hat (McNeill, 2013) und ein Problemlöseansatz vergleichsweise lernwirksamer ist als ein Vortrag (Shahat, Ohle & Fischer, 2019). Moebius-Clune et al. (2011) konnten einen signifikanten Zuwachs im Wissenstest feststellen, wobei ihre Studienergebnisse darauf hinweisen, dass mit steigender Komplexität des Lernprodukts (z.B. Portfolio, Poster etc.) die Notwendigkeit von Scaffolding bzw. Lernbegleitung wächst. Gestufte Hilfen zeigten insbesondere bei Schüler*innen mit wenig Vorwissen positive Effekte (Großmann & Wilde, 2019) und der Einsatz von Feedback konnte dazu beitragen, die Lerneffekte über einen längeren Zeitraum hinweg zu stabilisieren (Streich & Mayer, 2020). In den qualitativen Studien konnte gezeigt werden, dass sich in den OIS für die Schüler*innen individuell ergiebige Lernwege eröffneten und es trotzdem gelang, eine gemeinsame Wissensbasis zu schaffen (Kock, Taconis, Bolhuis & Gravemeijer, 2013; Liljestrom, Enkenberg & Pollanen, 2013). Die Schüler*innen waren in der Lage, sich Konzepte zu erarbeiten und in ihre bestehenden Wissensbestände einzubetten (Kapon, 2016), wobei auch hier die Bedeutung der Lernbegleitung – insbesondere bei komplexeren Konzepten – als wesentlich für einen erfolgreichen Lernprozess identifiziert werden konnte.

Conclusio und Ausblick
Die Ergebnisse dieses ersten Analysedurchgangs zeigen, dass die empirische Datenlage zu konzeptionellem Lernen in OIS sehr begrenzt ist und die Ergebnisse mit den Befunden der PISA-Analysen teils übereinstimmen (z.B. Bedeutung der Lernbegleitung), ihnen jedoch auch in manchen Aspekten (z.B. Wirksamkeit direkter Instruktion) widersprechen. Die Komplexität von OIS führt zu Herausforderungen in der forschungsmethodischen Umsetzung: Verlust von Vielschichtigkeit und Multiperspektivität in quantitativen Studien vs. begrenzte Machbarkeit und Vergleichbarkeit in qualitativen Studien.
In einem nächsten Schritt sollen nun weitere Datenbanken in den Suchprozess integriert und die Auswahlkriterien hinsichtlich der theoretischen Konstrukte (konzeptuelles Lernen / OIS) etwas breiter ausgelegt werden, um einen weiteren Blick auf die Studienlage zu erhalten.

Literatur

Abels, S. (2015). Scaffolding inquiry-based science and chemistry education in inclusive classrooms. In N. L. Yates (Hrsg.), *New Developments in Science Education Research* (S. 77–96). New York: Nova Science Publishers.

Abrams, E., Southerland, S. A. & Evans, C. A. (2008). Introduction: Inquiry in the Classroom: Identifying Necessary Components of a Useful Definition. In E. Abrams, S. A. Southerland & P. C. Silva (Hrsg.), *Inquiry in the Classroom: Realities and Opportunities* (S. xi–xlii). Charlotte: Information Age Publishing.

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.

Fink, A. (2019). *Conducting research literature reviews: From the internet to paper*. Thousand Oaks: Sage.

Forbes, C. T., Neumann, K., & Schiepe-Tiska, A. (2020). Patterns of inquiry-based science instruction and student science achievement in PISA 2015. *International Journal of Science Education, 42*(5), 783–806.

Furtak, E. M., Seidel, T., Iverson, H. & Briggs, D. C. (2012). Experimental and quasi-experimental studies of inquiry-based science teaching a meta-analysis. *Review of Educational Research, 82*(3), 300–329.

*Großmann, N. & Wilde, M. (2019). Experimentation in Biology Lessons: Guided Discovery through Incremental Scaffolds. *International Journal of Science Education, 41*(6), 759–781.

Hofer, E., Abels, S. & Lembens, A. (2018). Inquiry-based learning and secondary chemistry education—A contradiction? *Research in Subject-Matter Teaching and Learning (RISTAL), 1*, 51–65.

Kang, J. & Keinonen, T. (2018). The Effect of Student-Centered Approaches on Students' Interest and Achievement in Science: Relevant Topic-Based, Open and Guided Inquiry-Based, and Discussion-Based Approaches. *Research in Science Education, 48*(4), 865–885.

*Kapon, S. (2016). Doing Research in School: Physics Inquiry in the Zone of Proximal Development. *Journal of Research in Science Teaching, 53*(8), 1172–1197.

KMK (Hrsg.) (2005). *Bildungsstandards im Fach Chemie (Biologie/Physik) für den Mitteren Schulabschluss*. München: Luchterhand.

*Kock, Z.-J., Taconis, R., Bolhuis, S. & Gravemeijer, K. (2013). Some Key Issues in Creating Inquiry-Based Instructional Practices that Aim at the Understanding of Simple Electric Circuits. *Research in Science Education, 43*(2), 579–597.

*Liljestrom, A., Enkenberg, J. & Pollanen, S. (2013). Making Learning Whole: An Instructional Approach for Mediating the Practices of Authentic Science Inquiries. *Cultural Studies of Science Education, 8*(1), 51-86.

*McNeill, K. L., Pimentel, D. S. & Strauss, E. G. (2013). The Impact of High School Science Teachers' Beliefs, Curricular Enactments and Experience on Student Learning during an Inquiry-Based Urban Ecology Curriculum. *International Journal of Science Education, 35*(15), 2608–2644.

*Moebius-Clune, B. N., Elsevier, I. H., Crawford, B. A., Trautmann, N. M., Schindelbeck, R. R. & van Es, H. M. (2011). Moving Authentic Soil Research into High School Classrooms: Student Engagement and Learning. *Journal of Natural Resources and Life Sciences Education, 40*, 102–113.

NGSS Lead States. (2013). *Next generation science standards: For states, by states*. Washington: National Academies Press.

Scott, P., Asoko, H. & Leach, J. (2007). *Student conceptions and conceptual learning in science*. In S. A. Abell & N. G. Lederman (Hrsg.), *Handbook of Research on Science Education* (S. 31-56). New York: Routledge.

Sfard, A. (1998). On two metaphors for learning and the dangers of choosing just one. *Educational Researcher, 27*(2), 4-13.

*Shahat, M. A., Ohle, A. & Fischer, H. E. (2017). Evaluation of a Teaching Unit Based on a Problem-Solving Model for Seventh-Grade Students. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 23*(1), 205–224.

*Streich, I. & Mayer, J. (2020). Effects and Prerequisites of Self-Generation in Inquiry-Based Learning. *Education Sciences, 10*(10), 277.

Jenna Koenen[1]
Wanda Paetzold[1]
Pauline Böttcher-Graf[1]
Anne Voit[1]

[1]Technische Universität München

Beschreibung von Instruktionen in Erkenntnisgewinnungsphasen

Theoretischer Hintergrund

Naturwissenschaftlich-experimentelle Arbeitsweisen sind komplexe Problemlöseheuristiken (Hammann, Phan & Bayrhuber, 2007). Diese komplexen Prozesse sind jedoch durch sich wiederholende grundlegende Prozeduren charakterisiert (Klahr, 2000; Mayer, 2007). Häufig findet daher eine Rückführung auf den sogenannten Drei-Schritt statt, bestehend aus der Phase der Fragestellung und Hypothese, der Planung und Durchführung, sowie der Auswertung und Reflexion (Emden & Sumfleth, 2016). In der fachdidaktischen Forschungsliteratur sind viele Schwierigkeiten von Schülerinnen und Schülern bei der Umsetzung dieser Arbeitsweisen bekannt (bspw. Meier, 2016; Hammann, 2004). Daher wurden in der Vergangenheit einige Konzepte zur Förderung von Schülerinnen und Schülern in diesem Bereich entwickelt (u.a. Bley, 2013; Koenen, 2014). Diese stellen jedoch nur punktuelle Maßnahmen dar.

Obwohl die Bildungsstandards eine Vermittlung dieser Inhalte im Rahmen des naturwissenschaftlichen Unterrichts vorgeben, ist über die Implementierung der naturwissenschaftlich-experimentellen Arbeitsweisen in den Regelunterricht nur wenig bekannt. An dieser Stelle setzt dieses Projekt an, indem es die im naturwissenschaftlichen Unterricht verwendeten Instruktionen genauer in den Blick nimmt.

Instruktionen stellen die zentralen Lerngelegenheiten im Unterricht dar. Da es sich um Aufforderungen zum Denken und Handeln handelt, werden sie auch als Schlüssel zur Kompetenz bezeichnet (Keller & Reintjes, 2016). Sie bieten Gelegenheiten, Lernprozesse der Schülerinnen und Schüler anzuregen. Untersuchungen zum Einsatz von Instruktionen im Unterricht zeigen im Allgemeinen, dass diese stark auf Rezeption und Reproduktion ausgerichtet sind, und zudem in einem zu geringen Maße die Anwendung von Lernstoff fordern (vgl. Baumert, Lehmann & u.a., 1997; Jatzwauk, Rumann & Sandmann, 2008; Seidel et al., 2006). Dies steht im Widerspruch zu der Forderung, dass die angestrebten Kompetenzniveaus über die Elementarstufen des reproduktiven Wissens und des rezepthaften Könnens hinausgehen sollten (vgl. Reusser, 2014).

Ableitung der Forschungsfragen

Ungeklärt ist die Frage, inwieweit die Gestaltung von Instruktionen von der Unterrichtsphase, in der sie verwendet werden, abhängt. Es ergibt sich somit ein Forschungsbedarf in Bezug auf die Variation der Gestaltung der von der Lehrkraft im naturwissenschaftlichen Unterricht eingesetzten Instruktionen in Abhängigkeit von der Phase der Erkenntnisgewinnung in der diese Instruktionen gestellt werden.
Genauer betrachtet werden dabei die Merkmale der adressierten Wissensart und die Offenheit der Instruktionen.

Methodisches Vorgehen

Die Forschungsfragen werden mithilfe von Videoanalysen beantwortet, da diese einen wichtigen Zugang zum Unterrichtsgeschehens bieten (Seidel et al., 2006). Analysiert wurden 13 Unterrichtsvideos von Chemie- und Biologiestunden der Sekundarstufe I und II. Die Videos wurden so gewählt, dass sie Phasen der Erkenntnisgewinnung enthalten.

Die Unterrichtsvideos wurden in einem zwei-schrittigen Verfahren kodiert. Zunächst wurden die in den Unterrichtsstunden enthaltenen Phasen der Erkenntnisgewinnung identifiziert. Dazu wurde das Kodiermanual von Nehring, Stiller, Nowak, Upmeier zu Belzen und Tiemann (2016) verwendet.

In einem zweiten Schritt wurden eventbasiert die Instruktionen in den Unterrichtsstunden mithilfe eines Kodiermanuals kodiert, welches die Identifizierung der angestrebten Wissensart und der Offenheit der Instruktion erlaubt (Paetzold, 2020).

Die Kombination der eventbasierten Kodierung der Instruktionen im Zusammenspiel mit der phasenbasierten Kodierung der Erkenntnisgewinnung erlaubt in Anschluss die Untersuchung der Eigenschaften der Instruktionen in Abhängigkeit von der Phase der Erkenntnisgewinnung.

Ausgewählte Ergebnisse

Das beschriebene methodische Vorgehen erlaubt die Beschreibung der Unterrichtsstunden im Form von Prozessdiagrammen. Diese visualisieren die Instruktionen in Bezug auf die Wissensarten und die Offenheit in Abhängigkeit von der Phase der Erkenntnisgewinnung (s. Abb. 1).

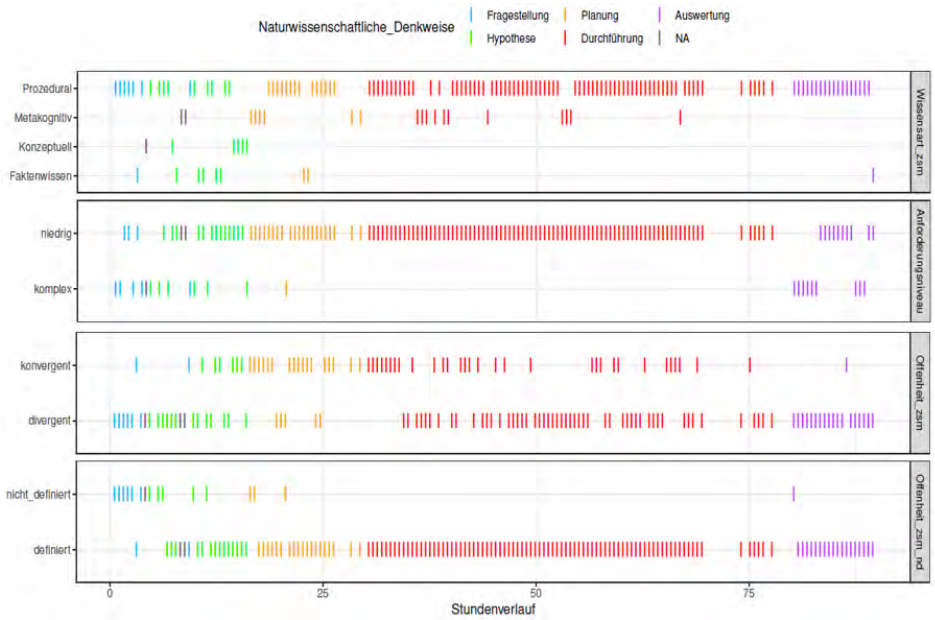


Abb. 1: Prozessdiagramm zur Beschreibung der Eigenschaften von Instruktionen in Abhängigkeit von der Phase der Erkenntnisgewinnung

Insgesamt wurden in den 13 analysierten Unterrichtsstunden 1311 Instruktionen gegeben, die innerhalb der Phasen der Erkenntnisgewinnung lagen und neue Lerngelegenheiten für die SuS darstellten.

Diese verteilen sich auf insgesamt 13 Phasen der Phänomenbeschreibung, 14 Phasen der Entwicklung der Fragestellung, 11 Phasen mit Bezug zur Hypothese, 20 Planungs- und 20 Durchführungsphasen sowie 19 Phasen der Auswertung.

In Bezug auf Wissensarten zeigt sich beispielsweise, dass die Anregung des Faktenwissens sowie des konzeptuellen Wissens vor allen Dingen bei der Phänomenbeschreibung, der Hypothesenbildung sowie der Phase der Auswertung eine Rolle spielt.

Diskussion und Zusammenfassung

Die bisherigen Ergebnisse zeigen, dass das gewählte methodische Vorgehen in der Lage ist die im naturwissenschaftlichen Unterricht verwendeten Instruktionen in Abhängigkeit von der Phase der Erkenntnisgewinnung in der sie auftreten zu beschreiben. Die Ergebnisse geben erste Hinweise darauf, dass die Gestaltung der Instruktionen durch die Lehrkraft in Abhängigkeit von der Phase der Erkenntnisgewinnung zu variieren scheint. Weitere Analysen werden differenziertere Einblicke in diese Unterschiede geben.

Literatur

Baumert, J., Lehmann, R. & u.a. (1997). *TIMSS - Mathematisch-naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich. Deskriptive Befunde*. Opladen: Leske + Budrich.

Bley, S. (2013). *Förderung von Transferprozessen im Chemieunterricht* (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 147). Berlin: Logos Verlag.

Emden, M. & Sumfleth, E. (2016). ASSESSING STUDENTS' EXPERIMENTATION PROCESSES IN GUIDED INQUIRY. *International Journal of Science and Mathematics Education*, *14*(1), 29–54. https://doi.org/10.1007/s10763-014-9564-7

Hammann, M. (2004). Kompetenzentwicklungsmodelle. Merkmale und ihre Bedeutung - dargestellt anhand von Kompetenzen beim Experimentieren. *Mathematisch-naturwissenschaftlicher Unterricht*, *57*(4), 196–203.

Hammann, M., Phan, T. H. & Bayrhuber, H. (2007). Experimentieren als Problemlösen: Lässt sich das SDDS-Modell nutzen, um unterschiedliche Dimensionen beim Experimentieren zu messen? In M. Prenzel, I. Gogolin & H.-H. Krüger (Hrsg.), Kompetenzdiagnostik. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft.* (8), 33–50.

Hammann, M., Ganser, M. & Haupt, M. (2007). Experimentieren können. Kompetenzentwicklungsmodelle und ihre Nutzung. Geographie heute, 255/256, 88-91.

Jatzwauk, P., Rumann, S. & Sandmann, A. (2008). Der Einfluss des Aufgabeneinsatzes im Biologieunterricht auf die Lernleistung der Schüler – Ergebnisse einer Videostudie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*.

Keller, S. & Reintjes, C. (Hrsg.). (2016). *Aufgaben als Schlüssel zur Kompetenz. Didaktische Herausforderungen, wissenschaftliche Zugänge und empirische Befunde* (1. Aufl.). Münster: Waxmann Verlag GmbH.

Klahr, D. (2000). *Exploring Science. The Cognition and Development of Discovery Processes*. Cambridge, Massachusetts, London, England: The MIT Press.

Koenen, J. (2014). *Entwicklung und Evaluation von experimentunterstützten Lösungsbeispielen zur Förderung naturwissenschaftlich-experimenteller Arbeitsweisen* (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 171). Berlin: Logos Verlag Berlin.

Mayer, J. (2007). Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung. Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden* (S. 177–186). Berlin, Heidelberg, New York: Springer.

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

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*(1), 77–96. https://doi.org/10.1007/s40573-016-0043-2

Paetzold, W. (2020). *Qualität von Naturwissenschaftlichem Unterricht: Videobasierte Analyse von Instruktionen in den Bereichen Kognition und Art der Kompetenzen*. Masterarbeit. Technische Universität München.

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. et al. (2006). Blicke auf den Physikunterricht. Ergebnisse der IPN Videostudie.

Nadezda Strunk[1]
Dietmar Höttecke[1]

[1]Universität Hamburg

Orientierungen angehender Physiklehrkräfte auf sprachsensiblen Physikunterricht. Ergebnisse einer rekonstruktiven Studie

Im sprachsensiblen Physikunterricht sollen sprachbezogene Anforderungen und Lernvoraussetzungen berücksichtigt werden. Wir vermuten aber, dass Physiklehrkräfte durch ihre bereits erworbenen Erfahrungen und daran gebundenen Wissensbestände gehindert werden, sprachsensiblen Physikunterricht zu implementieren. Um Wege zu finden, im Rahmen des Lehramtsstudiums Lehrkräfte für sprachsensiblen Physikunterricht vorzubereiten, wurde die hier vorgestellte Studie in der Phase des Masterstudiums nach dem fachdidaktischen Praktikum angesetzt. Interviews mit angehenden Physiklehrkräften wurden mithilfe der Dokumentarischen Methode ausgewertet.
Im Laufe der rekonstruktiven Auswertung wurden vier Dimensionen bzw. Gruppen von Orientierungsrahmen identifiziert, die bei allen Fällen des Samples Relevanz im Hinblick auf sprachsensiblen Unterricht aufweisen. Die Zusammenhänge der einzelnen Orientierungen, die den vier Dimensionen zugeordnet werden können, wurden in einem weiteren Schritt als Relationen bzw. relationale Typen herausgearbeitet und typisieren angehende Physiklehrkräfte im Hinblick auf deren Handlungspläne im sprachsensiblen Physikunterricht.

Theoretischer Rahmen

In Bezug auf den strukturtheoretischen und berufsbiographischen Professionalisierungsansätze wird davon ausgegangen, dass individuelle Bildungserfahrungen der Lehrkräfte auf ihre Wahrnehmung beruflicher Anforderungen und ihr Handeln wirken. Dies führt zum Entstehen des sog. Lehrerhabitus (Hericks et al., 2020). Professionalisierung besteht in der Entwicklung des Lehrerhabitus (vgl. Keller-Schneider, 2019). Die bereits im Laufe der Schulzeit und weiteren beruflichen Erfahrungen entstandenen habitualisierten Handlungsmuster sollen im Rahmen der Lehrerbildung und Auseinandersetzung mit beruflichen Anforderungen irritiert und reflektiert werden (vgl. Bonnet, 2020). Das führt dazu, dass neue Handlungsstrategien zur Bewältigung professioneller Herausforderungen entwickelt werden. Professionalität in diesem Sinne schließt einen reflektierten Umgang mit der Widersprüchlichkeit professioneller Anforderungen ein. Ein fachspezifischer Lehrerhabitus von Physiklehrkräften wird von zwei Wissensbeständen bestimmt: ihren normativen Vorstellungen in Bezug auf Physikunterricht und impliziten, erfahrungsbasierten Wissensbeständen, die mit individuellem Kapital im Sinne von Bourdieu (vgl. Bourdieu, 1987) zusammenhängen (vgl. Engström & Carlhed, 2014). Ziel dieser Studie ist es, diese, das Lehrerhandeln strukturierenden Wissensbestände herauszuarbeiten.

Ergebnisse

Im Laufe der Analyse von Interviewmaterial konnten Wissensbestände – in der Diktion der Dokumentarischen Methode Orientierungsrahmen – rekonstruiert werden, von denen angenommen werden kann, dass sie Lehrerhandeln strukturieren. Diese wurden vier Dimensionen zugeordnet: Wirkmächtigkeit, Unterricht, Umgang mit Anforderungen, Umgang mit Sprache. Jede Dimension stellt eine Gesamtheit von Orientierungsrahmen der

Fälle im Sample dar, welche einem thematischen Bereich zugeordnet werden konnten. Ein Orientierungsrahmen ist daher im Sinne einer qualitativen Ausprägung einer Dimension zu verstehen. Im Rahmen der relationalen Typenbildung wurden abstrahiert von den Einzelfällen Relationen zwischen den Ausprägungen der vier Dimensionen herausgearbeitet. Es ergaben sich vier relationale Typen. Sie stellen empirische Muster des Zusammenhangs der Orientierungsrahmen je Fall dar (Veranschaulichung s. Abb.1).

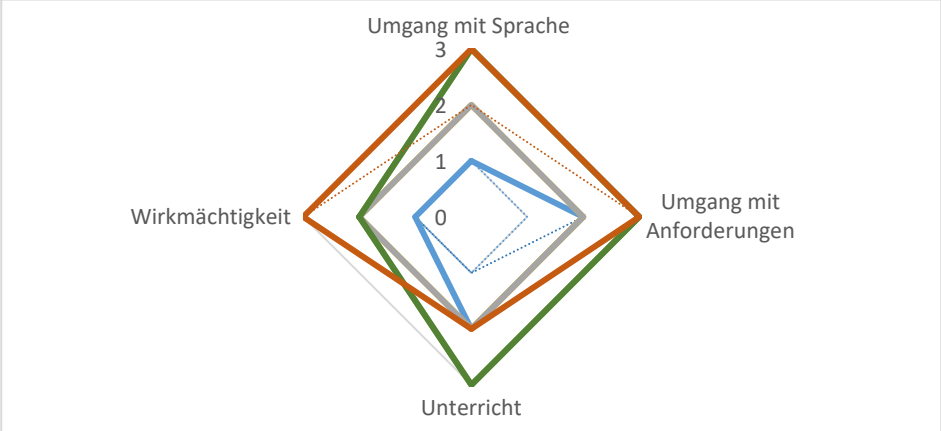


Abbildung 1: Visualisierung der relationalen Typenbildung. Ecken entsprechen den vier Dimensionen, die jeweils drei Ausprägungen 1-3 zeigen: 1. Distanzierung von Sprache, 2. Anpassung an Vorgaben, 3. Reflexiver Umgang mit sprachbezogenen Themen. Fett markierte Figuren entsprechen jeweils einem relationalen Typ: Typ A (blau), Typ B (grau), Typ C (grün), Typ D (braun).

A: Die ‚die eigene Rolle suchende Lehrkraft' distanziert sich von sprachspezifischen Vorgaben, da sie den Fokus auf Findung der eigenen Lehrerrolle setzt und sich vorranging auf diese Aufgabe fokussiert. Im Hinblick auf seine Professionalisierung befindet sich diese Lehrkraft in einer Findungsphase. Die Wirkmächtigkeit dieser Lehrkraft, welche sich sowohl im Allgemeinen als auch in Bezug auf Sprachbildung zeigt, ist gering. Im Unterricht werden vor allem soziale Aspekte des Lehrerhandelns fokussiert (*dass die Schüler mich mögen).*

B: Die ‚unhinterfragt annehmende Lehrkraft' zeigt im Vergleich zum Typ A eine stärkere Akzeptanz von und Anpassung an wahrgenommene Anforderungen, wie sie u.a. von sprachsensiblem Physikunterricht gestellt werden. Anforderungen werden dennoch kaum hinterfragt. Dieser Typ positioniert sich unabhängig von Kontextsituationen affirmativ zu den Anforderungen. Er weist im Vergleich zum Typ A eine stärkere Wirkmächtigkeit auf und fokussiert fachliche Aspekte des Lehrerhandelns. In Bezug auf Professionalisierung setzt sich Typ B mit Anforderungen an eigenes Handeln als Fachlehrkraft bzw. Physiklehrkraft auseinander.

C: Die ‚reflektiert-gestaltende Lehrkraft' setzt sich reflexiv mit wahrgenommenen Anforderungen einschließlich sprachspezifischer Vorgaben auseinander und passt diese an entsprechende Kontexte an. Diese Lehrkraft weist eine hohe Sensibilisierung in Bezug auf Sprache sowie eine – wie auch Typ B – mittelstark ausgeprägte Wirkmächtigkeit auf. Im

Vergleich zum Typ B fokussiert Lehrerhandeln stärker das Handeln von SuS. Bezüglich ihrer Professionalisierung kennzeichnet diesen Typ ein reflexiver Einbezug von Theorie bei der Gestaltung von Praxis.

D: Die ‚idealistische Lehrkraft' weist eine stark ausgeprägte Wirkmächtigkeit auf und zeigt eine reflexive Position im Hinblick auf Anforderungen. Dennoch orientiert sie sich stärker am Kontext als an wahrgenommenen Vorgaben. Im Hinblick auf den Unterricht zeigt sich eine Orientierung an fachbezogenem Handeln der Lehrkraft, wobei eine starke Praxisorientierung deutlich wird. Dieser Typ verortet sich selbst schon in der praktischen Phase seines Professionalisierungsprozesses.

Zusammenfassung

Die Ergebnisse der relationalen Typenbildung zeigen, dass die angehenden Physiklehrkräfte sich gleichsam in unterschiedlichen Professionalisierungsphasen befinden und entsprechend mit unterschiedlichen Aufgaben der Professionalisierung auseinandersetzen. Dementsprechend weist das Thema sprachsensibler Physikunterricht in unterschiedlichen Professionalisierungsphasen nicht die gleiche Relevanz auf. Sprache wird von angehenden Physiklehrkräften im Sample im Hinblick auf den Physikunterricht im Zusammenhang mit Heterogenität u.a. als eine externale Vorgabe konzipiert. Der Umgang mit sprachbezogenen Vorgaben zeigt sich im Laufe der Analyse analog zum Umgang mit Vorgaben und Anforderungen überhaupt. Eine weitere Dimension, die den Umgang mit Sprache mitbestimmt, ist die Konstruktion eigener Wirkmächtigkeit: Während der Typ A (die eigene Rolle suchende Lehrkraft) eine geringe Wirkmächtigkeit aufweist, ist es bei Typ D (idealistische Lehrkraft) sein Gegenteil. Bezüglich Sprache konstruieren sich die Lehrkräfte vom Typ D verglichen mit Typ A eher als fähig, sprachsensiblen Physikunterricht zu gestalten.

Diskussion und didaktische Implikationen

Die Erarbeitung von vier Typen von angehenden Physiklehrkräften gibt Hinweise darauf, wie die Lehrerbildung in Bezug auf den sprachsensiblen Physikunterricht gestaltet werden kann, um verschiedene Typen von Lehrkräften zu erreichen und differenziert zu unterstützen. So kann bei den die ‚eigene Rolle suchenden Lehrkräften' stärker an positive Erfahrungen in Bezug auf Lehrersein im Allgemeinen sowie in Bezug auf Sprache im Physikunterricht im Speziellen angeknüpft werden. Für die ‚unhinterfragt annehmende Lehrkraft' stellt das Fördern von kritischem Denken eine Möglichkeit dar, Reflexion in Bezug auf wahrgenommene Anforderungen zu entwickeln. Angehende Physiklehrkräfte, die bereits eine reflexive Perspektive einnehmen (‚reflexiv-gestaltende Lehrkraft'), können durch mehr Bestätigung und positive Verstärkung in ihrem Handeln unterstützt werden. Insgesamt zeigt es sich, dass das Kennen von Professionalisierungsphasen, in denen sich die angehenden Physiklehrkräfte befinden können, die Planung differenzierter Angebote bezüglich sprachsensiblen Unterrichts in der Lehrerbildung nahelegt.

In Bezug auf sprachsensiblen Physikunterricht zeigt sich, dass eigene biographische sowie berufsspezifische Erfahrungen der angehenden Lehrkräfte ihren Umgang mit Sprache im Physikunterricht strukturieren.

Literatur

Bohnsack, R. (2014). Rekonstruktive Sozialforschung. Einführung in qualitative Methoden. Opladen u.a.: Budrich.

Bonnet, A. (2020). Das Verhältnis fachlicher und generischer Aspekte der Professionalität und Professionalisierung von Lehrerinnen und Lehrern – Erkenntnisse der strukturtheoretischen und berufsbiographischen Forschung. In U. Hericks, M. Keller-Schneider, W. Meseth, A. Rauschenberg (Hrsg.), Fachliche Bildung und Professionalisierung von Lehrerinnen und Lehrern. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 27-49

Bourdieu, P. (1987). Sozialer Sinn. Kritik der theoretischen Vernunft. Frankfurt am Main: Suhrkamp.

Engstrom, S. & Carlhed, C. (2014). Different habitus: different strategies in teaching physics? Relationships between teachers' social, economic and cultural capital and strategies in teaching physics in upper secondary school. Cultural Studies of Science Education, 9, 699–728

Hericks, U., Keller-Schneider, M. & Meseth, W. (2020). Fachliche Bildung und Professionalisierung empirisch beforschen –zur Einführung in den Band. In: U. Hericks, M. Keller-Schneider & W. Meseth, A. Rauschenberg (Hrsg.), Fachliche Bildung und Professionalisierung von Lehrerinnen und Lehrern. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 9-27

Keller-Schneider, M. (2019). Professionalisierung im Berufseinstieg von Lehrpersonen – individuelle Wahrnehmung – institutionelle Angebote – berufsphasenspezifische Herausforderungen und Ressourcen. In M. Syring & S. Weiß, Lehrer(in) sein - Lehrer(in) werden - die Profession professionalisieren. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 145-160.

Andreas Helzel[1] [1]Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Thorid Rabe[1]

Orientierungen von Lehramtsstudierenden zu Sprache im Physikunterricht

Sprachbewusster Fachunterricht ist unter anderem für die Ausbildung von bildungs- und fachsprachlichen Fähigkeiten, die kognitive Konstruktion von (Fach-)Konzepten und für eine inklusive Bildung bedeutsam. Forschungsarbeiten fokussieren dabei vornehmlich die konkrete Umsetzung sprachsensiblen Unterrichts, die Strukturierung von Alltags-, Bildungs- und Fachsprache oder Lernerfolge durch sprachsensiblen Fachunterricht. In dieser Arbeit untersuchen wir in einer qualitativen Studie die Orientierungen von Lehramtsstudierenden zu Sprache im Physikunterricht, um die Ausprägung von Sprachbewusstheit bei (zukünftigen) Lehrkräften beschreiben zu können.

Motivation und theoretische Rahmung

Im Rahmen des QLB Projekts KALEI² – Professionalisierung durch Heterogenitätssensibilisierung – der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, widmet sich das Handlungsfeld „Sprache(n) im Fachunterricht“ der Sprachbewusstheit der Lehramtsstudierenden. Die projektinterne Verortung der zentralen Begriffe ist in Abb. 1 skizziert.

Innerhalb der Physikdidaktik lässt sich das Vorhaben folgendermaßen einordnen. Grundsätzlich gilt Sprache in der Physikdidaktik als ein konstitutives Element für das Verstehen (Leisen 2015, Rincke 2010) und wissenschaftliche Arbeiten fokussieren Vorteile und Umsetzung sprachsensiblen Unterrichts (vgl. überblicksartig Wodzinski & Heinicke, 2018). Studien zu Ansichten von Physiklehrkräften deuten an, dass sie die Wichtigkeit von Sprache zwar anerkennen, sprachsensibler Unterricht jedoch kaum realisiert wird. Lehrkräfte scheinen nur ein sehr intuitives Repertoire an geeigneten Lehrmethoden zu besitzen und beide Befunde scheinen sich auch mit zunehmender Erfahrung der Lehrkräfte nicht zu ändern (Rincke & Markic 2018). Letzteres deutet an, dass Lehrkräfte diese Thematik nicht gewinnbringend reflektieren können.

Reflexivität wird im Rahmen dieses Textes als ein reflexiver Habitus, angelehnt an Bourdieu (Bourdieu 1987) verstanden, was andere Verständnisse von Reflexivität, wie sie beispielsweise bei Aufschnaiter et al. (2019) diskutiert werden, nicht ausschließt. Der Begriff „Sprachbewusstheit“ sei dann ein sprachbezogener reflexiver Habitus. Ein erweitertes Verständnis von Sprachbewusstheit ist im Modell der Kritisch-reflexiven Sprachbewusstheit bei Tajmel (2017, S. 265ff) dargestellt.

Für eine solche themenbezogene Reflexivität sind folglich besonders Dispositionen (in einem kompetenztheoretischen Modell) bzw. Orientierungen (in einem strukturtheoretischen Modell) zu dem Thema entscheidend und nicht nur zur Tätigkeit des Reflektierens im Allgemeinen.

Vor diesem Hintergrund ergibt sich unser Forschungsinteresse: *Welche Perspektiven haben Studierende auf Sprache im Allgemeinen und auf Sprache im Physikunterricht?*

Um Aussagen zu diesen Perspektiven zu machen, speziell im Hinblick auf die Reflexivität zu Sprache, werden mithilfe der dokumentarischen Methode (Bohnsack et al. 2010, Przyborski

2004, Przyborski & Wohlrab-Sahr 2014) die Orientierungen und möglichen Orientierungsdilemmata der Studierenden zu Sprache untersucht, wie sie in der Methode definiert sind.

Abb. 2 Verortung der zentralen Begriffe im Projekt KALEI²

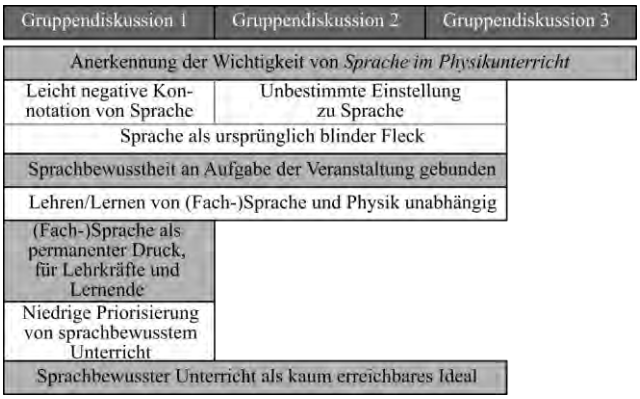


Abb. 1 Gemeinsamkeiten und Unterschiede in den Orientierungsrahmen der Gruppendiskussionen

Forschungsdesign

Die Studie findet im Rahmen einer physikdidaktischen Begleitveranstaltung der Schulpraktika zum Thema Sprache und Physiklernen statt (vgl. Helzel & Rabe 2021). Direkt im Anschluss an diese Veranstaltung wurden drei Gruppendiskussionen online mit schriftlichen Diskussionsimpulsen durchgeführt. Der Hauptimpuls war sehr allgemein, jedoch durchaus komplex: „Diskutieren Sie, inwieweit die Arbeit mit Fällen zum Thema ‚Sprache im Physikunterricht' in Ihrem Schulpraktikum Ihre Perspektive auf dieses Thema verändert hat." Ein wichtiger differenzierender Impuls war beispielsweise: „Erinnern Sie sich zurück, welche Perspektive hatten Sie in Ihrer eigenen Schulzeit auf Sprache?" Die Aufzeichnungen der drei Gruppendiskussionen wurden transkribiert und wichtige Abschnitte bezüglich des Forschungsinteresses ausgewählt und analysiert.

Ergebnisse und Diskussion

Einen Überblick über die Orientierungen, die sich in den drei Gruppendiskussionen vor allem gemeinsam zeigen, aber auch erste Unterschiede sind in Abbildung 2 dargestellt.

Die Abbildung ist folgendermaßen aufgebaut: Die Verwirklichung des positiven Horizonts, die Anerkennung der Wichtigkeit von Sprache im Physikunterricht, steht dem negativen Horizont, dass sprachbewusster Unterricht ein kaum erreichbares Ideal ist, gegenüber. Hier spricht man in der dokumentarischen Methode von einem Orientierungsdilemma (Bohnsack et al. 2010, S. 635). Die zwischen diesen Horizonten dargestellten Orientierungen geben ein differenzierteres Bild, inwieweit positiver oder negativer Horizont verwirklicht werden (können). Es scheint bspw. das Dilemma in den Orientierungen stärker in Gruppe 1 zu sein, in der das Thema „Sprache" negativ konnotiert ist. Weiterhin soll Abbildung 2 andeutet, dass sich in Gruppe 3 kaum gemeinsame Orientierungen zeigen, abgesehen vom positiven Horizont.

Hervorzuheben ist dabei die Orientierung, dass Sprachbewusstheit an die Aufgabe der Veranstaltung gebunden scheint. Zum einen deutet es an, dass bei den Studierenden

Sprachbewusstheit nicht habitualisiert ist. Gleichzeitig impliziert es auch, dass die Veranstaltung tatsächlich einen Grundstein für die Ausbildung von Sprachbewusstheit setzen könnte, da hier durchgängig Erzählungen zu konkreten Erlebnissen aus dem Schulpraktikum auftreten.
Die Diskursorganisationen (Przyborski 2004) der Gruppen deuten außerdem gewisse Muster an, wie sich situativ und kollektiv das Orientierungsdilemma zeigt. In Gruppe 2 wird beispielsweise parallel über das Erstaunen über fehlende Erfahrung und fehlende Erinnerung zu Sprache in Physik aus der eigenen Schulzeit gesprochen. Aus diesen Erzählungen entsteht als Konklusion eine univoke ad hoc-Konstruktion, dass (medial mündliche) Sprache in Physik keine Bedeutung haben kann. Der geteilte Erfahrungsraum, der nicht zum positiven Horizont passt, wird genutzt um den negativen Horizont zu rechtfertigen.
Die Diskursorganisation zu dem gleichen Thema verläuft in Gruppe 3 dagegen divergent, die drei Studierenden M1, M2 und M3 scheinen sich zunächst zu verstehen, ohne Orientierungen zu teilen. Die Erzählungen von fehlenden Erinnerungen zu Sprache im Physikunterricht aus der eigenen Schulzeit von M1 erscheinen homolog zu denen von Gruppe 2 und führen ebenfalls zum Versuch einer Rechtfertigung des negativen Horizonts. Demgegenüber stehen Erzählungen von M3, in denen er Sprache als eng mit dem Fach Physik verbunden darstellt. M3 konstruiert damit durchgängig Sprache und Physikunterricht als zusammengehörig. Bei M2 zeigt sich dagegen das Orientierungsdilemma sehr deutlich. Performativ konstruiert er Sprache zwar eher als etwas, das vom Physiklernen getrennt zu sein scheint. Anders als M1 erzählt M2 von konkreten Erlebnissen der Schulzeit, die diese Konstruktion zwar nahelegen, die Art der Darstellung deutet jedoch ein stärkeres Zuwenden zum positiven Horizont an.

Zusammenfassung

Der Orientierungsrahmen in Abbildung 2 reproduziert und ergänzt die bei Renner & Haagen-Schützenhöfer (2021) gefundenen Vorstellungen von Lehramtsstudierenden zu Sprache im Physikunterricht. Die Zuwendung der Studierenden zu einem sprachbewussten Unterricht zeigt sich deutlich in Erzählungen aus dem Schulpraktikum. In den Gruppendiskussionen zeigt sich allerdings anhand eines ausgeprägten negativen Horizonts ein Orientierungsdilemma.
Ein Orientierungsdilemma bezüglich Sprache im Physikunterricht zeigt sich bei fast allen Studierenden mit Ausnahme von Student M3 in Gruppe 3, der Sprache nicht als vom Physikunterricht getrennt konstruiert. Gleichzeitig ist er der einzige Studierende, der von Erlebnissen aus der eigenen Schulzeit berichtet, in denen auf die Sprache im Physikunterricht explizit geachtet wurde, ohne dass es sich um Ausnahmesituationen handelte.
Bezogen auf die Fragestellung, inwieweit das Thema Sprache gewinnbringend reflektiert werden kann, zeigt sich hier kein eindeutiges Bild. Nach Bourdieu & Wacquant (1996, S. 165f) könnte die Existenz eines Orientierungsdilemmas zwar schon als gestärkte Reflexivität interpretiert werden, was sich bezogen auf die Praktikumsaufgabe bei den Studierenden zu zeigen scheint. Jedoch zeigt die beschriebene Diskursorganisation aus Gruppe 2, dass fehlende Erfahrungen zu Sprache im Physikunterricht zu einer kontraproduktiven Reflexion führen können. Hier ist einerseits eine tiefere Analyse der Orientierungsrahmen und andererseits ein differenzierterer Blick auf das Konzept der Reflexivität wie bei Aufschnaiter et al. (2019) notwendig, um die sich ändernde Reflexivität von Studierenden genauer zu verstehen.

Literatur

Aufschnaiter, C. v., Fraij, A., & Kost, D. (2019). Reflexion und Reflexivität in der Lehrerbildung. In Herausforderung Lehrer_innenbildung, 2 (1), 144 - 159

Bohnsack, R. (Ed.), Pfaff, N. (Ed.), Weller, W. (Ed.) (2010). Qualitative analysis and documentary method in international educationsl research. Opladen: B. Budrich

Bourdieu, P. (1987). Sozialer Sinn. Kritik der theoretischen Vernunft. Frankfurt am Main: Suhrkamp

Bourdieu, P. & Wacquant, L. J. D. (1996). Reflexive Anthropologie. Frankfurt am Mein: Suhrkamp

Helzel, A. & Rabe, T. (2021). Sprachbewusstheit Unterstützen durch ein kasuistisches Lehrformat. In S. Habig (Hrsg.), Naturwissenschaftlicher Unterricht und Lehrerbildung im Umbruch. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Online Jahrestagung 2020. Universität Duisburg-Essen, 629 - 632

Leisen, J. (2015). Fachlernen und Sprachlernen! In Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht 3(68), 132 – 137

Renner, M. & Haagen-Schützenhöfer, C. (2021). Vorstellungen von Physik-Lehramtsstudierenden zu Sprache im Physikunterricht. In S. Habig (Hrsg.), Naturwissenschaftlicher Unterricht und Lehrerbildung im Umbruch. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Online Jahrestagung 2020. Universität Duisburg-Essen, 693 - 696

Rincke, K. (2010). Alltagssprache, Fachsprache und ihre besonderen Bedeutungen für das Lernen. In Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaft (16), 235 - 260

Rincke, K. & Markic, S. (2018). Sprache und das Lernen von Naturwissenschaften. In Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung, 31 - 48

Przyborski, A. (2004). Gesprächsanalyse und dokumentarische Methode. Auswertung von Gesprächen, Gruppendiskussionen und anderen Diskursen. Wiesbaden: Springer VS

Przyborski, A. & Wohlrab-Sahr, M. (2014). Qualitative Sozialforschung. Oldenburg: De Gruyter

Tajmel, T. (2017). Naturwissenschaftliche Bildung in der Migrationsgesellschaft. Wiesbaden: Springer VS

Wodzinski, Rita & Heinicke, Susanne (Hg.) (2018a). Sprachsensibel Physik unterrichten. Unterricht Physik 165/166.

Robert Gieske[1]
Sabine Streller[1]
Claus Bolte[1]

[1]Freie Universität Berlin

Zur Trennung von Umgangs- und Fachsprache beim fachlichen Chemielernen

Um Bildungsgerechtigkeit in Zeiten zunehmender Diversifizierung und Heterogenität – insbesondere in Migrationsgesellschaften wie Deutschland – sicherzustellen (Stanat, Schipolowski, Mahler, Weirich, & Henschel, 2019, S. 444), sind Akteure im Bereich naturwissenschaftlicher Bildung mehr denn je gefordert, auch auf solche Schüler*innen zu achten, die in ihren individuellen Bildungsgängen besonderen Herausforderungen begegnen (Stanat et al., 2019, S. 444–445). Aktuelle Schulleistungsvergleichsstudien, wie die PISA-Studien (Reiss, Weis, Klieme, & Köller, 2019, S. 77) oder der IQB-Bildungstrend (Stanat et al., 2019, S. 445), identifizieren in besonderem Maße Schüler*innen, deren Sprachstand offensichtlich noch nicht ausreicht, um den durch die Bildungsstandards und in den Rahmenlehrplänen festgelegten Ansprüchen zu genügen (Bolte & Pastille, 2010, S. 34–35). Unzureichende sprachliche Kompetenzen wirken sich auch auf die Leistung von Lernenden in naturwissenschaftlichen Fächern negativ aus (Bird & Welford, 1995, S. 396–397; Bolte & Pastille, 2010, S. 27). Die Betrachtung bildungssprachlicher Defizite und die Untersuchung, in welchem Maße diese Defizite die Lernentwicklungen im naturwissenschaftlichen Bereich behindern, sollten sich folglich nicht allein auf Lernende der deutschen Bildungssprache beschränken, sondern möglichst die Gesamtheit der Schüler*innen und ihre förderungsbedürftigen Kompetenzen in den Blick nehmen. Einen vielversprechenden Ansatz, um den diversen sprachlichen Hintergründen von Lernenden gerecht zu werden, stellen wir in diesem Beitrag vor.

Theoretische Rahmung und forschungsleitende Fragestellung

In der allgemeindidaktischen und erziehungswissenschaftlichen Forschung besteht weitgehend Konsens bezüglich der Erkenntnis, dass den sprachlichen Herausforderungen eines Großteils der Lernenden nur durch eine durchgängige Sprachbildung als Querschnittsaufgabe sämtlicher Fächer zu begegnen sei (Gogolin & Lange, 2011, S. 118). Daher scheint es lohnenswert, Verfahren zur integrativen Sprachbildung aus der Perspektive der jeweiligen Fachdidaktiken zu entwickeln und mit Blick auf ihre Wirksamkeit zu evaluieren (Riebling, 2013, S. 17; Riebling & Bolte, 2008, S. 178). Gesprächsanlässe, die aus naturwissenschaftlicher Betätigung erwachsen, können sogar als besonders geeignet erachtet werden, um bildungssprachliche und fachbezogene Kompetenzentwicklungen anzustoßen und zu fördern (Streller, Bolte, Dietz & Noto La Diega, 2019, S. 37–38; Streller, Hoffmann & Bolte, 2012, S. 574). Unter der Annahme, dass der Erwerb von fachsprachlicher Lexik in gewisser Hinsicht dem Erlernen einer Fremdsprache ähnelt (Rincke, 2011, S. 255–256), müsste ein erheblicher kognitiver Aufwand entstehen, wenn im Fachunterricht der Fokus des Lernens sowohl auf das fachinhaltliche, konzeptuelle Verständnis als auch auf fachsprachliche Kompetenzen gerichtet wird. Es gibt Erkenntnisse dazu, dass die Hürden, welche durch den gleichzeitigen Erwerb eines fachlichen Konzeptes und des dazugehörigen Fachterminus bezüglich des kognitiven Aufwands entstehen, vielen Lernenden die Chance auf ein besseres Abschneiden im naturwissenschaftlichen Unterricht verwehren (Brown, Ryoo & Rodriguez, 2010, S. 1479–1480; Brown, Donovan & Wild, 2019, S. 766). So haben Untersuchungen im multilingualen, angloamerikanischen Sprachraum gezeigt, dass das Erlernen naturwissenschaftlicher Konzepte dann zu

besseren Lernergebnissen bei allen Lernenden führte, wenn zunächst vorrangig alltagssprachliche Mittel verwendet wurden (Brown et al., 2010; McDonnell, Barker & Wieman, 2016). Brown et al. (2010) und Ryoo (2015) haben dazu im Fach *Science* sowohl Unterrichtssequenzen zum Thema Fotosynthese entwickelt, als auch deren Implementation empirisch begleitet sowie die Wirksamkeit des Ansatzes überprüft. Die von ihnen gewählte Herangehensweise – sie wird als *Disaggregate Instruction* bezeichnet – sieht erst nach erfolgtem Konzepterwerb die Einführung der naturwissenschaftlichen Fachtermini vor (Brown et al., 2010; Ryoo, 2015). Den vielversprechenden Ansatz der *Disaggregate Instruction* haben wir aufgegriffen und an die in Berlin anzutreffenden Rahmenbedingungen einer bildungssprachlich heterogenen Schülerschaft angepasst, um folgender übergeordneter Fragestellung nachzugehen:

- Inwiefern werden Lernende beim Erwerb chemischen Fachwissens und in der Entwicklung ihrer chemiebezogenen kommunikativen Kompetenzen unterstützt, wenn (gemäß dem *Disaggregate-Instruction*-Ansatz) Unterrichtssequenzen zunächst so praktiziert werden, dass erst im Anschluss an das inhaltliche Durchdringen fachsprachliche Begriffe eingeführt werden?

Studiendesign und Stichprobe

Aufbauend auf bisherige Studien zur *Disaggregate Instruction* haben wir eine Unterrichtsreihe aus vier 90-minütigen Einheiten für den Chemieanfangsunterricht mit dem Titel *Das Tote Meer stirbt* konzipiert. Im Gegensatz zu Brown et al. (2010, S. 1475) haben wir uns gegen die Verwendung einer Computersoftware entschieden, um eine bessere Übertragbarkeit der Erkenntnisse auf regulären Chemieunterricht zu gewährleisten, wohl wissend, dass dadurch die Lehrkraft als Störvariable auftreten könnte. Dieser potentiellen Beeinträchtigung versuchen wir Rechnung zu tragen, indem in unserem Projekt lediglich zwei verschiedene Lehrkräfte zum Einsatz kommen. Um unsere Interventionsstudie zu evaluieren, nutzen wir ein Treatment-Control-Design mit Prä- und Post-Test. In beiden Gruppen werden die gleichen Inhalte unter Verwendung identischer Methoden vermittelt; in der Kontrollgruppe wird allerdings auf die strikte Trennung von fachinhaltlichem und fachsprachlichem Lernen verzichtet. Die Unterrichtsreihe selbst behandelt die Themen *Aufbau und Lösevorgang von Salzen in Wasser* unter Verwendung schüler- und handlungsorientierter Methoden sowie ausgewählter Unterrichtsmedien. Die Fachtermini stammen aus dem Rahmenlehrplan für das Fach Chemie (SenBJS Berlin, 2006, S. 36). Im Prä-Test bearbeiten die Lernenden einen allgemeinsprachlichen C-Test (ifbq Hamburg, 2008) und einen eigens entwickelten fachsprachlichen C-Test (Gieske, Karatas & Bencker, 2020), um anhand der Ergebnisse eine Einteilung bezüglich der sprachlichen Kompetenzen vorzunehmen. Vor und nach der Unterrichtsreihe füllen die Lernenden außerdem einen von uns entwickelten themenbezogenen Fachwissenstest mit 14 Items im Multiple-Choice-Single-Select-Format aus, um Wissenszuwächse im Zuge der Intervention abbilden zu können (Gieske 2021). Nach der Intervention bearbeiten die Teilnehmer*innen außerdem zwei offene Aufgaben zur Analyse der Kompetenz des fach- und adressatengerechten Kommunizierens. In diesem Kontext schreiben sie zwei Essays: eines an einen Experten (z.B. eine Chemielehrerin) und ein weiteres an ein Mitglied der Peergroup, das bislang im Themenbereich noch nicht unterrichtet wurde (z.B. an einen Freund). In beiden Fällen gilt es, den Lösevorgang eines Salzes in Wasser adressatenspezifisch zu erklären. Durch den Vergleich der Schüler*innen-Texte erhoffen wir uns Erkenntnisse, inwiefern der *Disaggregate-Instruction*-Ansatz Lernende dazu befähigt, fachsprachliches Vokabular adressatenorientiert einzusetzen und damit zu einer Progression im Bereich chemiebezogener Kommunikation beiträgt.

Erste Ergebnisse

Erste Datenerhebungen fanden zwischen Mai und August 2021 in leistungsdivergenten Klassen der 8. Jahrgangsstufe zweier Gymnasien und einer integrierten Sekundarschule statt. Insgesamt erhielten wir trotz eines teilweise erheblichen, pandemiebedingten Drop-Outs vollständige Datensätze von 89 Lernenden. Die Analysen zum Fachwissenstest belegen eine sehr zufriedenstellende Reliabilität (Cronbachs α = .874). Aus Abbildung 1 wird ersichtlich, dass ein substanzieller Lernzuwachs sowohl in der Interventions- als auch in der Kontrollgruppe im Prä-Post-Test-Vergleich festzustellen ist. Abbildung 2 fokussiert auf die Analyse der Daten von Schüler*innen des Gymnasiums (N = 73). Da der Drop-Out geringer und die untersuchungsbezogenen Rahmenbedingungen an dieser Schulform günstiger waren, sind die Ergebnisse u.E. somit aussagekräftiger. Hier zeigt sich, dass der Lernzuwachs in der Interventionsgruppe von Prä- zu Post-Test zehn Punkte beträgt, während der Lernzuwachs in der Kontrollgruppe nur acht Punkte umfasst. Zu erkennen ist allerdings auch, dass die Streuung der Post-Test-Ergebnisse der Interventionsgruppe erheblich ist.

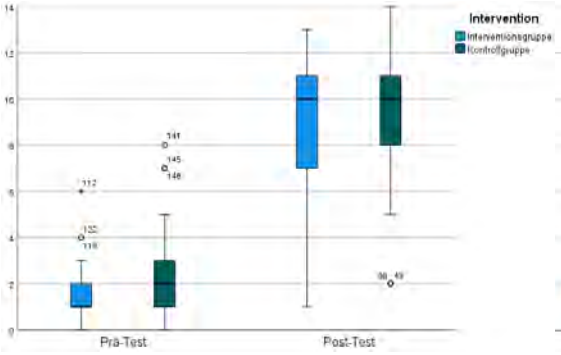


Abb. 1: Prä- und Post-Test-Ergebnisse im Fachwissen (N=89).

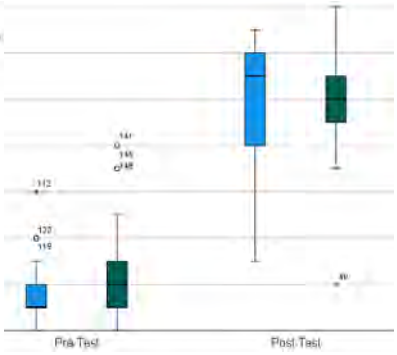


Abb. 2: Prä- und Post-Test-Ergebnisse im Fachwissen am Gymnasium (N=73).

Diskussion und Ausblick

Die Ergebnisse unserer ersten Analysen erwiesen sich als gewinnbringend, um die Testinstrumente auf ihre Eignung zu prüfen. Wir vermuten, dass die nicht gänzlich erwartungskonformen Ergebnisse (Abb. 1 & 2) maßgeblich durch unterrichtspraktische Hürden, pandemiebedingte Einschränkungen und die relativ kleine Stichprobe zustande kamen. Selbstverständlich werden wir weitere Interventionen im laufenden Schuljahr durchführen. Dabei versuchen wir aufzuklären, welche Effekte vor allem an nicht-gymnasialen Schulen auftreten. Zusätzlich sollen die Berücksichtigung der (fach-)sprachlichen Kompetenzen vor der Intervention und die qualitative Auswertung der fach- und adressatengerechten Textprodukte die bisherigen Befunde ergänzen und zu einem umfassenderen Einblick in die Effekte des *Disaggregate-Instruction*-Ansatzes beitragen.

Literatur

Bird, E., & Welford, G. (1995). The effect of language on the performance of second-language students in science examinations. International Journal of Science Education, 17(3), 389–397.

Bolte, C., & Pastille, R. (2010). Naturwissenschaften zur Sprache bringen. Strategien und Umsetzung eines sprachaktivierend naturwissenschaftlichen Unterrichts. In G. Fenkart, A. Lembens, & E. Erlacher-Zeitlinger (Hrsg.), Sprache, Mathematik und Naturwissenschaften. Innsbruck: StudienVerlag, 26–46.

Riebling, L., & Bolte, C. (2008). Sprachliche Heterogenität im Chemieunterricht. In D. Höttecke (Hrsg.), Kompetenzen, Kompetenzmodelle, Kompetenzentwicklung. Münster: Lit, 176–178.

Brown, B. A., Donovan, B., & Wild, A. (2019). Language and cognitive interference: How using complex scientific language limits cognitive performance. Science Education, 103(4), 750–769.

Brown, B. A., Ryoo, K., & Rodriguez, J. (2010). Pathway Towards Fluency: Using 'disaggregate instruction' to promote science literacy. International Journal of Science Education, 32(11), 1465–1493.

Gieske, R. (2021). Fachwissenstest ‚Aufbau und Lösevorgang von Salzen in Wasser', unveröffentlicht.

Gieske, R., Karatas, Y., & Bencker, J. (2020). Fachsprachlicher C-Test Chemie, unveröffentlicht.

Gogolin, I., & Lange, I. (2011). Bildungssprache und Durchgängige Sprachbildung. In S. Fürstenau & M. Gomolla (Hrsg.), Migration und schulischer Wandel: Mehrsprachigkeit. Wiesbaden: Verlag für Sozialwissenschaften, 107–127.

Institut für Bildungsmonitoring und Qualitätsentwicklung Hamburg. (2008). C-Test Klasse 7/8 „Überfall +3".

McDonnell, L., Barker, M. K., & Wieman, C. (2016). Concepts first, jargon second improves student articulation of understanding. Biochemistry and Molecular Biology Education, 44(1), 12–19.

Reiss, K., Weis, M., Klieme, E., & Köller, O. (Hrsg.). (2019). PISA 2018. Waxmann.

Riebling, L. (2013). Sprachbildung im naturwissenschaftlichen Unterricht: Eine Studie im Kontext migrationsbedingter sprachlicher Heterogenität. Münster: Waxmann.

Rincke, K. (2011). It's Rather like Learning a Language: Development of talk and conceptual understanding in mechanics lessons. International Journal of Science Education, 33(2), 229–258.

Ryoo, K. (2015). Teaching Science Through the Language of Students in Technology-Enhanced Instruction. Journal of Science Education and Technology, 24(1), 29–42.

Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Sport Berlin. (2006). Rahmenlehrplan für die Jahrgangsstufen 7-10. Chemie.

Stanat, P., Schipolowski, S., Mahler, N., Weirich, S., & Henschel, S. (2019). IQB-Bildungstrend 2018. Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen am Ende der Sekundarstufe I im zweiten Ländervergleich. Münster: Waxmann.

Streller, S., Bolte, C., Dietz, D., & Noto La Diega, R. (2019). Chemiedidaktik an Fallbeispielen: Anregungen für die Unterrichtspraxis. Berlin Heidelberg: Springer.

Streller, S., Hoffmann, M., & Bolte, C. (2012). KieWi & Co.: Sprachförderung im Kontext naturwissenschaftlichen Lernens. In S. Bernholt (Hrsg.), Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht. Münster: Lit, 572–574.

Christoph Vogelsang[1] [1]Universität Paderborn
Andreas Borowski[2] [2]Universität Potsdam
Christoph Kulgemeyer[1] [3]RWTH Aachen
Josef Riese[3]

Relationen von Professionswissen und Performanz im Praxissemester Physik

Hintergrund

Nach dem Kontinuumsmodell professioneller Kompetenz (Blömeke et al., 2015) beinhalten Kompetenzen *Dispositionen*. Diese bilden eine Grundlage für *situations-spezifische Fähigkeiten* von Lehrkräften, welche wiederum eine Basis für die beobachtbare *Performanz* in beruflichen Handlungssituationen sind (z.B. Unterrichten). Eine zentrale Disposition bildet professionelles Wissen, meist unterschieden in Fachwissen (FW), fachdidaktisches Wissen (FDW) und pädagogisches Wissen (PW) (vgl. Baumert & Kunter, 2006). Dieses Modell korrespondiert dabei mit der Vorstellung professioneller Entwicklung von Lehrkräften im Sinne einer Wirkkette von universitärer Ausbildung bis in den Beruf hinein (vgl. Terhart, 2012). Die Überführung universitär erworbenen Professionswissens in Performanz wird dabei insbesondere in Langzeitpraktika im Lehramtsstudium angestrebt (Ulrich et al., 2020). Für die Ausbildung in Praxisphasen wird zudem angenommen, dass sich die Entwicklung unterschiedlicher Fähigkeiten für bestimmte unterrichtsnahe Handlungen (z.B. Planung und Reflexion) wechselseitig begünstigt und unterschiedliche Fähigkeiten daher in einem positiven Zusammenhang stehen (vgl. Shavelson & Stern, 1981).
Während in der Domäne Physik zur (meist positiven) Entwicklung von Professionswissen und bestimmten Handlungsfähigkeiten in Langzeitpraktika mittlerweile einige Befunde vorliegen (z.B. Professionswissen: Enkrott et al., 2020; Mertens & Gräsel, 2018; Reflexionsfähigkeit: Kempin et al., 2020; Unterrichtsplanungsfähigkeit: Schröder et al., 2020), fehlt es aber an Analysen, die Zusammenhänge zwischen verschiedenen Wissens- und Fähigkeitsbereichen gemeinsam untersuchen. Bisherige Daten zeigen eher kleine bis mittlere Zusammenhänge zwischen Professionswissen und z.B. Planungsfähigkeiten (Physik: Schröder et al., 2020, Bildungswissenschaften: König et al., 2020).

Fragestellungen

Die bisherige Forschungslage kann so interpretiert werden, dass sich die Bedeutung universitär erworbenen Professionswissens im Verlauf von Langzeitpraktika verändern könnte. Um dies näher zu analysieren werden daher in einer Art Gesamtschau der im Projekt Profile-P+ (Vogelsang et al., 2019) erhobenen Daten folgende Fragen untersucht.

1. In welchem Zusammenhang stehen (universitär erworbenes) Professionswissen (FW, FDW, PW) und Fähigkeiten in drei Standardanforderungen (Erklären, Planen, Reflektieren) von angehenden Lehrkräften im Fach Physik?
2. Inwiefern verändern sich diese Zusammenhänge im Verlauf eines Langzeitpraktikums?
3. Welche Erfahrungen im Langzeitpraktikum (z.B. Anzahl selbstständig durchgeführter Unterrichtsstunden) können evtl. Änderungen von Wissenszusammenhängen erklären?

Aufgrund der diffusen Theorielage zum Zusammenhang von Wissen und Handeln lassen sich nur schwer gerichtete Hypothesen hinsichtlich möglicher Veränderungen formulieren (vgl. Vogelsang & Reinhold, 2013). Je nach theoretischem Bezugspunkt können Abnahmen oder ein stabiles Bestehen der Zusammenhänge erwartet werden. Die Auswertung folgt daher einem explorativen Ansatz.

Methode

Im Projekt Profile-P+ (Vogelsang et al., 2019) wurden Lehramtsstudierende mit Fach Physik an vier Universitäten zu Beginn und am Ende eines ca. fünfmonatigen Praxissemesters im Masterstudium zum einen mit standardisierten paper-pencil-Instrumenten bzgl. ihres FW (Vogelsang et al., 2019), ihres FDW (Riese et al., 2017) und ihres PW (Kurzversion von Seifert, Hilligus & Schaper, 2009) befragt. Zum anderen wurden ihre Fähigkeiten zur Unterrichtsplanung, zur -reflexion und zum Erklären von Physik mit Hilfe standardisierter Performanztests ähnlich zu Verfahren aus der Mediziner*innenausbildung erhoben (vgl. Miller, 1990). Diese simulieren berufliche Handlungssituationen, etwa als dialogisches Rollenspiel oder simuliertes Reflexionsgespräch (Planung: Schröder et al., 2020; Reflexion: Kempin et al., 2021; Erklären: Kulgemeyer & Tomczyszyn, 2015). Alle Instrumente erlauben valide (Vogelsang et al., 2019) und reliable quantitative Messungen (.70 < EAP/PV bzw. α <. 84). Der Testaufwand war insgesamt hoch (320 Minuten Gesamtzeit je Messzeitpunkt).
Im Panel liegen Daten von N = 82 Studierenden vor (Semesterzahl: MW = 8.7, SD = 2.8, Anzahl unterrichteter Stunden im Praxissemester: 5 bis 50). Um Verringerungen der Teststärke aufgrund von *missings* auszugleichen, wurden fehlende Daten im Panel multipel imputiert (MAR, *regression*-Ansatz, m = 40, vgl. Graham, 2009). Zur Analyse der Forschungsfragen wurden bivariate Korrelationsanalysen je Messzeitpunkt mit Prä-Post-Unterschiedstests berechnet (Raghunatan, Rosenthal & Rubin, 1996).

Ergebnisse

In den folgenden Abbildungen sind die Korrelationen zwischen Professionswissen und Handlungsfähigkeiten jeweils für beide Messzeitpunkte und, falls bedeutsam, mit Ergebnissen von Unterschiedstests dargestellt (*p <. 05, **p <. 001, + p = .055).

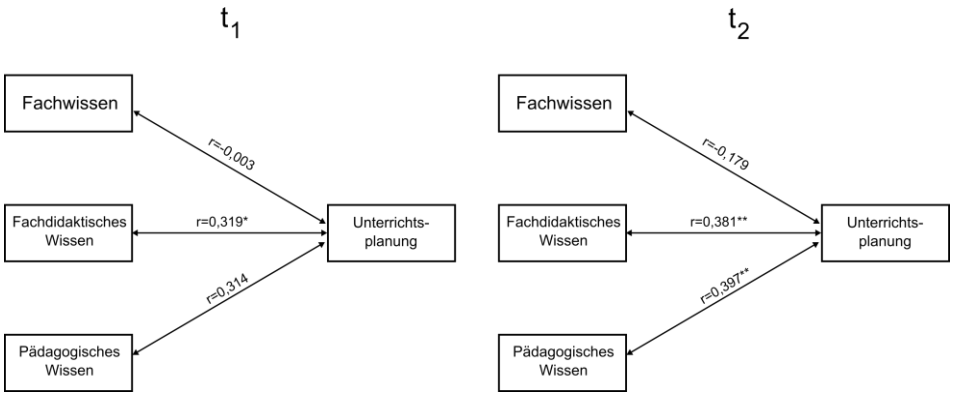


Abb. 1 „Professionswissen & Planungsfähigkeit“

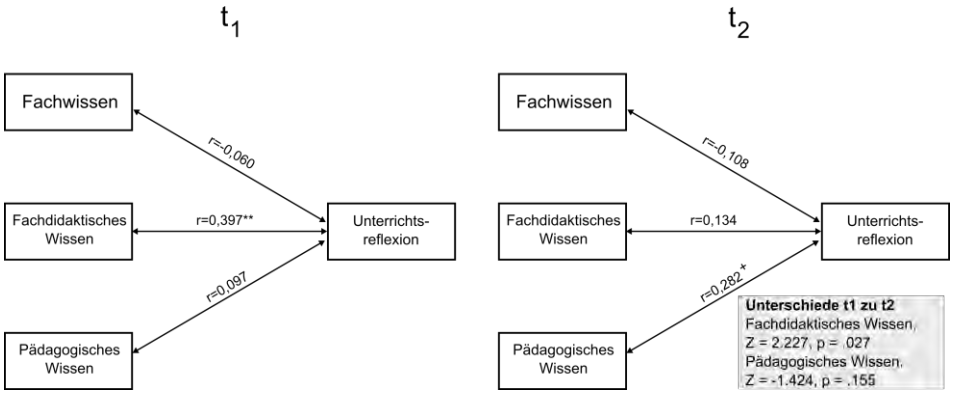


Abb. 2 „Professionswissen & Reflexionsfähigkeit“

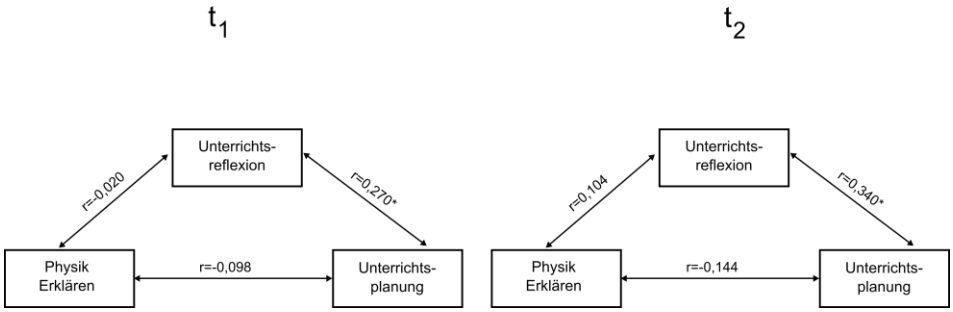


Abb. 3 „Zusammenhänge zwischen Handlungsfähigkeiten“

Bzgl. der Planungsfähigkeit konnten vor und nach dem Praxissemester Zusammenhänge zum FDW und PW festgestellt werden (Abb. 1). Bzgl. der Reflexionsfähigkeit ergab sich eine Veränderung dahingehend, dass es zu Beginn eher mit dem FDW in Zusammenhang stand, und am Ende eher mit dem PW (Abb. 2). Für die Erklärfähigkeit zeigten sich keine Zusammenhänge. Es konnten zudem nur stabile positive Zusammenhänge zwischen Planungs- und Reflexionsfähigkeit beobachtet werden (Abb. 3). Unter Kontrolle des Professionswissen konnte der Umfang wahrgenommener Lerngelegenheiten im Praxissemester (z.B. Anzahl selbstständig durchgeführter Unterrichtsstunden) keine zusätzliche Varianz zum zweiten Messzeitpunkt aufklären.

Fazit

Während zwischen Professionswissen und der eher „wissensnahen“ Anforderung der Unterrichtsplanung stabile Zusammenhänge bestehen, war das Bild für die handlungsnah erfassten Reflexions- und Erklärfähigkeit weniger klar. Es findet zumindest bei der Reflexionsfähigkeit eine Verschiebung von eher fachdidaktischem hin zu eher pädagogischen „Fokus“ statt (vgl. Kempin et al., 2020). Für das FW zeigten sich durchweg keine Zusammenhänge mit den drei Fähigkeiten. Insgesamt deuten die Ergebnisse daraufhin, dass die Rolle universitär erworbenen Professionswissens differenzierter je nach betrachteter Handlungsanforderung betrachtet werden muss. Die Annahme einer Wirkkette (vgl. Terhart, 2012) lässt sich empirisch nur bedingt beobachten.

Literatur

Baumert, J. & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 9(4), 469–520

Blömeke, S., Gustafsson, J., & Shavelson, R. (2015). Beyond dichotomies: Competence viewed as a continuum. Zeitschrift für Psychologie, 223, 3-13

Enkrott, P., Buschhüter, D., Spoden, C., Fischer, H., & Borowski, A. (2020). Entwicklung des fachlichen- und fachdidaktischen Wissens angehender Physiklehrkräfte. In S. Habig (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen. Essen: Universität Duisburg-Essen, 431-434

Graham J.W. (2009) Missing data analysis: making it work in the real world. Annual Review of Psychology, 60, 549– 576

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. Essen: Universität Duisburg-Essen. 439-442

König, J., Bremerich-Vos, A., Buchholtz, C., Fladung, I., & Glutsch, N. (2020). Pre–service teachers' generic and subject-specific lesson-planning skills: On learning adaptive teaching during initial teacher education. European Journal of Teacher Education, 43(2), 131-150

Kulgemeyer, C., & Tomczyszyn, E. (2015). Physik erklären–Messung der Erklärensfähigkeit angehender Physiklehrkräfte in einer simulierten Unterrichtssituation. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 21(1), 111-126

Mertens, S., & Gräsel, C. (2018). Entwicklungsbereiche bildungswissenschaftlicher Kompetenzen von Lehramtsstudierenden im Praxissemester. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 21(6), 1109-1133

Miller, G. E. (1990). The assessment of clinical skills/competence/performance. Academic medicine, 65(9), 63-67

Raghunathan, T. E., Rosenthal, R., & Rubin, D. B. (1996). Comparing correlated but nonoverlapping correlations. Psychological Methods, 1(2), 178-183

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. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 26(1), 103-122

Seifert, A., Hilligus, A. H., & Schaper, N. (2009). Entwicklung und psychometrische Überprüfung eines Messinstruments zur Erfassung pädagogischer Kompetenzen in der universitären Lehrerbildung. Lehrerbildung auf dem Prüfstand, 2(1), 82-103

Shavelson, R. J., & Stern, P. (1981). Research on teachers' pedagogical thoughts, judgments, decisions, and behavior. Review of educational research, 51(4), 455-498

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 I. Ulrich & A. Gröschner (Hrsg.), Praxissemester im Lehramtsstudium in Deutschland: Wirkungen auf Studierende (S. 1-66). Wiesbaden: Springer VS, 1-6

Vogelsang, C., & Reinhold, P. (2013). Zur Handlungsvalidität von Tests zum professionellen Wissen von Lehrkräften. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 19, 103-128

Vogelsang, C., Borowski, A., Buschhüter, D., Enkrott, P., Kempin, M., Kulgemeyer, C., …., & Schröder, J. (2019). Entwicklung von Professionswissen und Unterrichtsperformanz im Lehramtsstudium Physik – Analysen zu valider Testwertinterpretation. Zeitschrift für Pädagogik, 65(4), 473-491

Josef Riese[1]
Jan Schröder[1]
Christoph Vogelsang[2]

[1]RWTH Aachen
[2]Universität Paderborn

Die Entwicklung physikdidaktischen Wissens im Längsschnitt

Ausgangslage und Theoretischer Hintergrund

Ein Ziel des Lehramtsstudiums besteht in der Vermittlung von professioneller Kompetenz. Als kognitive Komponente wird das Professionswissen dabei häufig in die Bereiche Fachwissen (FW), fachdidaktisches Wissen (FDW) und pädagogisches Wissen (PW) unterteilt (Baumert & Kunter, 2006), was sich auch in der Struktur typischer Studienbereiche in Lehramtsstudiengängen widerspiegelt. Speziell das FDW beinhaltet dabei fachbezogenes Wissen zur adressatengerechten Aufbereitung und Strukturierung von Unterrichtsinhalten. Im Fach Physik wird dabei häufig Wissen über Schülerkonzeptionen und Instruktionsstrategien sowie Wissen zum Umgang mit Experimenten als wesentlich aufgefasst (vgl. z. B. Gramzow et al., 2013). Zur Erfassung physikdidaktischen Wissens wurden in den letzten Jahren einige schriftliche Kompetenz- bzw. Wissenstests entwickelt, beispielsweise in den Projekten KiL (Kröger, Neumann & Pertersen, 2013), ProfiLe-P (Riese et al., 2015), ProwiN (Tepner et al., 2012) oder QuiP (Olszewski, 2010). Ungeachtet unterschiedlicher Modellierungen und Operationalisierungen liegen studienübergreifend dennoch grundlegende Hinweise zur empirischen Trennbarkeit des FDW von anderen Bereichen des Professionswissens und zu Prädiktoren der Entwicklung des FDW (z. B. das FW, der zeitliche Umfang erfolgreich abgeschlossener fachdidaktischer Lehrveranstaltungen, allgemeine kognitive Fähigkeiten) im Studienverlauf vor (vgl. z. B. Schiering et al., 2021; Riese & Reinhold, 2012). Es mangelt jedoch nach wie vor an Leistungsmessungen in Längsschnittstudien über mehrere Semester, die belastbare Aussagen über die Wirksamkeit unterschiedlicher Phasen des Lehramtsstudiums ermöglichen. Bisherige Längsschnittstudien fokussieren meist auf ausgewählte Studienabschnitte und haben mit hohen Drop-Out Raten zu kämpfen (z. B. Schiering, Sorge & Neumann, 2021).

Fragestellung

Vor diesem Hintergrund wurde im Verbundprojekt ProfiLe-P+ (Vogelsang et al. 2019) u. a. die Entwicklung des physikdidaktischen Wissens im Längsschnitt in mehreren Studienphasen untersucht. Dabei wird insbesondere analysiert, inwieweit der Wissenszuwachs innerhalb einer Studienphase je nach Vorwissen eingangs der Studienphase unterschiedlich ausfällt. Konkret werden folgende Forschungsfragen betrachtet:

FF1: *Wie entwickelt sich das FDW von Physiklehramtsstudierenden im Verlauf des Bachelorstudiums sowie über das Praxissemester im Masterstudium?*

FF2: *Wie unterscheidet sich der Wissenszuwachs innerhalb einer Studienphase je nach Vorwissen zu Beginn dieser Studienphase*?

Methode

Die Untersuchung der Forschungsfragen erfolgt an zwei unterschiedlichen Längsschnittkohorten. Zum einen wurde das FDW von Bachelorstudierenden des Lehramts Physik zu drei Messzeitpunkten im Abstand von jeweils einem Studienjahr an 12 Hochschulen in Deutschland und Österreich erhoben. Zusätzlich wurden Leistungstests zur Erhebung des

FW (Enkrott et al., 2020) und des PW (Kurzversion von Seifert, Hilligus & Schaper, 2009; vgl. Riese & Reinhold, 2012) eingesetzt sowie Kontrollvariablen und Daten zum Studienverlauf erfasst. Zum anderen wurden Masterstudierende im Lehramt Physik vor und nach einem ca. fünfmonatigen Praxissemester an vier Hochschulen befragt. Insgesamt liegen Daten von N=846 Befragungen vor, wobei über das erste Studienjahr im Bachelor Daten von 109 Studierenden und über das zweite Studienjahr Daten von 45 Studierenden im Längsschnitt vorliegen. Über das Praxissemester im ersten Studienjahr im Master liegen Daten von 69 Lehramtsstudierenden im Längsschnitt vor.

Das physikdidaktische Wissen wurde mit einem Leistungstest erfasst, der vier empirisch trennbaren Facetten (Schülervorstellungen, Instruktionsstrategien, Umgang mit Experimenten, fachdidaktische Konzepte) sowie drei unterschiedliche Stufen kognitiver Anforderung (Reproduzieren, Anwenden, Analysieren) unterscheidet und im Vorgängerprojekt Profile-P entwickelt wurde (Riese et al., 2015). Der Test umfasst insgesamt 23 offene und 20 geschlossene Items bei einer Bearbeitungszeit von 65 min. Die Validität wurde unter anderem durch Expertenbefragungen zur curricularen Validität, Think-Aloud-Studien, Rasch-Analysen sowie durch die Analyse nomologischer Netze untersucht (vgl. Riese, Gramzow & Reinhold, 2017). Die Reliabilität der Gesamtskala beträgt α= 0,84. Die folgende Abbildung 1 veranschaulicht ein Beispielitem des verwendeten Tests.

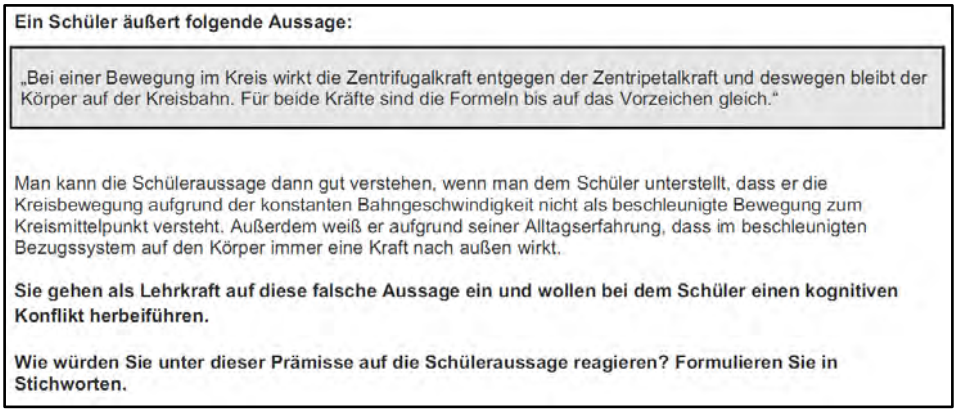


Abb. 1: Beispielitem zum FDW aus der Kategorie „Instruktionsstrategien – Anwenden"

Ergebnisse

Insgesamt zeigen sich in allen betrachteten Studienphasen signifikante Zuwächse (jeweils $p<0{,}001$) für das FDW (FF1). In den ersten beiden Studienjahren im Bachelorstudiengang können Zuwächse mit hoher Effektstärke (d=1,05 bzw. 0,86) beobachtet werden, während sich über das Praxissemester mittlere Effekte (d=0,44) für den Zuwachs zeigen. Auffällig ist jedoch, dass der Wissenszuwachs für Personen mit geringem Vorwissen (bei der Befragung zum jeweils ersten Messzeitpunkt) stets größer ist als bei Personen mit hohem Vorwissen, wie die Abbildungen 2 und 3 veranschaulichen (FF2). Während für das schwächste Drittel der Studierenden (bezogen auf die gezeigte Leistung zum jeweils ersten Messzeitpunkt) stets Zuwächse mit großer Effektstärke zu beobachten sind, können für das mittlere Drittel nur im Bachelor Zuwächse mit großer Effektstärke beobachtet werden. Über das Praxissemester zeigt das mittlere Drittel nur noch Zuwächse mit mittlerer Effektstärke. Für das, bezogen auf die

gezeigte Leistung zum jeweils ersten Messzeitpunkt, leistungsstärkste Drittel der Studierenden sind im Bachelor nur Zuwächse mit Effektstärken im mittleren Bereich festzustellen, während über das Praxissemester der Umfang des FDW stagniert. Dabei sprechen die Daten nicht für einen Deckeneffekt, da auch die Gruppe der leistungsstärksten Studierenden die potentielle Punktzahl im Mittel nur zu etwa 60% ausschöpft.

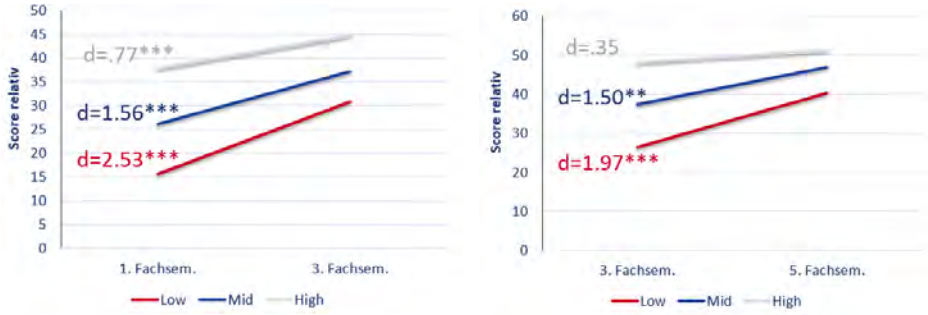


Abb. 2: Zuwachs im physikdidaktischen Wissen über das erste (linke Grafik) bzw. zweite (rechte Grafik) Studienjahr im Bachelorstudium für Studierende aufgeteilt nach Leistungsgruppen bezogen auf die gezeigte Leistung zu Beginn des jeweiligen Längsschnitts

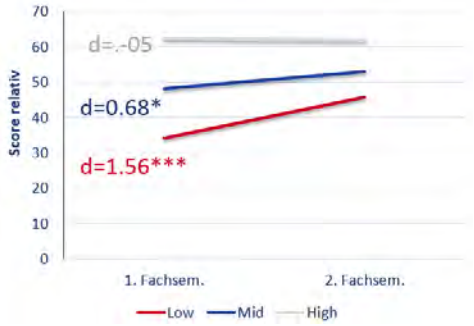


Abb. 3: Zuwachs im physikdidaktischen Wissen über das Praxissemester im erste Master-Studienjahr für Studierende aufgeteilt nach Leistungsgruppen bezogen auf die gezeigte Leistung zu Beginn des Praxissemesters

Entgegen dem häufig zu beobachtenden „Matthäus-Effekt“ (vgl. z. B. Bos et al., 2003), wie er auch für das in ProfiLe-P+ erhobene FW beobachtet werden konnte (Enkrott et al., 2020), scheint sich die Leistungsschere für das FDW im Lehramtsstudium tendenziell zu schließen, was insbesondere aus geringen Zuwächsen bei leistungsstarken Studierenden resultiert. Die Ursache scheint nicht in einem Deckeneffekt zu liegen, zumal alle Aufgaben des verwendeten Testinstruments umfassend curricular validiert wurden (vgl. Gramzow, 2015) und damit potentiell bearbeitbar sein sollten. Da die Effekte relativ stabil zu sein scheinen, sollte überprüft werden, ob die fachdidaktischen Studienteilen nicht weiterführende oder differenzierende Lerngelegenheiten für leistungsstarke Studierende vorsehen sollten.

Literatur

Baumert, J., & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 9(4), 469–520.

Bos, W., Lankes E.M., Prenzel, M., Schwippert, K., Walther, G., Valtin, R. (Hrsg.) (2003). Erste Ergebnisse aus IGLU. Schülerleistungen am Ende der vierten Jahrgangsstufe im internationalen Vergleich. Münster: Waxmann.

Enkrott, P., Buschhüter, D., Spoden, C., Fischer, H., & Borowski, A. (2020). Entwicklung des fachlichen- und fachdidaktischen Wissens angehender Physiklehrkräfte. In S. Habig (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen. (S. 431-434). Essen: Universität Duisburg-Essen.

Gramzow, Y. (2015): Fachdidaktisches Wissen von Lehramtsstudierenden im Fach Physik. Modellierung und Testkonstruktion. Berlin: Logos Verlag.

Gramzow, Y., Riese, J. & Reinhold, P. (2013). Modellierung fachdidaktischen Wissens angehender Physiklehrkräfte. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 19, 7–30.

Kröger, J., Neumann, K., & Petersen, S. (2013). Messung professioneller Kompetenz im Fach Physik. In S. Bernholt (Hrsg.), Inquiry-based Learning - Forschendes Lernen. (S. 533-535). Kiel: IPN.

Olszewski, J. (2010). The impact of physics teachers' Pedagogical content knowledge on teacher action and student outcomes. Berlin: Logos

Riese, J., Gramzow, Y., & Reinhold, P. (2017), Die Messung fachdidaktischen Wissens bei Anfängern und Fortgeschrittenen im Lehramtsstudiengang Physik. ZfDN, 23, 99-112.

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. Zeitschrift für Pädagogik, 61, 55-79.

Riese, J., & Reinhold, P. (2012). Die professionelle Kompetenz angehender Physiklehrkräfte in verschiedenen Ausbildungsformen. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 15, 111–143.

Schiering, D., Sorge, S. & Neumann, K. (2021). Hilft viel viel? Der Einfluss von Studienstrukturen auf das Professionswissen angehender Physiklehrkräfte. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 24, 545–570. https://doi.org/10.1007/s11618-021-01003-w

Seifert, A., Hilligus, A. H., & Schaper, N. (2009). Entwicklung und psychometrische Überprüfung eines Messinstruments zur Erfassung pädagogischer Kompetenzen in der universitären Lehrerbildung. Lehrerbildung auf dem Prüfstand, 2(1), 82-103

Tepner, O., Borowski, A., Dollny, S., Fischer, H. E., Jüttner, M., Kirschner, S., Leutner, D., Neuhaus, B.J., Sandmann, A., Sumfleth, E., Thillmannn, H., & Wirth, J. (2012). Modell zur Entwicklung von Testitems zur Erfassung des Professionswissens von Lehrkräften in den Naturwissenschaften. ZfDN, 18, 7–28

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.

Melanie Renner[1] [1]Universität Graz
Claudia Haagen-Schützenhöfer[1]

Vorstellungen von Physiklehramtsstudierenden zu Sprache

Problemaufriss

Trotz des weitgehenden Konsenses über die bedeutende Rolle von Sprache in Lehr- & Lernprozessen sowie vieler Hinweise, dass insbesondere bildungssprachliche Kompetenzen für den schulischen Erfolg wichtig sind (vgl. Reiss et al., 2016; PISA-Konsortium, 2007), stehen Lehrkräfte und Lehramtsstudierende der Sprachförderung im Physikunterricht häufig kritisch gegenüber (vgl. Tajmel, 2017). Um die Studierenden auf ihre spätere, im österreichischen Lehrplan verankerte Aufgabe zur Förderung der sprachlichen Kompetenzen der Schüler*innen (SuS) vorzubereiten, wurde im Entwicklungs-Verbund Süd-Ost-Österreich (EVSO) ein Pflichtmodul zur durchgängigen sprachlichen Bildung implementiert (vgl. Renner & Haagen-Schützenhöfer, 2020). Nach dem Model of Educational Reconstruction for Teacher Education (kurz ERTE-Modell, Van Dijk & Kattmann, 2007) ist es für die Konzeption von Lehrveranstaltungen notwendig, eine fachliche Klärung des im Schulkontext zu rekonstruierenden Gegenstandsbereiches durchzuführen und dabei vorherrschende Vorstellungen von Studierenden zu beachten.
Obwohl sich die Beliefs-Forschung in der fachdidaktischen Unterrichtsforschung mittlerweile fest etabliert hat, fehlt es bis dato an einer scharfen Begriffsabtrennung der vielen unterschiedlichen Begriffe wie Einstellungen, Vorstellungen, Beliefs, etc., weshalb es nach wie vor als „messy construct“ (Pajares, 1992) gilt. In diesem Forschungsprojekt wird der Begriff der Vorstellungen verwendet, wobei darunter in Anlehnung an Markic & Eilks (2007) Wissenselemente sowie Erfahrungen und Ansichten verstanden werden, die die Studierenden bewusst oder auch unbewusst haben und die das Handeln der (zukünftigen) Lehrkräfte im Unterricht beeinflussen. Vorstellungen können außerdem wie eine Art Filter bei Lerngelegenheiten wirken, weshalb es wichtig ist, diese zu kennen, um in den Lehrveranstaltungen damit entsprechend umgehen zu können.

Studiendesign

Bisher liegen kaum empirische Daten zu Studierendenvorstellungen zu Sprache, insbesondere für den österreichischen Sprachraum, vor. Deshalb wurde die Grounded Theory Methodologie als qualitativ-rekonstruktiver Zugang für dieses Forschungsprojekt gewählt. Ziel des Projektes ist es, Vorstellungen von Physik-Lehramtsstudierenden zur Rolle von Sprache in Lehr- und Lernprozessen im Allgemeinen bzw. im Physikunterricht im Speziellen zu erforschen. Um das Ziel der konzeptuellen Repräsentativität zu erreichen, also möglichst sämtliche Eigenschaften und Dimensionen abzudecken, wurden semistrukturierte Leitfadeninterviews mit Studierenden unterschiedlicher Zweitfächer, Studienfortschritte, Herkunft, Schulpraktikumserfahrungen etc. durchgeführt. Aktuell liegen vorläufige Ergebnisse von 10 Bachelorstudierenden vor, die im Folgenden präsentiert werden.

Vorstellungen der Studierenden zu Lehr- & Lernprozessen im Allgemeinen

Bevor die Vorstellungen der Studierenden zur Rolle von Sprache für Lehr- & Lernprozesse im folgenden Abschnitt thematisiert werden, muss zuerst auf ihre Vorstellungen zu

Lernprozessen im Allgemeinen eingegangen werden, denn es zeigte sich, dass diese die Grundlage für deren Sprachvorstellungen bilden. Einerseits wurde deutlich, dass Studierende ihre eigenen Lernerfahrungen verallgemeinern und dabei auf den Lernprozess der SuS schließen. Einzelne subjektiv als gut und lernförderlich erlebte Merkmale des Unterrichts (z.B. Orientierung an fächerübergreifenden bzw. alltäglichen Kontexten) werden von den Studierenden als Schlüsselelemente für lernwirksamen Physikunterricht gesehen, welche für sie daher eine Schlüsselrolle im Physikunterricht einnehmen. Dabei sei jedoch zu betonen, dass die Studierenden größtenteils auf Oberflächenmerkmale des Unterrichts eingehen, während die Tiefenstruktur weitgehend unbeachtet bleibt.
Andererseits nehmen insbesondere Hands-On-Schülerexperimente für die Mehrzahl der Studierenden eine Schlüsselrolle im fachlichen Lernprozess ein. Dabei wird nicht nur auf den motivationalen Aspekt von Schülerexperimenten verwiesen, sondern vor allem auch das bessere „Sich-Vorstellen-Können“ durch die Anschaulichkeit des Experiments hervorgehoben, was wiederum dem fachlichen Verständnis der Lerninhalte zuträglich sei. Sprachlicher Input von der Lehrkraft (in Form einer Erklärung) ist aus Sicht der Studierenden dabei nur nötig, wenn die SuS daran scheitern, das dahinterliegende Konzept selbst mit Hilfe des Experiments abzuleiten. Außerdem werden Schülerexperimente als eine gute Möglichkeit gesehen, den für die Studierenden als schwierig greifbaren kognitiven Lernprozess der SuS zu kontrollieren und zu steuern. Dies geschieht vor dem Hintergrund der impliziten Annahme, dass durch körperliche Aktivität (beispielsweise durch das eigenständige Durchführen von Experimenten, Protokollieren von Beobachtungen, Beantworten von Fragen usw.) auf kognitive Aktivität und somit Lernen geschlossen werden könne. Ein inputorientierter Unterricht und das Durchführen von Demonstrationsexperimenten wird hingegen von der Mehrzahl der Studierenden als sehr negativ empfunden und eine kognitive Inaktivität bei den SuS befürchtet: Die SuS „schauen sich einen Versuch an und denken sich ‚wow, cool, cooler Effekt‘ und dann vergessen sie es wieder und das ist halt auch nicht Sinn der Sache“ (P10). Um den reibungslosen Ablauf der Schülerexperimente zu gewährleisten, werden von den Studierenden auch explizit kleinschrittige (kochbuchartige) Anleitungen für die Schülerexperimente genannt. Diese sollen sprachlich möglichst einfach gestaltet sein, damit die SuS den Arbeitsauftrag eindeutig verstehen und in Aktion treten bzw. bleiben. Somit soll der Lernprozess durch sichtbare Schüleraktivität steuerbar und kontrollierbar gemacht werden, um den Output zu sichern.

Vorstellungen zur Rolle von Sprache in Lehr- & Lernprozessen

Auf die Frage nach der Bedeutung von Sprache für den Lehr- und Lernprozess bzw. den Physikunterricht im Speziellen betonen durchwegs alle interviewten Studierenden die sehr wichtige Rolle von Sprache im Physikunterricht. Bei näherer Betrachtung relativierte sich dies jedoch in mehrerlei Hinsicht, worauf nun näher eingegangen werden soll.
Die Rolle von Sprache im Physikunterricht sehen die Studierenden insbesondere in ihrer Funktion, fachliche Inhalte zu transportieren. Obwohl die Studierenden Sprache auf konkrete Nachfrage eine große Bedeutung beimessen, ist sie nicht selbst Ziel ihres Unterrichts, sondern dient lediglich als ein Transportmittel bzw. ein Werkzeug für die Vermittlung von Fachinhalten. Dabei tritt Sprache in zweierlei Hinsicht in Erscheinung (siehe Abbildung 1). Auf der einen Seite nutzt die Lehrkraft Sprache, um den SuS Fachinhalte zu erklären oder in Form von Arbeitsblättern bzw. Experimentieranleitungen fachlichen (bzw. methodischen) Input zu liefern. Hier sehen die Studierenden eine Möglichkeit, durch Manipulationen auf sprachlicher Ebene die Fachinhalte schülergerecht aufzubereiten (siehe auch Renner &

Haagen-Schützenhöfer, 2021). Dabei verweisen die Proband*innen insbesondere darauf, dass die Lehrkraft einfache und nicht zu komplexe Sätze verwenden und die physikalische Fachsprache sehr sparsam einsetzen solle, wobei sie Fachsprache meist mit Fachbegriffen gleichsetzen. Welche genauen sprachlichen Elemente für SuS das Fachlernen erschweren oder erleichtern können, können die Studierenden jedoch größtenteils nicht nennen.

Abb. 1 Vorstellung zur Rolle von Sprache im Unterricht

Wurden die fachlichen Inhalte nun durch Sprache zu den SuS „transportiert", geschieht die kognitive Verarbeitung dieses Inputs (also das „Lernen") in der Vorstellung der Studierenden weitestgehend unabhängig von sprachlichen Strukturen. Um zu überprüfen, ob die SuS auch tatsächlich etwas gelernt haben, nehmen bei den Studierenden so genannte „Verständnisfragen" eine wichtige Rolle ein. Wenn die SuS dann bei ihrer Antwort auf die Verständnisfrage das soeben Gelernte verbalisieren müssen, wird Sprache erneut tragend, wobei es hier zu Schwierigkeiten sprachlicher Natur kommen kann, indem die SuS ein Konzept zwar verstehen aber dies sprachlich nicht ausdrücken können. Die befragten Studierenden zeigen jedoch Unsicherheiten, ob sie fehlerhafte sprachliche Ausdrücke ausbessern sollen oder ob der Schüler / die Schülerin es vielleicht „eh richtig gemeint und somit verstanden" hat und eine sprachliche Korrektur nicht notwendig ist. Hier manifestiert sich erneut das allem anderen übergeordnete Unterrichtsziel der Studierenden, dass es primär um das Verständnis fachlicher Inhalte gehe und die korrekte Verbalisierung ebendieser ein weiterer, zusätzlicher Schritt sei, der aber laut den Studierenden aus zeittechnischen Gründen oft keinen Platz im Physikunterricht habe. Obwohl zwei Studierende konkret ansprechen, dass SuS Fehlvorstellungen beispielsweise zu Kraft aufweisen, etwa dass eine Person „viel Kraft >habe< ", und man diese Fehlvorstellungen im Unterricht besonders im Blick haben müsse, erkennen sie Fehler in sprachlichen Ausdrücken nicht als einen möglichen Hinweis auf eventuell bestehende Fehlkonzepte (wie in diesem Beispiel, wo Kraft als eine innere Eigenschaft verstanden werden könnte), sondern gehen von einem einfachen sprachlichen Irrtum aus, den „man natürlich dann auch ausbessern" (P8) müsse.
Von den befragten Studierenden wird weitestgehend negiert, dass die Vermittlung von komplexen inhaltlichen Konzepten auch die Nutzung von anspruchsvolleren sprachlichen Strukturen erfordert (Kempert et al., 2019). Sprache wird von den Studierenden somit auf ihre kommunikative Funktion reduziert, wobei die kognitive Funktion vernachlässigt wird.

Darüber hinausgehende Vorstellungen zur Relevanz von Sprache im Physikunterricht
Neben diesen bereits beschriebenen Vorstellungen zeigte sich, dass die Befragten Sprache als tendenziell erschwerenden Faktor der Wissensvermittlung im Physikunterricht sehen. Die Berücksichtigung von sprachlichen Elementen im Unterricht wird von den Studierenden als Mehraufwand empfunden, weshalb einige Studierende argumentieren, dass sie eine Umsetzung eines sprachsensiblen Unterrichts erst planen, wenn sie über mehr Unterrichtserfahrung verfügen und die zeitlichen Ressourcen dafür vorhanden sind.
Außerdem haben sich die drei im letzten Conference Proceeding beschriebenen Vorstellungsmuster zum Umgang mit Sprache im Physikunterricht (siehe Renner & Haagen-Schützenhöfer, 2021) beim Hinzuziehen weiterer Fälle noch weiter gefestigt.

Literatur

Kempert, S., Schalk, L. & Saalbach, H. (2019). Sprache als Werkzeug des Lernens: Ein Überblick zu den kommunikativen und kognitiven Funktionen der Sprache und deren Bedeutung für den fachlichen Wissenserwerb. In: Psychologie in Erziehung und Unterricht, 66, S. 176 – 195.

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.

Pajares, M. F. (1992). Teachers‘ beliefs and educational research. Cleaning up a messy construct. Review of educational research, 62(3), S. 207 – 332.

PISA-Konsortium Deutschland (Hrsg. 2007): PISA 2006. Die Ergebnisse der dritten internationalen Vergleichsstudie. Münster u.a.

Reiss, K., Sälzer, C., Schiepe-Tiska, A., Klieme, E. & Köller, O. (Hrsg.) (2016). PISA 2015. Eine Studie zwischen Kontinuität und Innovation. Münster: Waxmann.

Renner, M. & Haagen-Schützenhöfer, C. (2020). Fallstudie: Beliefs von LA-Studierenden zu Sprache im Physikunterricht. In: S. Habig (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung in Wien 2019. S. 661-664.

Renner, M. & Haagen-Schützenhöfer, C. (2021). Vorstellungen von Physik-Lehramtsstudierenden zu Sprache im Physikunterricht. In: S. Habig (Hrsg.): Naturwissenschaftlicher Unterricht und Lehrerbildung im Umbruch? Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik online Jahrestagung 2020. S. 693-696.

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. (2007). A research model for the study of science and teachers’ PCK and improving teacher education. Teaching and Teacher Education, 23, 885-897.

Sebastian Stuppan[1]
Markus Wilhelm[1,2]
Katrin Bölsterli Bardy[1]
Markus Rehm[2]

[1]Pädagogische Hochschule Luzern
[2]Pädagogische Hochschule Heidelberg

Analysieren und Kategorisierung von MINT-Aufgabensets Entwicklung und Validierung

Ausgangslage

Aufgaben können im schulischen Lernen als Dreh- und Angelpunkt angesehen werden. Folglich steuern sie den Lehr-Lernprozess (Luthiger et al., 2018, S. 11; Reusser, 2014). Damit der in den Lehrplänen anvisierte Kompetenzaufbau der Schüler:innen erreicht werden kann, treten Sets von aufeinander aufbauenden Aufgaben in den Fokus (Büchter & Leuders, 2006). Ein Beispiel zur Erstellung von Aufgabensets ist das Luzerner Modell zur Entwicklung kompetenzfördernder Aufgabensets (LUKAS-Modell; Luthiger et al. (2018). In einzelnen Fachdidaktiken und in der Allgemeinen Didaktik wurden verschiedene Kategoriensysteme zur Analyse oder Kategorisierung einzelner Aufgaben entwickelt und teilweise erprobt (Blömeke et al., 2006; Bölsterli Bardy & Wilhelm, 2018; Jordan et al., 2006; Luthiger et al., 2018; Maier et al., 2010; Neubrand, 2002). Derzeit fehlen empirisch validierte Instrumente zur Analyse von Aufgabensets. Somit erzielt dieses Forschungsprojekt, die Konstruktion und Validierung eines Messinstruments auf der Grundlage bestehender Kategoriensysteme.

Theoretischer Hintergrund

In den meisten pädagogisch-didaktischen Fachbereichen haben Aufgaben eine zentrale Bedeutung, da sie ein wegweisendes Steuerungsinstrument in Lehr-Lern-Situationen und wertvolle Elemente des Lernweges darstellen. Müller und Helmke (2008, S. 32) schreiben ihnen für die Unterrichtsentwicklung und Unterrichtsqualität eine zentrale Rolle zu. Während Lernaufgaben dem Aufbau von fachlichen und überfachlichen Kompetenzen dienen, sind Leistungsaufgaben zur Überprüfung von Bildungsstandards oder der Evaluation der Zielerreichung dienlich (Reusser, 2014, S. 79). Inzwischen sind Aufgabenstellungen in der empirischen Unterrichtsforschung sowie in der Forschung der meisten Fachdidaktiken ein zentraler Gegenstand geworden. Zudem basieren digitalisierte und individualisierte Lernangebote im Wesentlichen auf einer Zusammenstellung von qualitativ hochwertigen Aufgaben (Maier et al., 2014, S. 36). All diesen skizzierten Anwendungsbereichen ist gemein, dass sie eine differenzierte Analyse und Bewertung von Aufgabenstellungen unterstellen. Als eine mögliche Hilfe kann das LUKAS-Modell der Arbeitsgruppe um Luthiger (2018) dienen. Dem LUKAS-Modell zugrunde liegt die Idee, dass Aufgaben innerhalb des Lernprozesses einer Reihenfolge unterliegen und als Gesamtheit gezielt den avisierten Kompetenzaufbau ermöglichen. Jede einzelne Aufgabe hat somit im Unterrichtssetting eine didaktische Funktion (z.B. Aufbau von Kompetenzen, Vertiefung, Ausdifferenzierung sowie Variantenbildung von Kompetenzen, etc.) und ist geprägt von Merkmalen (Kategorien), die wiederum in unterschiedlichen Ausprägungen (Skalen) vorliegen.

Fragestellung und Methode

Es existiert zurzeit kein operationalisiertes und validiertes Messinstrument, um Aufgaben analysieren und kategorisieren zu können. Mit dem bestehenden LUKAS-Kategoriensystem können Aufgaben nur textbasiert einzelnen Ausprägungen zugeordnet werden, wie beispielsweise bei Reinfried (2016). Hier setzt der erste Schritt der Studie mit folgender Fragestellung an: *1. Lassen sich aus den bestehenden Kategoriensystemen Items entwickeln?* Der erarbeitete Itempool wird im zweiten Schritt empirisch validiert und führt zu den nachkommenden Fragestellungen: *2. Stimmen die Items mit den theoretischen Konstrukten überein? 3. Wie zuverlässig können Rater:innen, MINT-Aufgaben beurteilen? 4. Lassen sich Skalen mit den Items bilden?* Es wird erwartet, dass sich die theoretischen Konstrukte mit einer Closed Card Methode korrekt zuordnen lassen. Mittels explorativer Faktorenanalysen sollte eine sparsame und eindeutige Faktorlösung gefunden werden. Dies aus dem Grund, weil sich die theoretischen Konstrukte inhaltlich deutlich voneinander unterscheiden.

Für die Konstruktion und Validierung des Messinstruments wurden acht Schritte durchlaufen. Dabei wurden die von Bühner (2006), Busker (2014), Döring und Bortz (2016) sowie Mummendey und Grau (2014) beschriebenen Konstruktion- und Validierungsstrategien berücksichtigt. 1) Konzeptspezifikation: In einem ersten Teilschritt wurden theoriebasiert die Dimensionen und Qualitätskriterien von Aufgaben studiert und eingegrenzt. 2) Operationalisierung: In einem zweiten Teilschritt erfolgte mithilfe der theoretischen Grundlage eine Definition der Kategorien und der zu messenden Konstrukte. Aus den erarbeiteten Definitionen wurden Itemtexte formuliert und eine 5-stufige Ratingskala von «stimmt nicht» bis «stimmt sehr» ausgearbeitet. 3) Expert:innen-Befragungen: Mithilfe von Expert:innen-Befragungen in Anlehnung an die Delphi-Methode (Döring & Bortz, 2016, S. 420f.) wurde in einem nächsten Teilschritt der gesamte Itempool verfeinert und qualitativ überarbeitet. Die Autor:innen des LUKAS-Modells fungierten als Expert:innenteam (N = 4, davon 50% weiblich). 4) Expert:innen-Pretest und Revision: Zusammen mit dem Team der LUKAS-Expert:innen wurde ein Testmanual erstellt und anhand von drei Aufgabenratings pilotiert. 5) Itempool den theoretischen Konstrukten zuordnen: Die Inhaltsvalidität erfolgte, wie Döring und Bortz (2016, S. 446f.) vorschlagen, theoretisch-argumentativ und gestützt durch weitere Urteile von Fachpersonen. Die Fachpersonen aus den MINT Fächern kannten den theoretischen Hintergrund der ausgearbeiteten Kategorien und Konstrukte. Sie hatten mittels einer digitalen *Closed Card Sorting* Methode, jedes Item aus dem Itempool nach inhaltlichen Überlegungen einem theoretischen Konstrukt zugeordnet (Schilb, 2005; Wandke et al., 2009). 6) Raterschulung: Zum Analysieren der Aufgaben durchliefen zwei Fachdidaktiker eine mehrtägige Raterschulung. 7) Aufgaben Beurteilung: Die geschulten Fachdidaktiker:innen (N = 2) beurteilten insgesamt 146 Aufgaben. Die Aufgaben stammten aus dem «MINT unterwegs»-Projekt. 24% der Aufgaben wurden doppelt geratet (Brückmann & Duit, 2014, S. 190; Döring & Bortz, 2016, S. 575). 8) Faktorielle Validität, Item- und Reliabilitätsanalyse: Mit den 146 eingeschätzten Aufgaben konnte das Messinstrument statistisch geprüft werden. Zu diesem Zweck wurde die interne Konsistenz der Items eines Faktors mit dem Cronbach-Alpha-Koeffizienten bestimmt (Moosbrugger & Kelava, 2012, S. 130–137). Um von den empirisch erhobenen Daten auf die latenten Variablen (Faktoren) zu schließen, wurden innerhalb der Kategorien explorative Faktorenanalysen durchgeführt (Moosbrugger & Kelava, 2012, S. 226–334).

Validierung - Ergebnisse der explorativen Faktorenanalysen

Mittels Promax-rotierten Faktorenanalysen konnte von den empirisch erhobenen Daten auf die latenten Variablen (Faktoren) geschlossen werden (Moosbrugger & Kelava, 2012, S. 326–334). Durch die Zusammenfassung mehrerer Kategorien (angelehnt an Luthiger et al., 2018 und Neubrand, 2002) gewinnt das Instrument an Übersichtlichkeit. Die erste Faktoranalyse beinhaltet die Kategorien Kompetenzabbild und Lebensweltbezüge mit je drei Skalen. Die zweite Faktoranalyse besteht aus den Kategorien (Prä-)Konzepte, Wissensarten, Wissensaktivitäten und Repräsentationsformen mit einer bis vier Skalen. Die dritte Faktoranalyse schließt die Kategorien Offenheiten, Lernunterstützungen und Lernwege mit je drei Skalen mit ein. Die Tabelle 1 stellt zusammenfassend die drei Faktoranalysen mit ihren jeweiligen Teststatistiken und der Gesamtvarianz dar.

Tabelle 1. *Teststatistiken der Faktorenanalysen, Bartlett-Test, KMO-, MAP Test und Gesamtvarianz (N = 146)*

Faktorenanalyse	χ^2	*df*	*p*	KMO	MAP	Gesamtvarianz
Kompetenzabbild und Lebensweltbezüge	4033.18	153	< .001	.869	6	91%
(Prä-)Konzepte, Wissensarten, Wissensaktivitäten und Repräsentationsformen	4740.22	630	< .001	.748	11	79%
Offenheiten, Lernunterstützungen und Lernwege	4967.43	435	< .001	.82	9	85%

Anmerkung. χ^2 = Chi-Quadrat Bartlett-Test; *df* = Freiheitsgraden; *p* = Signifikanzniveau; KMO = Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy; MAP = Minimum-Average-Partial-Test

Sowohl die Bartlett-Test's als auch das Kaiser-Meyer-Olkin Kriterium weisen auf die Eignung der Items für Faktorenanalysen hin. Aufgrund des Screeplots (nicht dargestellt) und Minimum-Average-Partial-Test (MAP) wurden den empfohlenen Faktorenlösungen gefolgt. Die Reliabilitätsanalyse der einzelnen Skalen ergibt Cronbach's α-Werte zwischen .824 und .988 (M = 0.93, SD = 0.039). Die Itemschwierigkeit liegt mit einem Mittelwert von 0.5 (SD = 0.17) im guten Bereich.

Diskussion, Limitation und Ausblick

Die in diesem Beitrag vorgestellte Art von Messinstrument ist ein Novum in der Fachdidaktik. Erstmals können geschulte Fachdidaktiker:innen mit empirisch getesteten Skalen Aufgaben in einem großen Umfang analysieren und in Form von Aufgabenprofilen darstellen und so auch Aufgaben in einem Aufgabenset differenziert analysieren und einteilen (Stuppan et al., eingereicht). Einschränkend muss erwähnt werden, dass eine genauere Überprüfung der Faktorstruktur der Skalen mit einer konfirmatorischen Faktorenanalyse aussteht. Die Beurteilung durch Schüler:innen wird in zukünftigen Vorhaben aufgenommen, geht es bei der Kategorie Lebensweltbezüge im Wesentlichen um ihre Erfahrungswelt. Aber auch Lehrpersonen müssen bei zukünftigen Forschungsprojekten in den Fokus genommen werden (Blömeke et al., 2006). In einem nächsten Schritt werden die Aufgaben mittels Clusteranalysen nach ihren didaktischen Funktionen gruppiert, mit den theoretischen Aufgabentypen des LUKAS-Modells (Luthiger et al., 2018) verglichen und die Ergebnisse diskutiert.

Literatur

Blömeke, S., Risse, J., Müller, C., Eichler, D., & Schulz, W. (2006). Analyse der Qualität von Aufgaben aus didaktischer und fachlicher Sicht. Ein allgemeines Modell und seine exemplarische Umsetzung im Unterrichtsfach Mathematik. *Unterrichtswissenschaft*, *34*(4), 330–357.

Bölsterli Bardy, K., & Wilhelm, M. (2018). Von kompetenzorientierten zu kompetenzfördernden Aufgaben im Schulbuch. *Erziehung & Unterricht*, *168*(1/2), 121–129.

Brückmann, M., & Duit, R. (2014). Videobasierte Analyse unterrichtlicher Sachstrukturen. In D. Krüger, I. Parchmann, & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 189–201). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-37827-0_16

Büchter, A., & Leuders, T. (2006). Ein Aufgabenmodell für die Praxis. Einschätzung, Auswahl und Entwicklung von Mathematikaufgaben. *Praxis der Naturwissenschaften - Chemie in der Schule*, *55*, 16–20.

Bühner, M. (2006). *Einführung in die Test- und Fragebogenkonstruktion*. Pearson Studium.

Busker, M. (2014). Entwicklung eines Fragebogens zur Untersuchung des Fachinteresses. In D. Krüger, I. Parchmann, & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 269–281). Springer Spektrum.

Döring, N., & Bortz, J. (2016). *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften* (5. vollständig überarbeitete, aktualisierte und erweiterte Auflage). Springer.

Jordan, A., Ross, N., Krauss, S., Baumert, J., Blum, W., Neubrand, M., Löwen, K., Brunner, M., & Kunter, M. (2006). *Klassifikationsschema für Mathematikaufgaben. Dokumentation der Aufgabenkategorisierung im COACTIV-Projekt.* Max-Planck-Institut für Bildungsforschung.

Luthiger, H., Wilhelm, M., Wespi, C., & Wildhirt, S. (Hrsg.). (2018). *Kompetenzförderung mit Aufgabensets: Theorie - Konzept - Praxis* (1. Auflage). hep, der bildungsverlag.

Maier, U., Bohl, T., Kleinknecht, M., & Metz, K. (2014). Allgemeine Didaktik und ein Kategoriensystem der überfachlichen Aufgabenanalyse. In P. Blumschein (Hrsg.), *Lernaufgaben – Didaktische Forschungsperspektiven* (S. 35–51). Verlag Julius Klinkhardt.

Maier, U., Kleinknecht, M., Metz, K., Schymala, M., & Bohl, T. (2010). *Entwicklung und Erprobung eines Kategoriensystems für die fächerübergreifende Aufgabenanalyse*. Univ., Lehrstuhl für Schulpädagogik.

Moosbrugger, H., & Kelava, A. (Hrsg.). (2012). *Testtheorie und Fragebogenkonstruktion* (2., aktualisierte und überarbeitete Auflage). Springer.

Müller, A., & Helmke, A. (2008). Qualität von Aufgaben als Merkmale der Unterrichtsqualität – verdeutlicht am Fach Physik. In J. Thonhauser (Hrsg.), *Aufgaben als Katalysatoren von Lernprozessen: Eine zentrale Komponente organisierten Lehrens und Lernens aus der Sicht von Lernforschung, allgemeiner Didaktik und Fachdidaktik* (S. 31–46). Waxmann.

Mummendey, H. D., & Grau, I. (2014). *Die Fragebogen-Methode: Grundlagen und Anwendung in Persönlichkeits-, Einstellungs- und Selbstkonzeptforschung*. Hogrefe Verlag.

Neubrand, J. (2002). *Eine Klassifikation mathematischer Aufgaben zur Analyse von Unterrichtssituationen. Selbsttätiges Arbeiten in Schülerarbeitsphasen in den Stunden der TIMSS-Video-Studie.* Franzbecker.

Reusser, K. (2014). *Aufgaben – Träger von Lerngelegenheiten und Lernprozesse im kompetenzorientierten Unterricht*. Seminar, 4/2014, 77-101.

Schilb, S. (2005). Card Sorting – Techniken im Überblick. *i-com*, *4*(1/2005). https://doi.org/10.1524/icom.4.1.49.61671

Stuppan, S., Wilhelm, M., Bölsterli Bardy, K., & Künzle, R. (eingereicht). *Messinstrument zur Analyse und Kategorisierung von MINT-Aufgaben – Konstruktion und Validierung*. 5. Tagung Fachdidaktiken, Lugano.

Wandke, H., Kain, S., & Struve, D. (2009). *Mensch & Computer 2009: 9. fachübergreifende Konferenz für interaktive und koooperative Medien - Grenzenlos frei*. Oldenbourg Verlag.

Tom Konrad Anton[1] [1]Universität zu Köln
Christiane S. Reiners[1]

Socioscientific Issues in der Chemielehrer*innenbildung am Beispiel Mikroplastik

Das Ziel aller naturwissenschaftlichen Fächer ist es, den Lernenden eine naturwissenschaftliche Grundbildung zu vermitteln. Sie umfasst die Fähigkeiten, naturwissenschaftliches Wissen zu nutzen, Fragen zu identifizieren und evidenzbasierte Schlussfolgerungen zu ziehen, um die natürliche Welt und die durch menschliche Aktivitäten verursachten Veränderungen zu verstehen und Entscheidungen begründet treffen zu können (OECD, 1999, S. 60). Manche dieser vorgenommenen Veränderungen können zu gesellschaftlichen Herausforderungen führen, die naturwissenschaftliche Bezüge haben, wie bspw. zu erhöhten Umweltbelastungen durch Plastik (Europäische Kommission, 2018, S. 5). Daher ist es für demokratische Gesellschaften von zentraler Bedeutung, dass ihre Bürger*innen naturwissenschaftlich kompetent sind, um an Diskursen und gesellschaftspolitischen Entscheidungsprozessen partizipieren zu können (Driver, Leach, Millar & Scott, 1996; Zeidler, 2014). Die Vermittlung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung, damit auch die Befähigung zur Partizipation an entsprechenden Diskursen, obliegt im Fach Chemie den Chemielehrer*innen. Um diese jedoch leisten zu können, müssen die Chemielehrer*innen nicht nur entsprechend ausgebildet sein, sie müssen zunächst selbst dazu befähigt worden sein, an gesellschaftlich relevanten Diskursen zu partizipieren, was auch einen wissenschaftsgerechten Umgang mit Medien einschließt (Archila, Molina, Danies, Truscott de Mejia & Restrepo, 2021). Die Idee der naturwissenschaftlichen Grundbildung impliziert als notwendige Bedingung, dass sowohl ein solides Fachwissen zur Problemanalyse (Höttecke & Allchin, 2020, S. 643) als auch die Kompetenz vorhanden sein muss, verschiedene Daten- und Informationsquellen zu evaluieren, um faktenbasierte Entscheidungen treffen und adäquat mit Evidenzen umgehen zu können (Sharon & Baram-Tsabari, 2020). Darüber hinaus müssen als hinreichende Bedingungen didaktische Fähigkeiten vorhanden sein, das entsprechende Problem in die Unterrichtspraxis zu transformieren.

Mikroplastik und ihre Grenzwerte als Fokussierung

Eine gänzliche Thematisierung der durch Mikroplastik verursachten Gesundheits- und Umweltprobleme ist zu umfangreich und nicht unbedingt zielführend, um die Chemielehramtsstudierenden auf den Umgang mit gesellschaftlichen Herausforderungen im Lichte einer naturwissenschaftlichen Grundbildung anzuleiten. Eine mögliche Fokussierung stellen Diskurse um Mikroplastik und dessen Grenzwerte dar. Grenzwerte werden häufig in der Gesundheits- und Umweltpolitik eingesetzt (Bächi, 2012; Böhm, 2012; Dieter, 2009; Jänicke, 2021; Schulenburg & Nida-Rümelin, 2013). In Bezug auf Zukunftsszenarien zu globalen Umweltveränderungen ist hier auch das Konzept der planetaren Grenzen (Steffen, Richardson et al., 2015) relevant. Diese stellen einen Handlungsrahmen auf der Erde dar, dessen Überschreitung die Stabilität des Ökosystems und der Lebensgrundlagen der Menschen gefährdet. Diskurse um Grenzwerte können als Socioscientific issues (SSI) betrachtet werden, denn sie erfüllen die von Hancock, Friedrichsen, Kinslow und Sadler (2019, S. 643) diesbezüglich aufgestellten Charakteristika: Sie sind aktuell, kontrovers und relevant für die Lernenden, sie bieten Verknüpfungen zu naturwissenschaftlichen Inhalten und ermöglichen eine offene Diskussion der Lernenden.
Gerade in Bezug auf Mikroplastik ist eine Risikoabschätzung und Grenzwertsetzung problematisch, besonders weil eine Vergleichbarkeit der verfügbaren Daten aufgrund

fehlender Standardisierungen nicht möglich herzustellen ist (Fürhacker, 2020). Im Konzept der planetaren Grenzen wird Mikroplastik im Kontext der planetaren Grenze zur Einbringung neuartiger Substanzen berücksichtigt, denn Mikroplastik wird das Potenzial für ungewollte geophysikalische und/oder biologische Auswirkungen zugeschrieben (Steffen, Richardson et al., 2015, S. 7).

In einer Vorstudie zu den gesellschaftlichen Herausforderungen, die mit der Emission von Stickoxiden und Kohlenstoffoxiden verbunden sind, wurden das Fachwissen der Studierenden und die Einschätzung entsprechender Diskurse erhoben. Es zeigten sich Defizite im Fachwissen und Unsicherheiten, evidenzbasierte Schlussfolgerungen aus verschiedenen Daten- und Informationsquellen zu ziehen. Um den in der Vorstudie gezeigten Defiziten zu begegnen, wurde ein Projektseminar zum Thema Mikroplastik konzipiert. Hier sollten mit Hilfe von drei Dimensionen (Wissensaneignung, Vermittlung anbahnen, Vermittlung reflektieren) die Chemielehramtsstudierenden einerseits zu einer aktiven Partizipation an Diskursen um gesellschaftliche Herausforderungen von Mikroplastik unter besonderer Berücksichtigung von Grenzwerten befähigt, andererseits zu einer Vermittlung einer diesbezüglichen naturwissenschaftlichen Grundbildung angeleitet werden. Im Rahmen dieses Beitrages wird auf die folgende Forschungsfrage eingegangen: Inwieweit kann die konzipierte Lehrveranstaltung die in der Vorstudie aufgezeigten Defizite von Chemielehramtsstudierenden im Hinblick auf die Partizipation an Diskursen um gesellschaftliche Herausforderungen von Mikroplastik, insbesondere unter besonderer Berücksichtigung von Grenzwerten, reduzieren?

Methodik

Die Studie erfolgte im Wintersemester 2020/21 und an ihr nahmen 16 Chemielehramtsstudierende am Ende ihres Bachelor- oder zu Beginn ihres Master-Studiums teil. Das Seminar fand aufgrund der COVID19-Pandemie 13 Wochen lang mit jeweils vier Stunden online statt. Zur Erhebung wurden verschiedene Instrumente im Rahmen einer Between-Method-Triangulation (Flick, 2015, S. 313) eingesetzt. Mit einem offenen Fragebogen im Prä-Post-Design ($n^{Prä} = 18$, $n^{Post} = 16$) wurde neben dem chemischen Fachwissen der Studierenden ihr Wissen zu Grenzwerten im Allgemeinen, jenes zu den Grenzwerten von Mikroplastik im Speziellen sowie die Einschätzung der verwendeten Quellen im Hinblick auf Herkunft und Verlässlichkeit erhoben. Mit Hilfe von Reflexionsaufgaben (n = 4*16) wurden Möglichkeiten zur Dokumentation und Reflexion der Lernprozesse in den verschiedenen Dimensionsphasen geboten. Problemzentrierte Interviews (n = 9) (Witzel, 1985) wurden nach Abschluss des Seminars zur begründeten Positionierung, zur weiteren Datenerhebung und zur Validierung geführt. Die gewonnenen Daten wurden mit der Qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2015) analysiert. Die Fragebögen wurden dabei mit einem auf einer Sachanalyse entwickelten Kategoriensystem deduktiv, die Interviews und Reflexionsbögen induktiv ausgewertet.

Ergebnisse

Die Ergebnisse der Fragebögen zeigen, dass sich das Fachwissen (d. h. Wissen um charakteristische Eigenschaften, um Bildung und Emissionsquellen, um die Folgen für Menschen, Tiere und Umwelt von Mikroplastik) verbessert hat, während in den Prä-Fragebögen 40 Kodierungen vorlagen, waren es in den Post-Fragebögen 99 Kodierungen. Auch das Grenzwertwissen (d. h. Wissen um die Intentionen und Aussagekraft, um die Überwachung der Einhaltung der Grenzwerte, um Prozesse zur Grenzwertsetzung) der Chemielehramtsstudierenden hat sich von insgesamt 6 Kodierungen in den Prä-Fragebögen auf 43 Kodierungen in den Post-Fragebögen verbessert. Die Verbesserungen zum Wissen über Wissenschaftskommunikation und den Umgang mit Evidenzen (d. h. Wissen um

gesellschaftliche Diskurse, um Kommunikation von Grenzwerten, um Zusammenhänge von Wissenschaft und Gesellschaft jeweils in Bezug auf Mikroplastik) sind mit einer Steigerung von 0 Kodierungen in den Prä-Fragebögen auf 8 Kodierungen in den Post-Fragebögen zwar vorhanden, jedoch bleiben sie hinter den Fortschritten in den anderen Bereichen zurück.

In den problemzentrierten Interviews zeigte sich etwa, dass stellenweise zum einen die Auslagerung der Verantwortung an den Konsumenten anstelle einer politischen Regelung kritisiert wird: *„Es wird viel zu viel wird auf den Konsumenten abgewälzt. Es wird immer gesagt: Ihr müsst das machen, ihr müsst das machen, ihr müsst euch da einschränken, ihr müsst das und das und das machen (.) Aber statt mal das in der Politik auch mal was passiert, weil wir wissen ja nicht im Hintergrund, wie viel Plastik gerade verbraucht wird. Und es wird aber immer alles abgewälzt auf den Konsumenten und dem wird ein schlechtes Gewissen gemacht: Ja, aber wenn du das jetzt kaufst, dann ist das auch wieder schlecht.“* #00:16:13-1# (AAMDLA16). Zum anderen wird ein (politischer) Eindeutigkeitsanspruch bei komplexen Forschungsgegenständen, der an Wissenschaft gestellt wird, erkannt: *„Und deswegen ist glaube ich so die Kommunikation Wissenschaft Medien so ein bisschen schwierig was das Thema Mikroplastik angeht. Weil zum einen natürlich die Medien aber auch die Bevölkerung glaube ich klare Fakten haben möchte, die Wissenschaft das aber im Moment natürlich nicht so kommunizieren kann.“* #00:09:55-2# (AEHTE29).

In den Reflexionsaufgaben wurde mit 18 Nennungen der Konsum des Individuums als zentrale Betrachtungsebene gewählt. Dies geschah entweder stärker individuell (*„In meinem privaten Umfeld versuche ich bereits als Verbraucher Plastikmüll zu reduzieren“* (BAYKMM21, RWA)) oder eher kritisch (*„Es wird ständig der Konsument für den hohen Plastikverbrauch verurteilt, obwohl das Problem nicht vom Konsumenten allein lösbar ist“* (AAMDLA16, RWA)). Mit 14 Nennungen stellen Quellen und Informationen ebenfalls in den Reflexionsaufgaben für die Chemielehramtsstudierenden zentrale Punkte dar. Sie werden einmal als weiterhin herausfordernd beschrieben (*„Eine Herausforderung ist die Fülle an Informationen zu filtern und zu reflektieren“* (AAMDLA16, RWA)) und einmal als von großer Bedeutung (*„Reflektion über Quellen -Bewusster Konsum von Werbung, Medien“* (AEHTEA29, RWA)) aufgefasst.

Diskussion, Konsequenzen und Ausblick

Im Allgemeinen haben die Chemielehramtsstudierenden ihr chemisches Wissen verbessert, allerdings ist das Grenzwertwissen der Chemielehramtsstudierenden ausbaufähig. Sie konnten ihre Unsicherheiten im Umgang mit Daten- und Informationsquellen reduzieren. In Bezug auf Wissenschaftskommunikation und im Umgang mit Evidenzen konnten sie sich klarer positionieren, aber vielen fällt es noch schwer, konkrete Bezüge gerade in Bezug auf Verhältnisse von Wissenschaft und Gesellschaft zu reflektieren. Um diesen Einsichten zu begegnen, wurde in der Folgestudie das Seminar wie folgt erweitert: Einsatz von Medienberichten verschiedenster Presse, offene Diskussionen in der Lehrveranstaltung über die Recherche von Informationen und Indikatoren zur Abschätzung der Glaubwürdigkeit, Verdeutlichung der Verhältnisse von Wissenschaft und Gesellschaft anhand von Beispielen.

Literatur

Archila, P. A., Molina, J., Danies, G., Mejía, A.-M. T. de, & Restrepo, S. (2021). Providing Undergraduates with Opportunities to Explicitly Reflect on How News Articles Promote the Public (Mis)understanding of Science. Science & Education, 30, 267–291.

Bächi, B. (2012). Zur Geschichte, Epistemologie und sozialen Robustheit des Regulierungswissens: Grenzwerte für gefährliche Arbeitsstoffe als produktive Missverständnisse (1955-1980). In G. Keil & R. Poscher (Eds.), Unscharfe Grenzen im Umwelt- und Technikrecht (S. 117–133). Baden-Baden: Nomos.

Böhm, M. (2012). Unscharfe Grenzen im Umwelt- und Technikrecht – Grenzwertfestlegung als Gratwanderung zwischen Recht und Politik. In G. Keil & R. Poscher (Eds.), Unscharfe Grenzen im Umwelt- und Technikrecht (S. 55–66). Baden-Baden: Nomos.

Dieter, H. H. (2009). Grenzwerte, Leitwerte, Orientierungswerte, Maßnahmenwerte. Definitionen und Festlegung mit Beispielen aus dem UBA. Bundesgesundheitsblatt, 52, 1202–1206.

Driver, R., Leach, J., Millar, R., & Scott, P. (1996). Young people's images of science. Buckingham: Open Univ. Press.

Europäische Kommission (2018) (Ed.). MITTEILUNG DER KOMMISSION AN DAS EUROPÄISCHE PARLAMENT, DEN RAT, DEN EUROPÄISCHEN WIRTSCHAFTS- UND SOZIALAUSSCHUSS UND DEN AUSSCHUSS DER REGIONEN. Eine europäische Strategie für Kunststoffe in der Kreislaufwirtschaft. COM/2018/028 final. Abgerufen am 25. Oktober 2021 von https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX:52018DC0028

Flick, U. (2015). Triangulation in der qualitativen Forschung. In U. Flick, E. v. Kardorff & I. Steinke (Eds.), Qualitative Forschung: Ein Handbuch (S. 309–318). Reinbeck: Rowohlt.

Fürhacker, M. (2020). Warum eine Risikoabschätzung und Grenzwertsetzung für Mikrokunststoffe in der aquatischen Umwelt problematisch ist. Österr. Wasser- und Abfallw. 72, 361–369

Hancock, T. S., Friedrichsen, P. J., Kinslow, A. T., & Sadler, T. D. (2019). Selecting Socio-scientific Issues for Teaching. Science & Education, 28(6–7), 639–667.

Höttecke, D., & Allchin, D. (2020). Reconceptualizing nature-of-science education in the age of social media. Science Education, 104(4), 641–666.

Jänicke, M. (2021) Umweltpolitik. In U. Andersen, J. Bogumil, S. Marschall & W. Woyke (Eds.), Handwörterbuch des politischen Systems der Bundesrepublik Deutschland (S. 917–924). Wiesbaden: Springer.

Mayring, P. (2015). Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken. 12. überarbeitete Auflage. Weinheim: Beltz.

OECD (1999). Measuring student knowledge and skills: A new framework for assessment. Paris: OECD.

Schulenburg J., & Nida-Rümelin J. (2013) Risikobeurteilung/Risikoethik. In A. Grunwald & M. Simonidis-Puschmann (Eds.), Handbuch Technikethik (S. 223–227). Stuttgart: Metzler.

Sharon, A. J., & Baram-Tsabari, A. (2020). Can science literacy help individuals identify misinformation in everyday life? Science Education, 104(5), 873–894.

Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S., Fetzer, I., Bennett, E, Biggs, R., Carpenter, S., Vries, W., de Wit, C., Folke, C., Gerten, D., Heinke, J., Persson, L., Ramanathan, V., Reyers, B., & Sörlin, S. (2015). Planetary Boundaries: Guiding Human Development on a Changing Planet. Science, 347, 1259855.

Witzel, A. (1985). Das problemzentrierte Interview. In G. Jüttemann (Ed.), Qualitative Forschung in der Psychologie: Grundlagen, Verfahrensweisen, Anwendungsfelder (S. 227–255). Weinheim: Beltz.

Zeidler, D. L. (2014). Socioscientific Issues as a Curriculum Emphasis. In N. G. Lederman & S. K. Abell (Eds.), Handbook of Research on Science Education, Volume II (pp. 697–726). Mahwah, NY: Routledge.

Ann-Katrin Krebs[1]
Lutz Kasper[1]

[1]Pädagogische Hochschule Schwäbisch Gmünd

Zur Wirkung von Lehrkräftefortbildungen unter Diversitätsaspekten

Der Fachkräftemangel im MINT-Bereich stellt den Wirtschaftsstandort Deutschland in naher Zukunft vor große Herausforderungen und zieht sich nicht nur durch Industrie und Handwerk, sondern auch durch Schule und Hochschulen. Hier setzt das vom Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst geförderte Modellprojekt „Teaching MINT^{D}“ an und verfolgt hierbei die Erhöhung der Diversitätskompetenz aller Physik- und Technik-Lehramtsstudierenden und die Gewinnung von mehr Studierenden für das Physik- und Technik-Lehramt durch ein diversitätsorientiertes Studienprofil. Innerhalb dieses Modellprojekts ist das Dissertationsprojekt im Fachbereich der Physikdidaktik angesiedelt, welches im Mixed-Methods-Design die Wirkung der speziellen Workshopangebote zur Weiterbildung der Lehrkräfte untersucht. Im Zentrum stehen die am Projekt teilnehmenden Physiklehrkräfte und ihre Schülerinnen und Schüler (kurz SuS).

Theoretischer Hintergrund, Forschungsfragen und Erhebungsdesign

Auf Basis der Erkenntnisse von Lipowsky und Rzejak (2017) zur wirksamen Gestaltung von Lehrkräftefortbildungen werden die im Projekt „Teaching MINT^{D}“ entwickelten Workshops auf vier Ebenen untersucht.

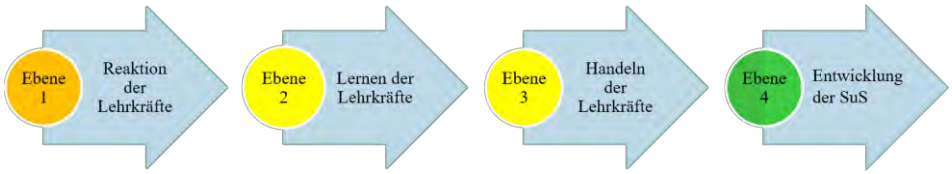


Abb. 1: Vier Ebenen von Lehrkräftefortbildungen nach Lipowsky und Rzejak (2017)

Die unmittelbaren Reaktionen und Einschätzungen der teilnehmenden Lehrkräfte werden auf der ersten Ebene betrachtet. Akzeptanz, Relevanz und Zufriedenheit sind hier die Indikatoren für die Wirkung der Fortbildung. Besonders bei großer Deckung mit dem Berufsalltag, direkt einsetzbaren praxistauglichen Elementen und Themen aus dem Bildungsplan, erfährt die Fortbildung eine hohe Akzeptanz. Als förderlich kommen noch der Austausch zwischen den Lehrkräften zu Inhalten und Methoden sowie zur Implementierung im Unterricht hinzu (vgl. Smith & Gillespie, 2007).

Die Erweiterung der Lehrkognitionen in Bezug auf subjektive Theorien und Überzeugungen sowie Wissen zum Fach, der Fachdidaktik, der Pädagogik und der Diagnostik werden auf der zweiten Ebene in den Blick genommen (vgl. Lipowsky & Rzejak, 2015). Für den inhaltlichen Erfolg der Fortbildung steht, wie und was die teilnehmenden Lehrkräfte während der Fortbildung gelernt haben und in den eigenen Unterricht mitnehmen.

Auf der dritten Ebene stehen die Fragen im Vordergrund, ob und wie sich durch die Fortbildung Veränderungen im Unterrichtshandeln der Lehrkraft bemerkbar machen.

Die SuS sind die indirekten Adressaten einer Fortbildung. Auf Ebene 4 wird untersucht, inwieweit die Fortbildung auf den ersten drei Ebenen erfolgreich war. Inwiefern die SuS nun mehr lernen oder motivierter sind als Schülerinnen und Schüler, deren Lehrkraft nicht an

einem der Fortbildungsangebote teilgenommen hat, wird hier untersucht. Unterricht gilt u.a. dann als lernwirksam, wenn die Inhalte klar formuliert werden, die Klasse kognitiv und auch metakognitiv angeregt wird und die Lehrkraft fachspezifisch handelt (vgl. Lipowsky & Rzejak, 2012, Höfer & Steffens, 2013).
Wirksame Fortbildungsmaßnahmen können nicht in kurzen und einmaligen Veranstaltungen durchgeführt werden, sondern sollten über längere Zeit andauern und kontinuierlich und regelmäßig erfolgen. Die Festigung und Anwendung des erlernten Wissens wird auch durch positive Erfahrungen im Umgang mit neuen Erkenntnissen gefördert (vgl. auch Lipowsky und Rzejak, 2014, Timperley, Wilson, Barrar & Fung, 2007).
Wie die Fortbildung tatsächlich wirkt, kann aber nicht genau belegt werden (vgl. Lipowsky und Rzejak, 2014)

Erhebungsdesign und Forschungsfragen
Über einen Mixed-Methods-Ansatz wurden Daten auf der ersten Ebene mithilfe der teilnehmenden Beobachtung sowie der während des Workshops angefertigten Protokolle erhoben. Die Daten der Ebenen 2 und 3 wurden durch Einzelinterviews der Lehrkräfte mit einem strukturierten Leitfaden im Rhythmus von vier Wochen kurz vor dem nächsten Workshop erhoben. Für die vierte Ebene wurde ein pilotierter Fragebogen in den Klassen der sechs teilnehmenden Physiklehrkräfte ausgegeben, der ursprünglich im Pre-Post-Follow-up-Design über das Schuljahr 2019/2020 eingesetzt werden sollte. Pandemiebedingt konnte aber nur der geplante erste Messzeitpunkt erfasst werden.

Die **Hauptforschungsfrage**, die den drei farblich codierten Fragen vorausgeht, lautet:
Welche Elemente der speziell geplanten und durchgeführten Lehrkräfteworkshops aus dem Projekt „Teaching MINT^{D}“ eignen sich zur Sensibilisierung von Lehrkräften für einen diversitätsorientierten und gendersensiblen Physik-Fachunterricht?

Abb. 2: Übersicht Erhebungsdesign mit farblicher Codierung der Forschungsfragen

Erste Ergebnisse aus Fragebogen und Interviews
Der Fragebogen an die SuS der teilnehmenden Physiklehrkräfte besteht aus einer codegenerierenden Seite mit sieben Items, sowie insgesamt 47 Items zum Lernen und Arbeiten

(Thomas & Müller, 2011), zu Autonomie, Lernzielorientierung, Leistungsziele Vermeidung und Lernfreude (Jerusalem et al., 2009) und eigenen Items zu Schwierigkeitsempfinden und Einbindung von Alltag und Erfahrung. Einzelne aus der Literatur entnommene Fragebogen-Items wurden aktualisiert (z.B. wurde bei Materialien noch Tablets hinzugefügt), sprachlich angepasst und mit 151 SuS pilotiert.
Der Fragebogen wurde in den Klassen 7 bis 10 eingesetzt. Insgesamt liegen 472 auswertbare Fragebögen vor, wobei die Lernenden als Geschlecht zu 48,61% weiblich, 50,32% männlich und 1,07% divers angegeben haben [1].
Im Folgenden werden nun exemplarisch Ergebnisse zur Skala „Geschwindigkeit/ Schwierigkeit“ aufgeführt. In der Skala „Geschwindigkeit/ Schwierigkeit“ (Cronbachs $\propto$= 0.834, 1 – trifft nicht zu, 4 – trifft völlig zu, zeigen die einzelnen Items signifikante Unterschiede der Mittelwerte der SuS, wobei die Schülerinnen sich grundsätzlich schlechter einschätzen, als die Schüler.
Die Effektstärke *r* liegt zwischen 0.12 und 0.21 und gibt damit einen schwachen Effekt an.

Geschlecht		Geschwindigkeit Schwierigkeit 2: Im Unterricht komme ich gut mit.	Geschwindigkeit Schwierigkeit 4: Die Aufgaben im Physikunterricht kann ich in der Regel gut lösen.	Geschwindigkeit Schwierigkeit 5: Im Physikunterricht sind Rechenaufgaben kein Problem für mich.	Geschwindigkeit Schwierigkeit 6: Im Physikunterricht werde ich oft in der vorgegebenen Zeit mit der gestellten Aufgabe fertig.	Geschwindigkeit Schwierigkeit 7: Die schriftlichen Aufgaben im Physikunterricht sind leicht zu verstehen.
weiblich	Mittelwert	2,96	2,75	2,38	2,73	2,58
	N	226	225	223	223	225
	Std.-Abweichung	,837	,921	1,010	,931	,913
männlich	Mittelwert	3,17	2,98	2,81	2,94	2,83
	N	234	235	236	235	235
	Std.-Abweichung	,745	,816	,899	,882	,791
Mann-Whitney-U-Test		23025,000	22783,000	19936,000	22743,000	22019,000
Wilcoxon-W		48676,000	48208,000	44912,000	47719,000	47444,000
Z		-2,593	-2,736	-4,682	-2,574	-3,303
Asymp. Sig. (2-seitig)		,010	,006	,000	,010	,001

Abb. 3: Ausschnitt aus der Auswertung der selbstentwickelten Skala "Geschwindigkeit/ Schwierigkeit". Die Items wurden zuvor pilotiert und über eine Faktorenanalyse zu einer Skala zusammengefügt.

Die Ergebnisse aus den Fragebögen werden nun passend zu den Workshopinhalten und den im Workshop getätigten Aussagen der Lehrkräfte sortiert. Die Interviews werden derzeit qualitativ nach Kuckartz (2018) mittels inhaltlich-strukturierender Inhaltsanalyse untersucht und die Wirkung der Workshops sowohl zwischen den Lehrkräften als auch bei den einzelnen Lehrkräften analysiert.

[1] Alle Daten sind nicht normalverteilt (Kolmogorov-Smirnov Signifikanztest p<0,000); Shapiro-Wilk p<0,000) und werden entsprechend mit passenden statistischen Methoden zur Analyse der Mittelwerte zwischen den SuS mit Mann-Whitney-U-Test und Wilcoxon-W analysiert.
Die Maß der Effektstärke Cohens *d* ist durchgehend < 0.5 und gibt somit einen kleinen Effekt an (vgl. Field, 2013). Auch die Effektstärke *r* gibt kleine Effektstärken an (0,1 ≤ r ≤ 0,3) (ebd.).
Die Reliabilität Cronbachs $\propto$ zwischen den einzelnen Skalen liegt zwischen $\propto = 0.6–0.9$, welche zufriedenstellend bis gut ist.

Literatur

Field, A. (2013). *Discovering statistics using IBM SPSS statistics. And sex and drugs and rock 'n' roll* (MobileStudy, 4th edition). Los Angeles, London, New Delhi, Singapore, Washington DC: Sage.

Höfer, D. & Steffens, U. (2013). *Lernprozesse sichtbar machen – John Hatties Forschungsarbeiten zu gutem Unterricht. Welche Relevanz haben sie für Schulen in Deutschland?,* Landesschulamt und Lehrkräfteakademie, Abt. III Qualitätsentwicklung und Evaluation. Zugriff am 20.10.2021. Verfügbar unter: http://www.visiblelearning.de/wp-content/uploads/2013/04/Hattie_Veroeff_Persp_3a_Uebertragb_2013-02-20.pdf

Jerusalem, M., Drössler, S., Kleine, D., Klein-Heßling, J., Mittag, W. & Röder, B. (Hrsg.). (2009). *Skalenbuch. Förderung von Selbstwirksamkeit und Selbstbestimmung im Unterricht*. Skalen zur Erfassung von Lehrer- und Schülermerkmalen. Lehrstuhl für Pädagogische Psychologie und Gesundheitspsychologie.

Kuckartz, U. (2018). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung* (Grundlagentexte Methoden, 4., überarbeitete Aufl.). Weinheim: Beltz. Verfügbar unter: http://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:31-epflicht-1138552

Lipowsky, F. & Rzejak, D. (2012). Lehrerinnen und Lehrer als Lerner - Wann gelingt der Rollentausch? Merkmale und Wirkungen wirksamer Lehrerfortbildungen. *Schulpädagogik heute*, *3*(5), 1–17. Zugriff am 14.08.2018. Verfügbar unter: http://www.schulentwicklung.bayern.de/niederbayern/userfiles/Allgemein/ReSET_Dgf_2012/Vortrag_Prof_Lip.pdf

Lipowsky, F. & Rzejak, D. (2015). Lehrerfortbildungen lernwirksam gestalten – Ein Überblick über den Forschungsstand. *Zfl Magazin*, (01), 5–9.

Lipowsky, F. & Rzejak, D. (2017). Fortbildungen für Lehrkräfte wirksam gestalten - erfolgsversprechende Wege und Konzepte aus Sicht der empirischen Bildungsforschung. *Bildung und Erziehung*, *70*(4), 379–399.

Smith, C. & Gillespie, M. (2007). Research on professional development and teacher change: Implications for Adult Basic Education. *Review of Adult Learning and Literacy*, *7*, 205–244. Zugriff am 20.10.2021. Verfügbar unter: http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/similar?doi=10.1.1.462.2288&type=sc

Thomas, A. E. & Müller, F. H. (2011). Skalen zur motivationalen Regulation beim Lernen von Schülerinnen und Schülern. Skalen zur akademischen Selbstregulation von Schüler/innen SRQ-A [G] (überarbeitete Fassung). *Wissenschaftliche Beiträge aus dem Institut für Unterrichts- und Schulentwicklung (IUS)*, (5).

Timperley, H., Wilson, A., Barrar, H. & Fung, I. (Hrsg.). (2007). *Teacher Professional Learning and Development. Best Evidence Synthesis Iteration [BES]*. New Zealand: Wellington.

Fabian Sterzing[1] [1]Universität Paderborn
Christoph Kulgemeyer[1]
Peter Reinhold[1]

Untersuchung zur Lernwirksamkeit von Erklärvideos

Während der Covid-19-Pandemie sind Erklärvideos für viele Schülerinnen und Schüler ein relevantes Lernmedium geworden (Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest, 2020). Erste Studien zeigen weiterhin, dass Erklärvideos positive Lerneffekte haben können (Kay, 2012, Beheshti, Taspolat, Kaya & Spanca F. H., 2018). Eine daraus entstandene Forderung an die Forschung ist, genauer zu ergründen, von welchen Merkmalen die Lernwirksamkeit von Erklärvideos abhängt (Fiorella & Mayer, 2018) und welche Personen besonders von Erklärvideos profitieren. Im Projekt „Lernwirksame Erklärvideos im Physikunterricht“ werden dazu die Videoqualität und die Einsatzform von Erklärvideos untersucht. Weiterhin wird nach Persönlichkeitsmerkmalen gesucht, die einen hohen Lernzuwachs bei der Nutzung von Erklärvideos verursachen.

Didaktische Qualität und Einsatzformen von Erklärvideos

Die didaktische Qualität von Erklärvideos besteht aus verschiedenen Teilaspekten. Zunächst beinhaltet ein Erklärvideo, wie jedes andere unterrichtliche Medium, einer Elementarisierung. Dafür können Aspekte einer gelungen Elementarisierung (Reinhold, 2010) auf Erklärvideos übertragen werden. Im Mittelpunkt des Erklärvideos steht die Erklärung an sich, so dass auch Aspekte von Erklärqualität auf Erklärvideos übertragen werden können (Kulgemeyer, 2018). Schließlich handelt es sich bei Erklärvideos um eine multimediale Lernumgebung, die multimedialen Gestaltungsprinzipien entsprechen sollte (Mayer, 2009). Ebenso gibt es verschiedene Möglichkeiten Erklärvideos in Lernprozesse einzubinden. Einerseits können Erklärvideos synchron zu einer Lernaufgabe eingesetzt werden (Hrastinski, 2019), andererseits können Erklärvideos, angelehnt am Flipped Classroom, vor einer Lernaufgabe dargeboten werden (Handke, 2018).

Forschungsfragen

Aus den theoretischen Überlegungen folgt, dass sowohl die didaktische Qualität als auch die Einsatzform einen Einfluss auf den Lernzuwachs haben kann. Weiterhin ist es von Interesse bestimmte Personenmerkmale ausfindig zu machen, die zu einem erhöhten Lernzuwachs bei der Nutzung von Erklärvideos führen. Daraus ergeben sich folgende Forschungsfragen:

FF1	Welchen Einfluss hat die didaktische Qualität von Erklärvideos auf den Lernzuwachs im Handlungs- und Konzeptwissen?
FF2	Welchen Einfluss hat die Darbietungsform des Erklärvideos auf den Lernzuwachs im Handlungs- und Konzeptwissen?
FF3	Von welchen Persönlichkeitsmerkmalen hängt ein höherer Lernzuwachs bei der Nutzung von Erklärvideos ab?

Design & Instrumente

Um die Forschungsfragen zu bearbeiten, wurde eine experimentelle Laborstudie im 2x2 Design entwickelt. Das Thema der Erhebung ist die Bestimmung und das Verständnis des

Konzepts elektrischer Widerstand. Die Zielgruppe für die Erklärvideos ist eine gymnasiale Mittelstufe. Das Forschungsdesign ist in Tabelle 1 genauer dargestellt.

Tabelle 1 Studiendesign

	Hohe Videoqualität	Geringe Videoqualität
Synchrone Experimentalaufgabe	G1	G2
Asynchrone Experimentalaufgabe	G3	G4

Um Forschungsfrage **FF1** zu bearbeiten, wird die Qualität der Erklärvideos variiert. Dazu wurden zwei Videos erstellt, die sich hinsichtlich ihrer didaktischen Qualität maximal unterscheiden sollten. Die Unterschiede der Erklärvideos wurden durch externe Experten validiert (Sterzing, Szabone Varnai & Reinhold, 2021). Um Forschungsfrage **FF2** zu bearbeiten, wird das Erklärvideo synchron und asynchron zu einer Experimentalaufgabe bearbeitet. In der asynchronen Variante wird zuerst ein Erklärvideo betrachtet und danach die Aufgabe bearbeitet. In der synchronen Variante passiert beides gleichzeitig. Die gesamte Treatmentzeit beträgt in beiden Varianten 30 min. Vor bzw. nach dem Treatment finden ein Pre- und ein Posttest statt. Im Rahmen des Pretests wird das deklarative Handlungswissen (DHW) und das Konzeptwissen (KW) erhoben. Der Test zum deklarativen Handlungswissen ist selbstentwickelt und wurde mit $N = 162$ Teilnehmern pilotiert und überarbeitet. Der Konzeptwissenstest zum Thema Elektrizitätslehre wurde von Urban-Woldorn und Hopf (2012) übernommen. Im Posttest wurde zusätzlich ein Fragebogen zum Interesse an und zum Nutzungsverhalten von Erklärvideos eingesetzt (Szabone Varnai, Sterzing & Reinhold, 2020). Um keine Unterschiede im Vorwissen vorzufinden, wurden die Treatmentgruppen nach Durchführung des Pretests gebildet. Die Reliabilität der Instrumente liegt in einem befriedigenden ($\alpha = 0{,}61$) bis sehr guten Bereich ($\alpha = 0{,}88$) (Rost, 2013). In Folge der Coronapandemie wurde die Erhebung online über Zoom durchgeführt. Als Experimentalaufgabe wurde eine Simulation von PhetColorado (PhET Interactive Simulations, 2021) genutzt und der Bildschirm der Studierenden mittels OBS Studio gefilmt. Die Testinstrumente wurden über Lime Survey bereitgestellt.

Ergebnisse

Im Rahmen der Studie haben $N = 142$ Studierende des Sachunterrichts teilgenommen. Die Studierenden haben die Studie in der Veranstaltung „Physikalische Grundlagen“ im ersten Semester absolviert. Zwischen Pre- und Posttest finden Verbesserungen bei den Studierenden statt. Ein gepaarter Wilcoxon-Test zeigt, dass diese Lernzuwächse hochsignifikant (KW: $Z = -3{,}884, p < 0{,}001$; DHW: $Z = -6{,}613, p < 0{,}001$) mit mittleren ($d_{Konzeptwissen} = 0{,}69$) bis großen ($d_{Handlungswissen} = 1{,}41$) Effekt nach Cohen, (2013) sind. Um die Lernzuwächse und die etwaigen Unterschiede zwischen den Gruppen genauer zu bestimmen, wird der *individual gain score* (Coletta & Steinert, 2020) genutzt. Zuerst wurde überprüft, ob es zwischen den Gruppen unterschiedlicher Videoqualität signifikante Unterschiede gibt. Ein Mann-Whitney-U-Test zeigt jedoch keine signifikanten Unterschiede (KW: $Md_{maximal} = 0{,}0$, $Md_{minimal} = 0{,}28, U = 2117, Z = -1{,}645, p = 0{,}1$; DHW: $Md_{maximal} = 0{,}25, Md_{minimal} = 0{,}29$, $U = 2493, Z = -0{,}110,\ p = 0{,}912$). Im nächsten Schritt wurde überprüft, ob sich die Gruppen unterschiedlicher Einsatzformen signifikant unterscheiden. Hierbei zeigten sich ebenfalls keine signifikanten Unterschiede (KW: $Md_{sync} = 0{,}21, Md_{async} = 0{,}24, U = 5328, Z = -0{,}769, p = 0{,}1$; DHW:

$Md_{sync} = 0{,}32, Md_{async} = 0{,}25\,, U = 5103, Z = -0{,}025,\ p = 0{,}912$). Anschließend wurden die vier Treatmentgruppen insgesamt auf signifikante Unterschiede im Lernzuwachs untersucht. Dazu wurde ein Kruskal-Wallis-Test durchgeführt. (KW: $H(3) = 6.123, p = 0{,}106$; DHW: $H(3) = 2.945, p = 0{,}400$). Für weitergehende Analysen wird der Fragebogen zum Nutzungsverhalten und Interesse an Erklärvideos ausgewertet. Nach Szabone Varnai, Sterzing und Reinhold, (2020) wurde eine Clusteranalyse durchgeführt. Dabei konnten drei verschiedene Nutzungstypen identifiziert werden. Diese Typen bestehen aus Nicht-Nutzern ($n = 4$), akademischen Nutzern ($n = 60$), und Nutzern, die Erklärvideos für private als auch für akademische Zwecke nutzen ($n = 45$). Wiederum wurde ein Kruskal-Wallis-Test durchgeführt, um zu überprüfen, ob es signifikante Unterschiede zwischen den Nutzungstypen gibt. Dabei sind signifikante Unterschiede im deklarativen Handlungswissen ($H(2) = 6.398, p < 0{,}05$) und ein Trend im Konzeptwissen ($H(2) = 5.548, p = 0{,}062$) zu beobachten. Daher wurden weitere Mann-Whitney-U Tests mit Bonferroni-Korrektur als Post-Hoc Test gerechnet. Diese Tests zeigten signifikante Unterschiede im DHW zwischen den Nicht-Nutzern und Nutzern, die Erklärvideos für akademische und privaten Zwecke nutzen. Hierbei zeigte sich ein großer Effekt nach Cohen (2013) ($Md_{nicht\ Nutzer} = -0{,}60, Md_{akademisch\backslash privat} = 0{,}19\,, U = 23{,}50, Z = -2.433,\ p < 0{,}05, d = 0{,}74$). Als weiteren Analyseschritt, um den Einfluss von Personenmerkmalen zu ergründen, wurde eine multiple lineare Regression für beide Wissensarten ausgeführt. Als Prädiktoren dienen hierbei das Vorwissen im deklarativen Handlungswissen und Konzeptwissen sowie das Nutzungsverhalten und Interesse an Erklärvideos im privaten und universitären Bereich. Die Zielvariable ist jeweils der *individual gain score* der beiden Wissensarten. Für das deklarative Handlungswissen ergibt die Regressionsanalyse: $F(3{,}104) = 21{,}1, p < 0{,}001\,, R^2 = 0{,}36$ und für das Konzeptwissen: $F(3{,}105) = 10{,}15, p < 0{,}001\,, R^2 = 0{,}20$, Nach Cohen (1988) ist dies eine mittlere bis hohe Varianzaufklärung. Das Regressionsmodell zeigt, dass ein geringeres Vorwissen in der entsprechenden Wissensart zu einem höheren Lernzuwachs führt. Ebenfalls wird deutlich, dass das Nutzungsverhalten und Interesse an Erklärvideos einen gewissen Einfluss auf den Lernzuwachs hat. Dabei wird das Nutzungsverhalten im privaten Bereich für das Konzeptwissen ein signifikanter Prädiktor und das Nutzungsverhalten in der Veranstaltung ein signifikanter Prädiktor für das deklarative Handlungswissen.

Fazit

In Bezug zu **FF1** und **FF2** zeigt sich, dass sowohl die Qualität des Videos als auch die Einsatzform keinen signifikanten Einfluss auf den Lernzuwachs haben. Um dieses Ergebnis genauer zu erklären, kann eine Analyse der Interaktionen mit den Videos durchgeführt werden. Gelingt es z. B. den Studierenden insbesondere im schlechteren Video die relevanten Stellen zu erkennen und besonders diese Stellen zu betrachten? Im Rahmen von **FF3** konnten mithilfe einer Regressionsanalyse erste Persönlichkeitsmerkmale zu identifizieren, die den Lernzuwachs signifikant vorhersagen. Dabei ist ein umgekehrter Matthäuseffekt zu beobachten. Schwache Studierende im Vorwissen profitieren stärker von Erklärvideos als starke. Um diesen Unterschied aufzuklären, kann ebenfalls auf die Analyse der Interaktionen verwiesen werden. Hier wäre zu überprüfen, ob sich das Betrachtungsverhalten von Erklärvideos zwischen starken und schwachen Studierenden unterscheidet. Das Ziel des Projektes ist es daher, weitere Prädiktoren für den Lernzuwachs bei der Nutzung von Erklärvideos zu identifizieren.

Literatur

Beheshti, M., Taspolat, A., Kaya, S. O., Spanca F. H. (2018): Characteristics of instructional videos. In: *Wordl Journal on Educational Technology: Current Issues* 10 (1), S. 61–69.

Cohen, J. (1988): Statistical power analysis for the behavioral sciences. 2. ed. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Cohen, J. (2013): Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences. 2nd ed. Hoboken: Taylor and Francis.

Coletta, V. P., Steinert, J. J. (2020): Why normalized gain should continue to be used in analyzing preinstruction and postinstruction scores on concept inventories. In: *Phys. Rev. Phys. Educ. Res.* 16 (1), S. 90, DOI: 10,1103/PhysRevPhysEducRes.16.010108.

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.

Handke, J. (2018): Digitale Hochschullehre – Vom einfachen Integrationsmodell zur Künstlichen Intelligenz. In: Dittler, U. und Kreidl, C. (Hg.): Hochschule der Zukunft. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, S. 249–263.

Hrastinski, S. (2019): What Do We Mean by Blended Learning? In: *TechTrends* 63 (5), S. 564–569. DOI: 10,1007/s11528-019-00375-5.

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.

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,

PhET Interactive Simulations (2021): Circuit Construction Kit: DC - Virtual Lab. University of Colorado Boulder. Online verfügbar unter https://phet.colorado.edu/sims/html/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab/latest/circuit-construction-kit-dc-virtual-lab_en.html, zuletzt aktualisiert am 17.06.2021, zuletzt geprüft am 12.07.2021.

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.

Rost, D. H. (2013): Interpretation und Bewertung pädagogisch-psychologischer Studien. Eine Einführung. 3., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt (UTB Erziehungswissenschaften, Psychologie, 8518).

Sterzing, F., Szabone Varnai, A., Reinhold, P. (2021): Theoriebasierte Gestaltung & Validierung der Qualität von Erklärvideos. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Online Jahrestagung 2020, In: Habig, S. (Hg.): Naturwissenschaftlicher Unterricht und Lehrerbildung im Umbruch? Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Online Jahrestagung 2020, Essen: Universität Duisburg-Essen, S. 113–116.

Szabone Varnai, A., Sterzing, F., Reinhold, P. (2020): Motive und Verhalten bei der Nutzung von Erklärvideos. 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. 298–301.

Urban-Woldorn, H., Hopf, M. (2012): Entwicklung eines Testinstruments zum Verständnis in der Elektrizitätslehre. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 18, S. 201–227.

Christoph Kulgemeyer[1] [1]Universität Paderborn

Wirken falsche Erklärungen auf Basis von Schülervorstellungen in YouTube-Erklärvideos attraktiv auf Lernende?

Erklärvideos werden von Lehrkräften in den Fachunterricht eingebettet, z.B. in Konzepten wie dem Flipped Classroom (z.B. Schmidt & Ralph, 2016). Es ist zudem plausibel, anzunehmen, dass sich die Bedeutung von Erklärvideos für den Fachunterricht in der Phase des Distanzunterrichts 2020 noch verstärkt hat. Allerdings konsumieren Schülerinnen und Schüler Erklärvideos ohnehin auch aus eigenem Antrieb: sei es, um sich für Prüfungen vorzubereiten, Schulstoff nachzuarbeiten und zu vertiefen oder einfach aus Unterhaltungsgründen in der Freizeit (Wolf & Kulgemeyer, 2016). Beliebte Erklärvideos auch zu physikalischen Themen können leicht eine Million Aufrufe bei YouTube erreichen (z.B. einzelne Videos des Kanals SimpleClub).

Erklärvideos zu physikalischen Themen gibt es allerdings mit einer sehr breiten Spanne an Qualität. Kulgemeyer und Peters (2016) konnten dabei zeigen, dass die bei YouTube implementierten Werkzeuge, um Qualität anzuzeigen (z.B. Likes, Zahl der Aufrufe), die Erklärqualität von Videos gemessen an Kriterien der Verständlichkeit instruktionaler Erklärungen nicht reflektieren. Lediglich eine hohe Anzahl von Kommentaren, die den Inhalt des Videos diskutieren, lassen einen ersten Rückschluss auf eine hohe Erklärqualität zu. Dies erlaubt einen Plausibilitätsschluss: die großen YouTube-Kanäle haben ein Interesse daran, möglichst breite Wirkung zu entfalten, die wiederum z.B. in Aufrufen der Videos und Likes gemessen wird. Diese Maße haben allerdings keinen Zusammenhang mit der Erklärqualität der Videos. Die großen YouTube-Kanäle hätten demzufolge keine Motivation an hochqualitativen Erklärungen in den Videos, sondern verfolgen andere Ziele, die eher die Anzahl der Aufrufe und Likes beeinflussen – eine effektive Qualitätssicherung durch eine „Bestenauslese“ der Videos ist bei YouTube nicht implementiert.

Tatsächlich finden sich bei YouTube auch eine ganze Reihe von Videos, die aus physikalischer bzw. physikdidaktischer Sicht problematische Erklärungen präsentieren – aber dennoch sehr hohe Aufrufzahlen erreichen, sehr gut bewertet werden und in denen auch die Kommentare nicht reflektieren, dass es sich um problematische Erkläransätze handelt. Beispielsweise führt das Video „Was ist Kraft?“ des SimpleClubs den Kraftbegriff ein und legt nahe, dass (a) Kräfte Eigenschaften von Körpern sind, (b) Kraft verbraucht werden kann wie z.B. Benzin (beides etwa bei 0:58 min) und (c) ohne Kraft auf einen Körper keine Bewegung stattfinden kann (etwa bei 2:20 min). Diese drei Eigenschaften des Kraftbegriffs sind in der Physikdidaktik bekannte Schülervorstellungen (z.B. Schecker, Wilhelm, Hopf & Duit, 2020), die das Lernen eines fachlich anschlussfähigen Kraftkonzepts erschweren. Sie stammen allerdings aus dem Alltag und liefern für Alltagskontexte Erkläransätze. Dass das Video trotzdem so gut bewertet wird, könnte auf verschiedene Effekte hindeuten:

1. Möglicherweise wirken Erklärvideos, die alltagsnahe Schülervorstellungen als korrekte Erkläransätze darstellen, besonders alltagsnah und überzeugend – insbesondere im Kontrast mit formalem Physikunterricht. Sie könnten zu einer „Verstehensillusion“ führen (s.u.).
2. Möglicherweise erzielen Erklärvideos, die alltagsnahe Schülervorstellungen als korrekte Erkläransätze darstellen, einen höheren Lernzuwachs, da sie besonders an

das Vorwissen anknüpfen. Adaption an das Vorwissen ist ein Kernkriterium der Erklärqualität (Witter & Renkl, 2008; Kulgemeyer, 2019).

Wenn (1) und (2) aber zutreffen, könnte dies zwei wesentliche Konsequenzen haben:

3. Wenn diese Art von falschen Videos besonders überzeugend („verführerisch einfach“) wirken und einen höheren Lernzuwachs erzielen, könnten sie bei YouTube besser bewertet und häufiger geklickt werden (zwei Kriterien, an denen YouTube-Kanäle ihren Erfolg bemessen). Sie tauchen dann vermutlich beim Suchen nach einem Begriff auch höher auf der Liste auf.
4. Korrigierende Erklärversuche von Lehrpersonen im Physikunterricht werden häufig als redundant und irrelevant erlebt (Acuña et al., 2011). Es kann sein, dass Lernende, die solche Videos konsumieren, also weiteren Fachunterricht als redundant erleben und nicht (leicht) kognitiv aktiviert werden können.

Der zugrundeliegende Mechanismus: die „Verstehensillusion“

Der Mechanismus, der (1) erklären würde, ist die sogenannte „Verstehensillusion“, also der Effekt, dass Lernende glauben, eine Erklärung verstanden zu haben obwohl dies objektiv nicht der Fall ist (Prinz, Golke & Wittwer, 2018). Generell ist aus der psychologischen Forschung bekannt, dass Lernende glauben, dass sie Prinzipien verstanden haben, wenn sie oberflächliche Beobachtungen nachvollziehen können („illusion of explanatory depth“ (Rozenblit & Keil, 2002)). Videos haben zudem leicht den Effekt, dass sie die Aufmerksamkeit auf für das Verstehen irrelevante Bereiche lenken („seduction effect“ (Wiley, 2019) und passives Rezipieren statt einer aktiven Auseinandersetzung mit dem Lernstoff begünstigen (Mayer Fiorella, & Stull, 2020).

Anlage des Experiments und Material

In einer experimentellen Studie wurde untersucht, ob (1) und (2) durch Erklärvideos, die alltagsnahe Schülervorstellungen als korrekte Erklärungen darstellen, begünstigt werden. In Kulgemeyer und Wittwer (2021) wird diese Studie detailliert vorgestellt. Dazu wurden zwei Erklärvideos zum Kraftbegriff entwickelt. Video A erklärt den Kraftbegriff fachlich anschlussfähig als Ursache für die Beschleunigung eines Körpers (N = 80 Lernende). Video B erklärt den Kraftbegriff ähnlich wie das Video des SimpleClubs auf Basis der drei Schülervorstellungen (a) bis (c) (s.o.) (N = 69 Lernende).

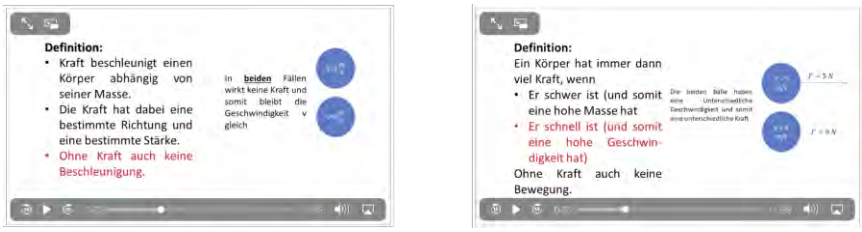


Abbildung 1: Screenshots der Videos A und B.

Beide Videos wurden so entwickelt, dass sich ihre Erklärqualität nicht unterscheidet. Dazu wurde das empirisch evaluierte Framework von Kulgemeyer (2018) als Entwicklungsgrundlage verwendet. Studierende am Ende des Bachelors Lehramt Physik haben die beiden Videos beurteilt und hinsichtlich der Kriterien des Frameworks keinen Unterschied festgestellt ($t(25) = -0{,}92$, $p = 0{,}93$). Die Textverständlichkeit der Videoskripte ist zudem nahezu identisch (LIX_A = 35,6 bzw. LIX_B = 33,2).

Instrumente

Gemessen wurden prä und post sowohl das Konzeptwissen zum Kraftbegriff (9 Items, α = 0,71; 9 Items) als auch das falsche Konzeptwissen (also das Wissen zum Kraftbegriff, das korrekt wäre, wenn die Schülervorstellungen (a) bis (c) zutreffen würden) (α = 0,85; 9 Items). Weiterhin wurde die Verstehensillusion gemessen (5-Punkt-Likert-Skala, α = 0,75; 10 Items; Beispiele: „Das Video war wissenschaftlich korrekt.“, „Ich brauche noch mehr Unterricht, um den Kraftbegriff zu verstehen.“). Zudem wurde die wahrgenommene Videoqualität gemessen (Beispiele: „Das Video war leicht verständlich.“, 5-Punkt-Likert-Skala, α = 0,72; 6 Items).

Ergebnisse

Im Vortest lassen sich keine Unterschiede in den gemessenen Variablen zwischen den Gruppen finden. Im Nachtest zeigt sich ein den Lerngelegenheiten entsprechender Zuwachs (Abb. 2). Berichtet werden die Ergebnisse von T-Test und einfaktorieller ANOVAs (aus Kulgemeyer & Wittwer, 2021).

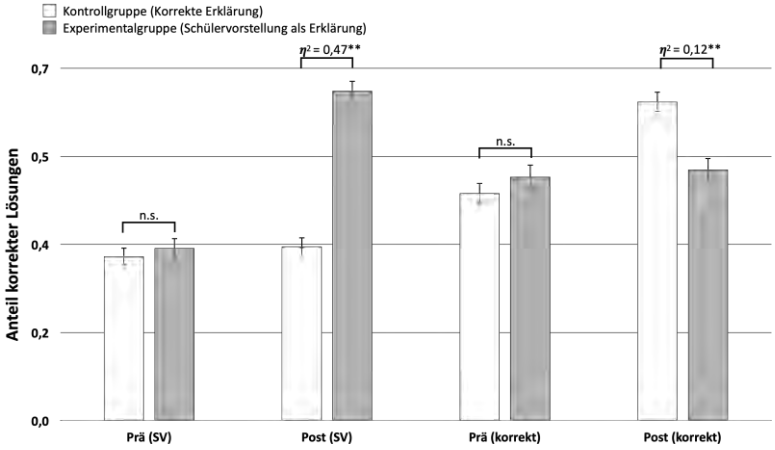


Abbildung 2: Ausgewählte Prä- und Posttestergebnisse der Experimental- und Kontrollgruppe

Die Experimentalgruppe lernt signifikant mehr falsches Wissen auf Basis der Schülervorstellungen als die Kontrollgruppe fachlich korrektes Wissen $F(1,147) = 18.39$, $p < 0.001$, $\eta 2 = 0.11$). Global wird das falsche Video als verständlicher eingeschätzt (d = 0,62*), auf Basis der Kriterien für Videoqualität aus dem Framework finden sich jedoch keine Unterschiede in der Wahrnehmung der Videos. Nach beiden Videos sind die Lernenden gleichermaßen der Überzeugung, die Videos seien fachlich korrekt, sie hätten das Thema verstanden und bräuchten keinen weiteren Unterricht mehr zum Kraftbegriff.

Das Auftreten von Schülervorstellungen im Video ist also vermutlich nicht Ursache für eine Verstehensillusion, aber die Lernenden haben dennoch eine Verstehensillusion nach dem Betrachten des Videos. Die Konsequenzen (3) und (4) (s.o.) sind also durchaus möglich. Es ist möglich, dass das falsche Video bei YouTube bessere Bewertungen bekommen würde, da es zu mehr Lernzuwachs führt, als fachlich korrekt eingeschätzt wird und für verständlicher gehalten wird. Vorhandene Erklärvideos mit Schülervorstellungen sollten Physiklehrkäften bekannt sein, damit im Unterricht darauf eingegangen werden kann. Der mögliche Effekt, dass der Fachunterricht jetzt als redundant erlebt wird und zudem im Kontrast unnötig verkomplizierend, könnte sonst starke Auswirkungen auf die Unterrichtsqualität haben.

Literatur

Kulgemeyer, C. (2018). A Framework of Effective Science Explanation Videos Informed by Criteria for Instructional Explanations. Research in Science Education, 50(6), 2441–2462. https://doi.org/10.1007/s11165-018-9787-7

Kulgemeyer, C. (2019). Towards a framework for effective instructional explanations in science teaching. Studies in Science Education, 2(54), 109–139. https://doi.org/10.1080/03057267.2018.1598054

Kulgemeyer, C., & Peters, C. (2016). Exploring the explaining quality of physics online explanatory videos. European Journal of Physics, 37(6), 1–14. https://doi.org/10.1088/0143-0807/37/6/065705

Kulgemeyer, C., & Wittwer, J. (2021). When Learners Prefer the Wrong Explanation: Misconceptions in Physics Explainer Videos and the Illusion of Understanding. Preprint: https://doi.org/10.31234/osf.io/q36zf

Mayer, R. E., Fiorella, L., & Stull, A. (2020). Five ways to increase the effectiveness of instructional video. *Educational Technology Research and Development*, 68(3), 837–852.

Prinz, A., Golke, S., & Wittwer, J. (2018). The double curse of misconceptions: Misconceptions impair not only text comprehension but also metacomprehension in the domain of statistics. Instructional Science, 46(5), 723–765.

Schmidt, S. M. P., & Ralph, D. L. (2016). The Flipped Classroom: A Twist on Teaching. *Contemporary Issues in Education Research*, *9*(1), 1–6.

Wiley, J. (2019). Picture this! Effects of photographs, diagrams, animations, and sketching on learning and beliefs about learning from a geoscience text. *Applied Cognitive Psychology*, 33(1), 9–19.

Wolf, K., & Kulgemeyer, C. (2016). Lernen mit Videos? Erklärvideos im Physikunterricht. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, *27*(152), 36–41.

Sandra Pia Harmer[1] [1]Universität Wien
Katharina Groß[2] [2]Universität zu Köln

Fachlich-didaktische Analyse chemischer Erklärvideos für den Chemieunterricht

Studien zeigen, dass fast die Hälfte aller Schüler*innen YouTube als wichtig bzw. sehr wichtig für die Schule erachtet und dieses Medium auch für die Vor- und Nachbereitung schulischer Inhalte nutzt (z.B. Rat für kulturelle Bildung, 2019; mpfs, 2020). Da die dort verfügbaren Erklärvideos anders als Schulbücher allerdings keiner Kontrollinstanz unterliegen, kann ihre fachliche und fachsprachliche Korrektheit nicht als uneingeschränkt vorhanden betrachtet werden. Nichtsdestotrotz werden diese Videos von Schüler*innen genutzt, da sie den Eindruck vermitteln, Inhalte schnell und unkompliziert erfassen zu können. (Knapp, Harmer & Groß, 2020) Um Erkenntnisse über lernförderliche Einbettungsmöglichkeiten chemischer Erklärvideos in den sprachsensiblen Chemieunterricht gewinnen zu können, ist es notwendig, die Videos tiefergehend hinsichtlich fachlicher, fachdidaktischer sowie medienpädagogischer Aspekte zu analysieren und sich gleichzeitig auch mit der Wahrnehmung der Schüler*innen in Bezug auf diese Videos auseinanderzusetzen.

Der literaturbasierte Kriterienkatalog - das Analyseinstrument

Aus diesem Grund wurde im Zuge einer Vorstudie auf Basis eingehender Literaturrecherche ein Kriterienkatalog entwickelt und evaluiert. Dieser stellt ein dreiteiliges Kategoriensystem dar, das sowohl fachlich-inhaltliche als auch fachdidaktische und mediendidaktische Kategorien abbildet (vgl. Harmer & Groß, 2020) und als Analyseinstrument für die strukturierende qualitative Inhaltsanalyse (Mayring, 2010) chemischer Erklärvideos herangezogen werden kann.

Die fachlich-inhaltlichen Aspekte fokussieren primär auf die Korrektheit des Fachinhalts im Video, um davon ausgehend sowohl die sprachlichen als auch die bildlich-vermittelten Inhalte näher zu untersuchen. Als inhaltlich korrekt kodierte Aussagen werden in der Folge im Hinblick auf den Umgang mit Fachbegriffen sowie dem Wechsel der Johnstone Ebenen analysiert. Aussagen, die aufgrund eines groben fachlichen Fehlers als inhaltlich nicht korrekt kodiert werden, werden nicht weiter analysiert. In Aussagen, die als teilweise korrekt kodiert werden, wird die Ursache der fachlichen Unschärfe analysiert, wobei zwischen sachlich-inhaltlicher Unschärfe und sprachlicher Unschärfe aufgrund nicht-angemessener Fachsprache unterschieden wird. Die fachdidaktischen Aspekte decken typische fachdidaktische Stolpersteine des Chemieunterrichts ab, wie das Antizipieren und Berücksichtigen von potentiellem Vorwissen und Präkonzepten, den Einsatz von (Alltags-)Beispielen, eine klare sachlogische und didaktisch-logische Struktur sowie das Prinzip der Kohärenz und der minimalen Erklärungen und die damit entstehende potentielle Entwicklung von „hausgemachten“ Fehlvorstellungen. (u.a. Barke, 2006; Kulgemeyer, 2018) Die medienpädagogischen Aspekte orientieren sich weitgehend an Mayers (2014) Theorie des multimedialen Lernens und umfassen das Multimedia Prinzip, das Prinzip der visuellen und auditiv gespaltenen Aufmerksamkeit, die Veranschaulichung durch Bilder, die direkte Adressierung der Zielgruppe. Sie werden nur kodiert, wenn sie nicht erfüllt werden.

Erkenntnisse aus der kriteriengeleiteten Videoanalyse

Auf Basis der Frage nach den fachlich-inhaltlichen, fachdidaktischen und medienpädagogischen Herausforderungen in Erklärvideos von Chemie-simpleclub, die den komplexen, abstrakten Themenbereich „Chemische Bindungen“ umfassen, sollen hier die Erkenntnisse aus dem Video zur Metallbindung dargestellt werden. Auf dem Prinzip der inhaltlichen Strukturierung werden sprachliche und bildliche Äußerungen den in der Vorstudie deduktiv entwickelten Kategorien zugeordnet. Die Erkenntnisse können exemplarisch anhand des folgenden Abschnitts deutlich gemacht werden:

Tab. 1: Auszug aus „Metallische Bindung - einfach erklärt“ von Chemie-simpleclub (2015)

Visueller Input	**Auditiver Input**
	Die Valenzelektronen kann man sich insgesamt als Elektronengaswolke vorstellen. (1)
	Die Bindung wird dann durch die Anziehungskräfte zwischen positiven Atomrümpfen und die negativen Elektronen verursacht. (2)
	Also auf Deutsch, die Atomrümpfe und die freien rumschwirrenden Elektronen ziehen sich gegenseitig an und deshalb hält das Metall zusammen. (3)
	Durch diesen Aufbau kann man jetzt auch viele Eigenschaften von Metallen erklären. (4)

Die fachlich-inhaltliche Analyse basiert primär darauf, ob eine Aussage korrekt, inkorrekt oder teilweise korrekt ist. Die Kodierung „teilweise korrekt“ kommt vor allem auf Grund der Tatsache zustande, dass fachsprachlich korrekte, aber komplexere Aussagen, wie etwa (2), mit Hilfe von Alltagssprache paraphrasiert werden, um diese (scheinbar) zu vereinfachen. Durch die entstehende Vermischung von Fach- und Alltagssprache kommt es allerdings leicht zur Anthropomorphisierung chemischer Konzepte, was zu fachlichen Ungenauigkeiten und Fehlern führt. In (3) passiert dies durch Verwendung der Formulierung „rumschwirrende Elektronen“. Der visuelle Input unterstützt durch die Verwendung der Sprechblasen diese potentielle Anthropomorphisierung der Elektronen. Obwohl dieser Ausschnitt deutlich macht, dass das Video vor allem in Bezug auf die Vermischung von Fach- und Alltagssprache eindeutige Schwächen hat, zeigt (4) aber auch, dass versucht wird, die Johnstone Ebenen gezielt zu wechseln und den Zusammenhang zwischen submikroskopischer und makroskopischer Ebene zu verdeutlichen. In diesem Fall geschieht dies durch die Erklärung der makroskopischen Stoffeigenschaften von Metallen auf submikroskopischer Ebene durch das Elektronengasmodell. Die fachdidaktische Analyse lässt den Schluss zu, dass die kognitiven Strukturen der Rezipient*innen berücksichtigt werden, die im Sinne des Konstruktivismus dem Lernen zugrunde liegen: (1) zeigt, dass versucht wird, an das Vorwissen der Rezipient*innen anzuknüpfen bzw. Alltagserfahrungen zur Verdeutlichung heranzuziehen. Dies geschieht, indem die frei beweglichen Valenzelektronen innerhalb eines Metalls als Elektronengaswolke beschrieben werden und die Bindung auf Grund der Anziehung zwischen den positiv geladenen Atomrümpfen und den negativ geladenen Elektronen erfolgt. Die Definition des Atomrumpfs, die dieser Erklärung vorangegangen ist, wird im Sinne eines Wissensankers im visuellen Input schriftlich festgehalten. (2) und (3) zeigen auch, dass hier das Prinzip der Kohärenz erfüllt wird, da auf die Verwendung von Synonymen und Pronomen verzichtet wird. Allerdings zeigt der gleiche Abschnitt ebenso, dass das Prinzip der minimalen Erklärungen nicht berücksichtigt wird, da die fachsprachlich korrekte Erklärung im Sinne der Simplifizierung alltagssprachlich repliziert wird. Gleichzeitig

widersprechen die Sprechblasen, die im visuellen Input als Unterhaltungselemente eingesetzt werden, diesem Prinzip und tragen stattdessen zur Anthropomorphisierung der Elektronen und damit zur Entstehung potentieller Fehlvorstellungen bei. Die medienpädagogischen Aspekte können, abgesehen von der direkten Adressierung der Rezipient*innen, als weitgehend erfüllt betrachtet werden.

Die Wahrnehmung der Schüler*innen

Um die analysierten Erklärvideos sinnvoll in den Chemieunterricht einbetten zu können, ist neben der kriteriengeleiteten wissenschaftlichen Analyse auch die Schüler*innenwahrnehmung dieser Videos von Bedeutung. Diese erfolgt in zwei Schritten, wobei die Stichprobengröße insgesamt 44 Schüler*innen beträgt. Im ersten Schritt müssen die Schüler*innen das jeweilige Video nach „specific information", „gist" und „main ideas" textmappen (Green, 2017) und anschließend einen zweiteiligen, halbstrukturierten Fragebogen, der auf dem standardisierten WEB-CLIC Fragebogen nach Thielsch & Hirschfeld (2018) basiert und um einige spezifische geschlossenen und offene Fragen erweitert wurde, ausfüllen. Die Auswertung des Textmappings (N=44), das keine Transkripte verwendet, sondern ausschließlich auf der systematischen Rekonstruktion von rezipierten Inhalten basiert, zeigt, dass die Schüler*innen sowohl spezifische (z.B. „*Verformbarkeit"* 87%) als auch weiterführende Informationen (z.B. „*Legierungen sind eine Mischung verschiedener Metalle."* 91%) wahrnehmen, wobei die Wahrnehmung im Anfängerunterricht und im vertiefenden Unterricht sehr ähnlich ist. Dabei werden Unterhaltungselemente im vertiefenden Unterricht häufiger wahrgenommen und kodiert als im Anfängerunterricht, was vermuten lässt, dass die gestalterischen Aspekte im Anfängerunterricht von geringerer Bedeutung sind. Diese Annahme wird durch den Fragenbogen untermauert. Gleichzeitig wird aber auch deutlich, dass die Schüler*innen Schwierigkeiten haben, die tiefergehende Kernaussage des Videos und damit den Zusammenhang zwischen den Eigenschaften der Metalle und der Metallbindung zu erfassen, wie die folgende Aussage zeigt: *„Die Kernaussage des Videos beinhaltet die Erklärung der Metallbindung, deren Eigenschaften, wie zum Beispiel, dass Metalle verformbar sind." (7BL2004R)*

Fazit & Ausblick

Die kategoriengeleitete Videoanalyse zeigt, dass die visuelle Darstellung und die auditive Informationsvermittlung in diesem Erklärvideo von unterschiedlicher Qualität sind und dass sich Herausforderungen überwiegend aufgrund fachdidaktisch-inhaltlicher Ungenauigkeiten ergeben. Diese resultieren vor allem aus der Vermischung von Fach- und Alltagssprache, die meist eine Folge von Simplifizierung ist. Gleichzeitig kann die damit einhergehende Anthropomorphisierung die Entstehung hausgemachter Fehlvorstellungen begünstigen. Die Untersuchung der Schüler*innenwahrnehmung hat gezeigt, dass die Rezeption weitgehend altersunabhängig ist und dass die Rezipient*innen zwar viele Einzelinformationen wahrnehmen, aber nicht das Thema in seiner vollen Komplexität verstehen. Das bedeutet also, dass nicht-eingebettete Erklärvideos ausschließlich reproduktives Wissen vermitteln, aber nicht zu einer anwendungsorientierten Kompetenzentwicklung beitragen.

Für einen kompetenzförderlichen Einsatz im Chemieunterricht ist es daher notwendig, diese Videos durch geeignete Lernaufgaben zu begleiten. In Folge sollen daher auf Basis dieser Erkenntnisse geeignete Lernaufgaben entwickelt und evaluiert werden, um mit Hilfe von Erklärvideos die Fachkompetenz, die Fachsprachkompetenz sowie die Medienkompetenz von Schüler*innen zu fördern.

Literatur

Barke, H.-D. (2006). Chemiedidaktik. Diagnose und Korrektur von Schülervorstellungen. Berlin: Springer-Verlag.

Chemie-simpleclub. (2015). Metallische Bindung - einfach erklärt. https://www.youtube.com/watch?v=Z6L8LD4EV3w [abgerufen am 20.10.2021]

Green, R. (2017). Designing Listening Tests: A Practical Approach. London: Palgrave Macmillan.

Harmer, S. P. & Groß, K. (2020). CHEMideos – Fachdidaktische Analyse chemischer Erklärvideos. In: S. Habich. (Hg.) Naturwissenschaftlicher Unterricht und Lehrerbildung im Umbruch?. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Band 41.

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.

Kulgemeyer, C. (2018). A Framework of Effective Science Explanation Videos Informed by Criteria for Instructional Explanations. Research in Science Education, 50(6), 2441-2462.

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. (2020). JIM-Studie 2020. Jugend, Information, Medien. Basisuntersuchung zum Medienumgang 12- bis 19-Jähriger. Baden-Württemberg: Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest. [Online]. https://www.mpfs.de/fileadmin/files/Studien/JIM/2020/Studie/JIM2020_Gesamt.pdf [abgerufen am 12.09.2021]

Rat für kulturelle Bildung. (2019). Jugend/YouTube/Kulturelle Bildung. Horizont 2019. Studie: Eine repräsentative Umfrage unter 12- bis 19-Jährigen zur Nutzung kultureller Bildungsangebote an digitalen Kulturorten. https://www.rat-kulturelle-bildung.de/fileadmin/user_upload/pdf/Studie_YouTube_Webversion_final.pdf [abgerufen am 13.08.2021]

Thielsch, M. T. & Hirschfeld, G. (2018). Evaluation von Online-Inhalten mit dem Web-CLIC Fragebogen. In: Dachselt, R. & Weber, G. (Hrsg.), Mensch und Computer 2018 – Tagungsband. Bonn: Gesellschaft für Informatik e.V. DOI: 10.18420/muc2018-mci-0338

Felix Pawlak[1]
Katharina Groß[1]

[1]Universität zu Köln

Experimentierrollen – Eine sinnvolle Aufgabenverteilung für alle?!

Einleitung

Die Schüler:innen treffen beim Experimentieren im (inklusiven) Chemieunterricht gleichzeitig auf komplexe und unterschiedliche Anforderungen sowohl im organisatorischen als auch im fach-inhaltlichen Bereich (vgl. u. a. Adesokan, 2015; Menthe & Sanders, 2016; Menthe & Hoffmann, 2015; Unfallkasse NRW, 2018; Schmitt-Sody, Urbanger & Kometz, 2015; Filusch, 2017; Pawlak & Groß, 2021c; Reiners & Adesokan, 2017). Zunächst müssen sich die Schüler:innen die Materialien und Geräte beschaffen sowie auf einen korrekten Versuchsaufbau achten. In dem darauffolgenden Schritt ist das Experiment sicherheitsgerecht durchzuführen. Schließlich muss der Versuchsaufbau nach Beendigung des Experiments wieder abgebaut und die Chemikalien müssen angemessen entsorgt werden. Gleichzeitig ist der gesamte Experimentiervorgang zu protokollieren, um das Experiment am Ende fachlich angemessen auswerten zu können. Dabei werden die Schüler:innen nicht nur im psychomotorischen und im kognitiven Bereich gefordert, sondern sie müssen ebenso in Kleingruppen kooperativ zusammenarbeiten können (affektiver Bereich). Um die Schüler*innen bei diesen (nahezu) gleichzeitig stattfindenden, komplexen Anforderungen zu unterstützen und damit dem Schülerexperiment eine organisatorische Struktur für die Schülerzusammenarbeit zu geben, werden im Chemieunterricht von Lehrer:innen häufig Experimentierrollen für eine klare Aufgabenverteilung eingesetzt.

Experimentierrollen verteilen die Tätigkeiten der Schüler:innen innerhalb einer Experimentiergruppe in z. B. ein:e Protokollant:in, eine:n Regel- und Zeitwächter:in und in eine:n Sicherheitsbeauftragte:n und dienen der gegenseitigen Unterstützung sowohl beim Versuchsaufbau als auch bei der Durchführung und Auswertung der Experimente (Bader et al., 2018, S. 487–488; Wambach & Wambach-Laicher, 2018, S. 383). Auf diese Weise lernen die Schüler:innen auch, im Team zu arbeiten und in der Folge aufeinander Rücksicht zu nehmen (Klinger, 2000), das darüber hinaus dazu beiträgt, dass die Schüler:innen Verantwortung für das selbständige und sichere experimentelle Arbeiten übernehmen (Pawlak & Groß, 2019). In stark heterogenen und inklusiven Lerngruppen können die Experimentierrollen genutzt werden, um besondere, individuelle Voraussetzungen der Schüler:innen angemessen zu berücksichtigen, z. B. wenn Schüler:innen auf Grund ihrer Einschränkungen Schwierigkeiten in der Durchführung des Experiments haben. Mit Blick auf den Einsatz der Experimentierrollen im (inklusiven) Chemieunterricht stellt sich jedoch die Frage, inwiefern diese tatsächlich den vermeintlichen Potentialen gerecht werden können? Und damit geht die Frage einher: Wie werden die Experimentierrollen als chemiespezifische Classroom-Management-Maßnahme überhaupt im inklusiven Chemieunterricht eingesetzt?

Methodik

Zur Untersuchung des effektiven und lernförderlichen Einsatzes des Classroom-Managements und spezifisch der Classroom-Management-Maßnahme „Experimentierrollen“ ist demnach eine tiefergehende Analyse notwendig. Diese Analyse zielt darauf ab, Aussagen über die

konkrete, d. h. unterrichtspraktische und lernförderliche Umsetzung im inklusiven Chemieunterrichts zu treffen (Riegert & Musenberg, 2015) und damit Kriterien für deren effizienten und sinnvollen Einsatz abzuleiten. Hierfür werden Ergebnisse aus der Hauptuntersuchung (2021a; 2021b) mit Fokus auf den Einsatz der Experimentierrollen vorgestellt, die den folgenden zwei Untersuchungsfragen nachgeht:

> I. Inwiefern werden die Experimentierrollen im inklusiven Chemieunterricht für das Gemeinsame Experimentieren eingesetzt?
> II. Inwiefern tragen die Experimentierrollen zur lernförderlichen Gestaltung des Gemeinsamen Experimentierens bei?

In der Untersuchung wird zum einen der Einsatz und die Umsetzung des Classroom-Managements und der Experimentierrollen in der Praxis des inklusiven Chemieunterrichts teilnehmend beobachtet ($N_{\text{Unterrichtsstunden}} = 47$) untersucht (Pawlak & Groß, 2021b), um das komplexe Wirkungsgeflecht des Unterrichts und der jeweiligen Unterrichtssituation zu berücksichtigen. Zum anderen wird anhand einer Expert:innenbefragung mit Chemie-Fachseminarleiter:innen ($N = 10$) geklärt, wie der Einsatz des Classroom-Managements bzw. konkret der Experimentierrollen für das Gemeinsame Experimentieren angemessen erfolgen kann (Pawlak & Groß, 2021a).
Das so gewonnene Datenmaterial wird mit Hilfe der qualitativen Inhaltsanalyse (Mayring, 2015) ausgewertet, in dem es im ersten Auswertungsschritt nach den übergeordneten Classroom-Management-Strategien inhaltlich strukturiert, d. h. deduktiv zugeordnet wird. Im zweiten Auswertungsschritt werden unter Berücksichtigung möglicher Herausforderungen die Kriterien zum lernförderlichen und sicheren Einsatz der Experimentierrollen herausgearbeitet. Zur Beantwortung der Untersuchungsfragen werden die Ergebnisse der beiden Teilstudien zusammenfassend dargestellt und diskutiert.

Ergebnisse und Diskussion

Im Zuge der Unterrichtsanalyse zeigen die Ergebnisse aus der teilnehmenden Beobachtung im Hinblick auf die erste Untersuchungsfrage, dass die Experimentierrollen als Classroom-Management-Maßnahme (M) grundsätzlich in der Praxis des inklusiven Chemieunterrichts eingesetzt werden (M: Aufgabenverteilung durch Experimentierrollen: Zeitwächter, Material, Experimentator, Sicherheitsbeauftragter). Jedoch zeigen sich beim Einsatz der Experimentierrollen durchaus Herausforderungen, da die Experimentierrollen teilweise nur kurz erwähnt werden und keine klare Einführung der jeweiligen Rollen durch die Lehrer:innen erfolgt, sodass den Schüler*innen ihre jeweilige Aufgabe im Experimentierprozess nicht präsent ist. Dabei wird deutlich, dass es einer konsequenten Umsetzungsphase bedarf, in der die Schüler*innen immer wieder an die Einhaltung erinnert werden, damit die Experimentierrollen zielführend und nachhaltig genutzt werden können.
Die Ergebnisse der Interviewstudie mit den Fachseminarleiter*innen zeigen weitere Herausforderungen aus der Unterrichtspraxis auf: *„Und das ist oft, dann ist der Aufwand zu hoch und die Rollen sind leer.“* [E9]; *„Nur es ist immer nach Gruppengröße und je nach Experiment häufig sehr schwierig das richtige Maß zu finden [...]. Und dann sitzen eben drei Schüler rum, während einer die Rolle des Experimentators hat und die anderen sitzen dann da und dürfen nicht. Das ist dann schade. [...] Ich will das nicht. Ich halte es trotzdem für sehr wichtig, dass es gemacht wird, weil es eben klare Strukturen gibt.“* [E3]. In diesem Sinne sollte der Einsatz der Experimentierrollen durch die Lehrer:innen gut abgewägt werden,

sodass diese zielführend, d. h. unter Berücksichtigung des Aufwandes und Nutzens erfolgt. Grundsätzlich heben die Fachseminarleiter*innen jedoch die Bedeutung und Sinnhaftigkeit der Experimentierrollen hervor: *„Mit den Experimentierrollen habe ich gute Erfahrungen gemacht [...].“* [E5]; *„[...] und wenn dann auch noch klare Rollenzuordnung da sind, dann erleichtert es das Experimentieren sehr.“* [E3]. Ein besonderes Augenmerk legen die Fachseminarleiter*innen auf den an die individuellen Schülervoraussetzungen angepassten Einsatz der Experimentierrollen: „*Für stark heterogene Lerngruppen, wenn sie in Richtung Inklusion gehen, ist es natürlich ganz wichtig. [...] Da sind natürlich so Gruppenkarten ganz gut, um gegebenenfalls mit Kindern, die vielleicht noch nicht mit dem Bunsenbrenner umgehen sollen, dann sind sie der Protokollant, um das zu machen.“* [E5]; *„Ist vielleicht dahingehend sinnvoll, alle einzubinden und dann entsprechend ihrer Fähigkeiten einzusetzen. [...] Nicht jeder ist in der Lage, immer alles von dem zu machen. [...] Wenn Sie jetzt von sehr stark heterogenen Lerngruppen ausgehen, dann ist es sicherlich so, dass einige Schwierigkeiten haben werden bei der Dokumentation von Experimenten. Und trotzdem müsste man sie auch dahinbringen, das sicherlich zu können. Ist sicherlich auch sinnvoll, weil man letztlich versteht, aus welchen Teilschritten das alles besteht.“* [E4].
Außerdem ist zu beachten, dass die jeweiligen Aufgaben bzw. Rollen unterschiedlich (un-) beliebt sind, sodass die Aufgaben aufgeteilt und die Experimentierrollen abgewechselt werden sollten: *„Wichtig ist für mich bei diesem Ding [...], dass es wirklich rotiert, dass nicht es plötzlich zu einer heimlichen Routine wird, dass einige immer laufen müssen und sich die Dinge holen.“* [E10].
Mit Hilfe der inhaltsanalytischen Auswertung können die herausfordernden Aspekte der Classroom-Management-Maßnahme „Experimentierrollen“ (M) zu übergeordneten Kriterien für deren sinnvollen Einsatz abgeleitet und zusammengefasst werden (s. Tab. 1).

Tab. 1: Kriterien für die klare Aufgabenverteilung durch Experimentierrollen

Aufgaben durch **Experimentierrollen** klar verteilen	Alle aktiv in das Experimentieren einbinden
	Voraussetzungen der Schüler*innen einbeziehen
	Die (Un-)Beliebtheit der Aufgaben berücksichtigen, gerecht aufteilen und wechseln
	Verantwortung den Schüler*innen übertragen

Zusammenfassend kann herausgestellt werden, dass die Experimentierrollen einen wichtigen Beitrag zur lernförderlichen Gestaltung des Gemeinsamen Experimentierens leisten können, wobei deren Einsatz von den Lehrer:innen stets didaktisch reflektiert erfolgen sollte, sodass die Potentiale zur klaren Aufgabenverteilung für die Anleitung der Teamarbeit beim Experimentieren fruchtbar werden (vgl. Wambach & Wambach-Laicher, 2018, S. 383; Bader et al., 2018, S. 487–488; Klinger, 2000).

Literatur

Adesokan, A. (2015). Zur Förderung einer naturwissenschaftlichen Grundbildung bei Schülerinnen und Schülern mit Hörbeeinträchtigung? Eine qualitative Studie als Beitrag zur Entwicklung eines inklusiven Chemieunterrichts. PhD Thesis, Universität zu Köln.

Bader, H. J., & Lühken, A. (2018). Experimente. In K. Sommer, J. Wambach-Laicher, & P. Pfeifer (Hrsg.), Konkrete Fachdidaktik Chemie: Grundlagen für das Lernen und Lehren im Chemieunterricht. Seelze: Friedrich, Aulis, 460–517.

Filusch, M. (2017). Steinsalzreinigung. Inklusion im Experimentalunterricht. Naturwissenschaften im Unterricht Chemie, 28(162), 12–15.

Klinger, U. (2000). Teamfähigkeit ist Übungssache – Kooperatives Arbeiten im Fach Naturwissenschaft. Friedrich Jahresheft: Üben & Wiederholen, XVIlI, 78-81.

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

Menthe, J., & Hoffmann, T. (2015). Inklusiver Chemieunterricht: Chance und Herausforderung. In O. Musenberg & J. Riegert (Hrsg.), Inklusiver Fachunterricht in der Sekundarstufe. Stuttgart: Verlag W. Kohlhammer, 131–141.

Menthe, J., & Sanders, R. (2016). Mit Heterogenität umgehen. Sicheres Arbeiten im inklusiven und zieldifferenzierten Chemieunterricht. Naturwissenschaften im Unterricht Chemie, 27(135), 45–46.

Pawlak, F., & Groß, K. (2019). Classroom-Management im inklusiven Chemieunterricht. In C. Maurer (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, 125–128.

Pawlak, F., & Groß, K. (2021a). Welche Classroom-Management-Strategien sind für das Gemeinsame Experimentieren bedeutsam? – Eine qualitative Interviewstudie mit Fachseminarleiter*innen. In S. Hundertmark, X. Sun, S. Abels, A. Nehring, R. Schildknecht, V. Seremet, & C. Lindmeier (Hrsg.), Naturwissenschaftsdidaktik und Inklusion. Weinheim Basel: Beltz Juventa, 249–265.

Pawlak, F. & Groß, K. (2021b). Chemiespezifisches Classroom-Management – Einblick in den inklusiven Chemieunterricht. In S. Habig (Hrsg.). Naturwissenschaftlicher Unterricht und Lehrerbildung im Umbruch?. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, 398–401.

Pawlak, F., & Groß, K. (2021c). Einsatz von Schülerexperimenten im inklusiven Chemieunterricht – Chancen und Herausforderungen aus Sicht der Chemielehrenden. CHEMKON, 28(3), 96–102. https://doi.org/10.1002/ckon.201900017

Reiners, Ch. S., & Adesokan, A. (2017). Inklusion im Chemieunterricht. In Lehrbuch. Chemie vermitteln: Fachdidaktische Grundlagen und Implikationen. Berlin Heidelberg: Springer Spektrum, 167–177.

Riegert, J., & Musenberg, O. (Hrsg.). (2015). Inklusiver Fachunterricht in der Sekundarstufe. Stuttgart: Verlag W. Kohlhammer.

Schmitt-Sody, B., Urbanger, M., & Kometz, A. (2015). Experimentieren mit Förderschülern—Eine besondere Herausforderung in einem Schülerlabor und ein kleiner Beitrag für die Inklusion. Chemie & Schule, (4), 5–10.

Unfallkasse NRW (2018). Gemeinsames Lernen im Chemieunterricht der Sekundarstufe I. Unterstützungs-materialien für den Experimentalunterricht. Düsseldorf: F & D, Lichtenfels.

Wambach, H., & Wambach-Laicher, J. (2018). Unterrichtssteuerung und Verlaufsplan. In K. Sommer, J. Wambach-Laicher, & P. Pfeifer (Hrsg.), Konkrete Fachdidaktik Chemie: Grundlagen für das Lernen und Lehren im Chemieunterricht. Seelze: Friedrich Aulis, 372–397.

Larissa Fühner[1] [1]Universität Münster
Susanne Heinicke[1]

Einfluss von Material auf Experimentierhandlungen heterogener Lerngruppen

Ziel eines inklusiven Naturwissenschaftsunterrichts ist es, eine naturwissenschaftliche Grundbildung für alle zu ermöglichen (scientific literacy for all). Dieser Zielvorstellung liegt im NinU-Unterstützungsraster der sonderpädagogische Dreischritt zugrunde, Diversität anzuerkennen, Barrieren zu erkennen und schließlich Partizipation zu ermöglichen (Ferreira González et al., 2021). Der Teilschritt der Ermöglichung von Partizipation umfasst dabei u.a. die Aspekte der Zugänglichkeit und der Aktivität, beides immer mit Blick auf ein gemeinsames Lernen. Die Zugänglichkeit und Aktivität sind insbesondere im naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess (dritte Spalte des Ninu-Unterstützungsrasters) zu finden und konkreter noch im Experimentieren zu verorten. Das Beforschen eines inklusiven naturwissenschaftlichen Unterrichts umfasst demnach u.a. einen Fokus auf gemeinsame Experimentierprozesse. Über das gemeinsame Experimentieren wird bereits auf Sichtstruktur immer mehr bekannt (Pawlak 2021, Weck 2021). Die Tiefenstruktur steht hingegen bislang noch wenig im Fokus. Grundsätzlich kann die Tiefenstruktur einer Interaktion auf verschiedene Arten rekonstruiert werden. Ein sozialwissenschaftlicher Ansatz ist das Verständnis der Tiefenstruktur als handlungsleitende Orientierungen. Diese können mithilfe der Dokumentarischen Methode analysiert werden (Bohnsack et al. 2013, S. 9). Je nach Forschungsblick in der Dokumentarischen Methode werden geteilte Orientierungen von Gruppen oder eigene Orientierungen eines Individuums rekonstruiert. Das hier skizzierte Forschungsprojekt geht mit Hilfe der Dokumentarischen Methode der folgenden Forschungsfrage nach: Welche Orientierungen unterliegen den Handlungen / leiten die Handlungen in gemeinsamen experimentellen Phasen?

Grundlagen der Dokumentarischen Methode

Die Dokumentarische Methode stammt aus dem deutschsprachigen Raum und fußt auf den methodischen Grundpfeilern der Wissenssoziologie Karl Mannheims (1980) und der Systemtheorie Luhmanns (2002). Zentraler Aspekt der Dokumentarischen Methode ist die Annahme, dass konjunktives Wissen bzw. der Habitus in konjunktiven Erfahrungsräumen emergiert (vgl. Bohnsack 2014, S. 64f.). Ziel der Analyse ist die Rekonstruktion habitualisierter Orientierungen der Akteure. Diese werden in der habitualisierten Praxis der Akteure sichtbar und sind gleichzeitig handlungsleitend, also für die Interaktion von Menschen wesentlich, den Beteiligten weder bewusst noch explizit zugänglich.
Die zu untersuchende habitualisierte Praxis ist auf einen konjunktiven Erfahrungsraum zurückzuführen. Ein konjunktiver Erfahrungsraum zeichnet sich konkret durch das unmittelbare gegenseitige Verstehen der Beteiligten aus (Bohnsack 2014, S .60ff). Es entsteht ein Raum sozial geteilter Praxen. Ein Erfahrungsraum ist charakterisiert durch eine notorische Diskrepanz von Habitus und Norm bzw. das Spannungsverhältnis zwischen kommunikativem und konjunktivem Wissen bzw. propositionaler und performativer Logik (Bohnsack 2017, S. 106).

Need for Adaption

Die Dokumentarische Methode ist im Bereich gruppenspezifischer Forschungen etabliert und somit ursprünglich für die Analyse von Gruppendiskussionen eingesetzt. In den letzten Jahren wurde die Methode für Interaktionen in organisationalen Zusammenhängen wie z.B. Schule weiterentwickelt (vgl. z.B. Bohnsack 2020). Dabei ist außerdem das Spannungsfeld einer deskriptiven dokumentarischen Methode und einer präskriptiven Fachdidaktik zu berücksichtigen. Zusammengefasst bringt die Forschungssituation Schule gewisse Charakteristika und Herausforderungen für die Betrachtung mit sich:

1. Besonderheiten des Erfahrungsraums Schule und Unterricht
2. Bewusstmachen der eigenen fachspezifischen Standortgebundenheit
3. Sprachliche Bezugnahme in naturwissenschaftlichen Unterrichtsinteraktionen
4. Fachdidaktische Erweiterung/ Ausschärfung des Orientierungsbegriffs

Besonderheiten Erfahrungsraum Schule und Unterricht

Der Erfahrungsraum Schule und Unterricht charakterisiert sich über spezielle Eigenschaften. Schule und Unterricht unterliegen einem hohen Grad an Normativität und weisen Autoritätsabhängigkeiten und Hierarchien eingebettet in einen Raum der Bewertung auf. Das Zusammenkommen der einzelnen Akteure findet (meist) nicht freiwillig statt. All das hat Einfluss auf die gemeinsame soziale Praxis in Schule und ist nicht unmittelbar mit dem ursprünglichen Begriff der „Gruppe“ in der Dokumentarischen Methode übereinzubringen.
Wiederum mit dem Erfahrungsraum Schule verschachtelt ist der Fachhabitus der Physik bzw. des Physikunterrichts, der u.a. am speziellen Ambiente des Physikraums deutlich wird. Zutritt zu den Fachräumen haben bspw. nur Fachlehrkräfte. Außerdem verfügen die Räume häufig über feste Tische oder gar Hörsaalgestühl. Auch fachspezifischen Materialien wie bspw. unbekannte elektrische Bauteile tragen zu diesem speziellen Ambiente bei.
Unsere Arbeit der Adaption beschäftigt sich damit, wie wir uns diese uns so vertrauten Besonderheiten möglichst bewusst machen?

Bewusstmachen der eigenen Standortgebundenheit durch digitales Abzeichnen

Insgesamt ist es nicht nur aus Perspektive der Fachdidaktik notwendig sich der Besonderheiten des Erfahrungsraums Schule und Unterricht bewusst zu werden. Denn alle Forschenden bringen ihren eigenen Erfahrungsraum Schule / Unterricht / Physikunterricht in die Interpretation mit ein und nehmen die videografierte Unterrichtsinteraktion vor ihrem persönlichen Erfahrungsraum wahr. In der Dokumentarischen Methode spricht man in diesem Fall von der sogenannten Standortgebundenheit (Bohnsack 2014, S .191ff.). Die Standortgebundenheit beschreibt die Brille, durch die man die Unterrichtsinteraktion anschaut, bzw. erlebt. Die eigene Brille formt sich dabei aus denen eignen persönlichen Erfahrungen, die man im Kontext von Schule und Unterricht gesammelt hat. Um sich von dieser Standortgebundenheit möglichst frei-, bzw. sich dieser bewusst zu machen, ist der Dokumentarischen Methode u.a. die Arbeit in Interpretationsgruppen inhärent. Forschende unterschiedlicher Disziplinen sind angeregt gemeinsam zu interpretieren. Der gemeinsame Austausch von Nicht-Didakikern, fachfremden Didaktikern und fachspezifischen Didaktikern zeigt sich als besonders wertvoll in Bezug auf (un)bewusste fachdidaktische Erwartungshaltungen gegenüber der Unterrichtssituation. Zum anderen ist im Interpretationsprozess ein kontrastives Vorgehen eingelassen. Das bedeutet, dass man sich die einzelnen Interaktionen im Vergleich anschaut und über den Kontrast das Besondere der einzelnen Fälle erst herausarbeiten kann (Asbrand und Martens 2018, S.32).

Das Loslösen von der eigenen Standortgebundenheit ist insbesondere für Neulinge der Methode schwierig umzusetzen. Die Erfahrung hat gezeigt, dass als konkretes Hilfsmittel zum Bewusstwerden der eigenen Standortgebundenheit das eigenständige Überführung von Fotogrammen in digitale Zeichnungen zu empfehlen ist. Erst hierbei wird deutlich, welche Besonderheiten bspw. der Klassenraum und das Inventar aufweisen (elektrische Anschlüsse an den Tischen, Drehstühle, Vitrinen im Hintergrund) und welcher Vielfalt und hohen Dichte das Experimentiermaterial unterliegt (die Tischplatte ist fast nicht mehr zu sehen). Diese Überführung kann dabei als konkreter erster Interpretationsschritt verstanden und im methodischen Vorgehen in der formulierenden Interpretation verortet werden. Grund dafür ist, dass beim Zeichnen bereits eine erste Fokussierung stattfindet und eine Auswahl der Detailliertheit getroffen wird.

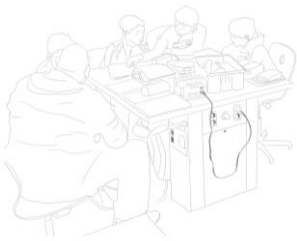


Abbildung 1 und 2: Ursprüngliches Fotogramm (links), Zeichnung des Fotogramms (rechts)

Sprachliche Bezugnahme in naturwissenschaftlichen Unterrichtsinteraktionen

Im Naturwissenschaftsunterricht kommen Materialien zum Einsatz die sich von den verwendeten in anderen Fächern deutlich unterscheiden. Das hat Einfluss auf das Sprachhandeln, weil sich zum einen Personen alleinig durch das nonverbale Handeln mit Gegenständen ausdrücken können und zum anderen die Verwendung der Materialien sprachergänzend eingesetzt werden („Dann nimm das da -“). Das bedeutet für die fachdidaktische Adaption der Dokumentarischen Methode, dass vor allem in Unterrichtssituationen eine videographische Datenbasis unumgänglich ist, weil sonst das Sprachhandeln (im verbalen und nonverbalen) gar nicht vollständig erfasst wird.

Fachdidaktische Erweiterung des Orientierungsbegriffs und bisherige Forschungsergebnisse

Um der dem Unterricht inhärenten Komplexität der Tiefenstruktur zu begegnen, ist es bei einer fachdidaktischen Anwendung der Dokumentarischen Methode wichtig zwischen Orientierungen allgemeiner Art und Orientierungen fachspezifischer Art zu unterscheiden. Dabei beziehen sich Orientierungen allgemeiner Art bspw. auf Orientierungen bezüglich der Aufgabenerledigung oder allgemein zur Gruppenarbeit. Orientierungen fachspezifischer Art grenzen sich davon ab. Diese beziehen sich in einer experimentierbezogenen Gruppenarbeitsphase bspw. auf das konkrete Handeln mit experimentellen Materialien. Die Analysen zeigen, dass in Handlungen im Physikunterricht meist fachspezifischen Orientierungen meist von allgemeinen Orientierungen überlagert wurden. Fachspezifische Orientierungen waren häufig nicht so schnell greifbar und eindeutig zu rekonstruieren, wie es bei allgemeinen Orientierungen der Fall war. Ein möglicher Grund dafür könnte sein, dass für

das Handeln in der Unterrichtssituation dauerhaft Orientierungen allgemeiner Art relevant sind, während fachspezifische Orientierungen nur punktuell an Relevanz gewinnen. Bezogen auf das gemeinsame Experimentieren bedeutet es, dass für das Arbeiten in einer Gruppe dauerhaft mein Erfahrungsraum „Gruppenarbeit/ gemeinsames Arbeiten“ relevant ist, während Orientierungen bzgl. des Handelns mit fachphysikalischen Gegenständen nur in der konkreteren Experimentierphase nicht aber in der Protokollierphase von wesentlicher Bedeutung sind. Situationen, in denen sich fachspezifische Orientierungen zeigen sind also meist einfach kürzer.

Die Zweiteilung der Orientierungen schlägt sich in den bisherigen Ergebnissen wieder. In der analysierten gemeinsamen Experimentiersituationen werden sowohl Orientierungen auf fachlicher als auch auf der sozialen Ebene sichtbar.

Eine mehrdimensionale Systematik des wissenschaftlichen Erkenntnisprozesses in Bezug auf fachspezifische Orientierungen kann in die Ausprägungen/Dimensionen

- "Wir und die Naturwissenschaft" (nature of science),
- "Wir und das naturwissenschaftliche Phänomen" (nature of nature) und
- "Wir und das naturwissenschaftliche Handeln" (nature of scientific methods)

unterteilt werden.

Literatur

Asbrand, B., Martens, M. (2018). Dokumentarische Unterrichtsforschung. Wiesbaden: Springer VS.

Bohnsack, R. (2014). Rekonstruktive Sozialforschung. Einführung in qualitative Methoden. 9. überarb. und erweiterte Aufl. Opladen: Barbara Budrich.

Bohnsack, R. (2017). Praxeologische Wissenssoziologie. Opladen/Toronto: Barbara Budrich/utb

Bohnsack, R. (2020). Professionalisierung in praxeologischer Perspektive. Zur Eigenlogik der Praxis in Lehramt, Sozialer Arbeit und Frühpädagogik. Opladen/Toronto: Ver- lag Barbara Budrich/utb

Bohnsack, R., Nentwig-Gesemann, I., & Nohl, A.-M. (2013). Die dokumentarische Methode und ihre Forschungspraxis: Grundlagen qualitativer Sozialforschung. Berlin Heidelberg New York: Springer-Verlag

Ferreira González, L.; Fühner, L.; Sührig, L.; Weck, H.; Weirauch, K.; Abels, S. (2021). Ein Unterstützungsraster zur Planung und Reflexion inklusiven naturwissenschaftlichen Unterrichts. In: Sonderpädagogische Förderung heute

Mannheim, K. (1980). Strukturen des Denkens. Frankfurt am Main: Suhrkamp

Luhmann, N. (2002). Das Erziehungssystem der Gesellschaft. Frankfurt am Main: Suhrkamp

Pawlak, F. (2021). Experimentierrollen – Eine sinnvolle Aufgabenverteilung für alle?! In S. Habig (Hrsg.), Unsicherheit als Element von naturwissenschaftlichen Bildungsprozessen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung 2021, Universität Duisburg-Essen

Weck, H. (2021). Teilhabechancen für alle Lernende mit Assistiven Technologien erhöhen. In S. Habig (Hrsg.), Unsicherheit als Element von naturwissenschaftlichen Bildungsprozessen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung 2021, Universität Duisburg-Essen

Markus Sebastian Feser[1]
Inka Haak[2]
Thorid Rabe[2]

[1]Universität Hamburg
[2]MLU Halle-Wittenberg

Zugehörigkeitsgefühl Physikstudierender in der Studieneingangsphase

Die Studieneingangsphase stellt für viele Naturwissenschaftsstudierende einen herausfordernden Übergang im Bildungsverlauf dar. Um Studienerfolg bzw. -abbruch in den Naturwissenschaften zu erklären, wurden bislang überwiegend kognitions- und motivationsbezogene Personenmerkmale von Studienanfänger*innen untersucht (für eine Übersicht vgl. Haak, 2020). Aktuelle Studien weisen allerdings darauf hin, dass der Bildungserfolg von Naturwissenschaftsstudierenden auch durch zwei verschiedene Zugehörigkeitsgefühle bedingt zu sein scheint: ihrem *University Belonging* und ihrem *Sense of Belonging to Science* (z. B. Gillen-O'Neel, 2021; Lytle & Shin, 2020; Rattan et al., 2018; Strayhorn, 2006).
University Belonging lässt sich nach einer weit verbreiteten Definition von Strayhorn (2019) definieren als „students' perceived social support on campus, a feeling or sensation of connectedness, the experience of mattering or feeling cared about, accepted, respected, valued by, and important to the campus community or others on campus" (S. 4). Das mehrdimensionale Konstrukt *Sense of Belonging to Science* hingegen beschreibt – verkürzt formuliert – das Ausmaß, in dem eine Person Zugehörigkeit gegenüber der breiten Gruppe von Menschen empfindet, die sich intensiv (z. B. wissenschaftlich) mit Naturwissenschaften beschäftigen (für eine detaillierte Darstellung siehe Feser, 2020). Beide Zugehörigkeitsgefühle unterscheiden sich also im Wesentlichen darin, auf welches soziale Umfeld sie sich beziehen („campus community" vs. „natural sciences community"). Für Studierende in den Naturwissenschaften sind diese beiden sozialen Umgebungen allerdings nicht disjunkt. Vielmehr überlappen sie sich aufgrund der Diversität an Aktivitäten im Studium (z. B. Besuch von Fachvorlesungen oder bei Laborpraktika). Beide Konstrukte – *University Belonging* und *Sense of Belonging to Science* – weisen daher auf theoretischer Ebene eine gewisse Nähe zueinander auf, sind aber dennoch voneinander unterscheidbar, weswegen es sinnvoll ist, beide Konstrukte zu untersuchen und – entsprechend des eigenen Forschungsinteresses – ggf. zu relationieren.
Obwohl das *University Belonging* bzw. der *Sense of Belonging to Science* von Naturwissenschaftsstudierenden in jüngster Zeit verstärkt in den Fokus naturwissenschaftsdidaktischer Hochschulforschung gerückt ist, bleiben insbesondere die folgenden drei Desiderate bis dato noch weitgehend unbearbeitet (vgl. Feser, 2021): Bisherige Studien zum *University Belonging* bzw. *Sense of Belonging to Science* von Naturwissenschaftsstudierenden...

- ... wurden fast ausschließlich im angloamerikanischen Raum durchgeführt. Untersuchungen, die das deutschsprachige Hochschulsystem in den Blick nehmen, fehlen bislang.
- ... beziehen sich meist auf Naturwissenschaften insgesamt, nicht jedoch auf einzelne naturwissenschaftliche Disziplinen wie beispielsweise Physik.
- ... unterscheiden bislang kaum zwischen Studierenden unterschiedlicher Studiengänge. Insbesondere mangelt es bislang an Untersuchungen zu Lehramtsstudierenden.

Diesen Desideraten möchten wir uns in einer quantitativen Studierendenbefragung zur Eingangsphase im Physikstudium widmen, die möglichst viele Hochschulstandorte in Deutschland umfassen soll. In Vorbereitung auf diese Studie haben wir im Wintersemester 2020/21 an den Universitäten Hamburg und Halle-Wittenberg eine Pilotstudie durchgeführt, die (unter anderem) der Klärung folgender Forschungsfragen diente:

1. Inwieweit lässt sich die Qualität bereits validierter Skalen/Instrumente zur Erfassung von (a) *Sense of Belonging to Science* (spezifiziert auf Physik), sowie (b) *University Belonging* und weiterer (ausgewählter) Konstrukte im Rahmen einer Pilotbefragung von Physikstudierenden des ersten Fachsemesters (weiter) absichern?
2. Welche Arbeitshypothesen bzgl. korrelativer Zusammenhänge lassen sich für die geplante Studierendenbefragung auf Grundlage einer explorativen Datenanalyse ableiten?

In Folgenden geben wir einen zusammenfassenden Überblick über das Design und die Durchführung unserer Pilotstudie und berichten ausgewählte Ergebnisse.

Design und methodisches Vorgehen

In einem ersten Schritt haben wir aus der bisherigen Forschungsliteratur für unsere (Pilot-) Studie geeignete und bereits validierte Rating-Skalen-Instrumente ausgewählt. Diese Instrumente haben wir – sofern notwendig – in einem diskursiven Vorgehen minimalinvasiv auf das Physikstudium adaptiert (z. B. indem wir in einem Item das Wort „Studium" durch „Physikstudium" ersetzt haben) und mit Hilfe von N = 4 Physikstudierenden präpilotiert. Neben weiteren Instrumenten haben wir dabei insbesondere auf die Skala „Gefühl der Zugehörigkeit" von Baumert et al. (2009) zurückgegriffen, um das *University Belonging* von Studierenden erfassen zu können, sowie die Skala von Feser (2020) zum *Sense of Belonging to Science*, die wir auf das Fach Physik spezifiziert haben.

Den so entwickelten Fragebogen (Σ = 164 Items; Bearbeitungsdauer ca. 20 min) haben wir im Februar 2021 Physikstudierenden des ersten Semesters an den Universitäten Hamburg und Halle-Wittenberg im Rahmen einer freiwilligen Onlinebefragung vorgelegt. Die Einladung der Studierenden erfolgte mit Hilfe der Dozierenden der entsprechenden Erstsemesterveranstaltungen. Um die Teilnahmebereitschaft zu erhöhen, wurden an der Unversität Halle-Wittenberg zudem Incentives in Form eines Gewinnspiels eingesetzt.

Insgesamt haben (lediglich) N = 69 Studierende unseren Fragebogen vollständig ausgefüllt. Deshalb haben wir unsere Datenanalyse auf eine klassische Prüfung der Skalenqualitäten beschränkt, insbesondere auf die Bestimmtung der internen Konsistenz der eingesetzten Skalen, sowie Trennschärfeanalysen. Zudem haben wir mit den Skalen, die sich als tragfähig erwiesen haben, (unter anderem) non-parametrische Korrelationsanalysen durchgeführt, um möglichst konkrete Hypothesen für unsere geplante Studierendenbefragung zu gewinnen.

Ausgewählte Ergebnisse

Stichprobe

Insgesamt haben N = 69 Studierende unseren Fragebogen vollständig ausgefüllt. Die Teilnehmenden waren zum Erhebungszeitpunkt im Durchschnitt ca. 20 Jahre alt (M = 20.13; SD = 2.65), fühlen sich mehrheitlich dem männlichen Geschlecht zugehörig (56.5%) und haben in ihrem letzten Schulzeugnis in Physik im Durchschnitt die Note „sehr gut" erhalten (M = 1.43; SD = 0.68). Zudem verteilen sich die Teilnehmenden auf verschiedene Physikstudiengänge (Bachelor-Physik = 43.5 %; Lehramt-Physik = 29.0%; Weitere = 27.5 %), sowie gleichmäßig auf die beiden Hochschulstandorte, an denen wir unseren Fragebogen eingesetzt haben (Hamburg = 49.3 %; Halle-Wittenberg = 50.7 %).

Adaptierte Instrumente (Auswahl)

Tabelle 1 fasst zentrale Merkmale der wichtigsten Skalen, die wir in unsere Pilotbefragung eingesetzt haben, zusammen. Hinsichtlich ihrer Skalenqualität erwiesen sich diese Instrumente als tragfähig. Sie zeigten im Rahmen unserer Pilotstudie eine akzeptable bis gute interne Konsistenz (Kuckartz et al., 2013, S. 247). Ferner ist die Trennschärfe der einzelnen Items der jeweiligen Skalen als moderat bis hoch einzuschätzen (Döring & Bortz, 2016, S. 478).

Tabelle 1: Eingesetzte Rating-Skalen-Instrumente (Auswahl)

Name	Quelle	Items	α	Trennschärfe
University Belonging	Baumert et al., 2009	6	.85	$.49 \leq r_{it} \leq .73$
Sense of Belonging to Science[1] (spezifiziert auf Physik)	Feser, 2020	21(5)	.84	$.53 \leq r_{it} \leq .78$
Studiumsabbruch- & -wechsel-Intention	Westermann et al., 1996; Klingsieck & Marker, 2019	4	.82	$.57 \leq r_{it} \leq .78$
Wahrgenommene Qualität der Physiklehre	Trapmann, 2008	6	.75	$.34 \leq r_{it} \leq .62$
Meistern sozialer Anforderungen im Physikstudium	Bosse et al., 2019	5	.85	$.50 \leq r_{it} \leq .76$

[1] Die 21 Items verteilen sich auf fünf Subskalen mit je 4-5 Items, aus denen durch (erneute) arithmetische Mittelung eine Kompositskala gebildet wird (vgl. Feser, 2020).

Korrelative Zusammenhänge

Im Rahmen unserer explorativen Datenanalye zeigte sich, dass *University Belonging* und *Sense of Belonging to Science* auf moderatem Niveau miteinander korreliert sind ($\tau_{Kendall} = .37$, $p \leq .01$). Um Scheinkorrelationen auszuschließen, haben wir daher bestimmt, inwieweit das *University Belonging* bzw. der *Sense of Belonging to Science* der Teilnehmenden mit den weiteren in Tabelle 1 dargestellten Konstrukten unter Kontrolle des jeweils anderen Zugehörigkeitsgefühls korreliert (partieller Rangkorrelationskoeffizient nach Kendall, vgl. Gibbons & Chakraborti, 2003, S. 483ff.). Es zeigte sich, dass beide Zugehörigkeitsgefühle unterschiedlich stark mit der Studiumsabbruch- und -wechsel-Intention der Teilnehmenden korrelieren (*University Belonging:* $\tau_{Partial} = -.25$, $p \leq .01$*; Sense of Belonging to Science:* $\tau_{Partial} = -.16$, $p \leq .05$). Außerdem korrelieren sie unterschiedlich stark mit der Skala zum Meistern sozialer Anforderungen im Physikstudium (*University Belonging:* $\tau_{Partial} = .45$, $p \leq .01$*; Sense of Belonging to Science:* $\tau_{Partial} = .25$, $p \leq .01$). Hinsichtlich der wahrgenommenen Qualität der Physiklehre zeigte sich, dass diese nur mit dem *Sense of Belonging to Science* der Teilnehmenden signifikant korreliert ($\tau_{Partial} = .23$, $p \leq .01$), nicht jedoch mit deren *University Belonging* ($\tau_{Partial} = .10$, $p > .05$).

Zusammenfassung und Ausblick

Wie aus den dargestellten Ergebnissen vorgeht, erwiesen sich im Rahmen unserer Pilotstudie die von uns auf das Physikstudium adaptierten Instrumente für *Sense of Belonging to Science*, *University Belonging*, usw. als insgesamt tragfähig hinsichtlich ihrer Skalenqualität. Zudem lieferte insbesondere unsere Korrelationsanalyse eine Vielzahl an Befunden, die sich für unsere geplante Studierendenbefragung als Arbeitshypothesen bzgl. korrelativer Zusammenhänge zwischen *Sense of Belonging to Science*, *University Belonging* und weiteren (ausgewählten) Konstrukten nutzen lassen.

Die für das Sommersemester 2022 geplante Studierendenbefragung soll möglichst viele Hochschulstandorte in Deutschland umfassen. Zudem ist vorgesehen, einen besonderen Fokus auf die Untersuchung (a) möglicher Unterschiede zwischen Studierenden unterschiedlicher Physikstudiengänge zu legen, sowie (b) Besonderheiten hinsichtlich des *Sense of Belonging to Science* und dem *University Belonging* von Physikstudierenden in Folge der Rahmenbedingungen der COVID-19-Pandemie in den Blick zu nehmen.

Literatur

Baumert, J., Blum, W., Brunner, M., Dubberke, T., Jordan, A., Klusmann, U., Krauss, S., Kunter, M., Löwen, K., Neubrand, M., & Tsai, Y.-M. (2009). *Professionswissen von Lehrkräften, kognitiv aktivierender Mathematikunterricht und die Entwicklung von mathematischer Kompetenz (COACTIV): Dokumentation der Erhebungsinstrumente*. Max-Planck-Institut für Bildungsforschung.

Bosse, E., Mergner, J., Wallis, M., Jänsch, V. K., & Kunow, L. (2019). *Gelingendes Studieren in der Studieneingangsphase*. Universität Hamburg, Universitätsdruckerei.

Döring, N., & Bortz, J. (2016). *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften* (5. Aufl.). Springer.

Feser, M. S. (2020). Sense of Belonging to Science – Entwicklung eines Erhebungsinstruments für Lehramtsstudierende. *Progress in Science Education (PriSE)*, *3*(2), 10–21.

Feser, M. S. (2021). Students' and student teachers' sense of belonging to science: What do we know so far? *Journal of Baltic Science Education*, *20*(3), 340–343.

Gibbons, J. D., & Chakraborti, S. (2003). *Nonparametric statistical inference*. Marcel Dekker.

Gillen-O'Neel, C. (2021). Sense of belonging and student engagement: A daily study of first- and continuing-generation college students. *Research in Higher Education, 62*, 45–71.

Haak, I. (2020). Ein Systematisierungsversuch von Forschungsansätzen zur Studieneingangsproblematik. In: S. Habig (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Wien 2019*. (S. 385). Universität Duisburg-Essen.

Klingsieck, K. B. & Marker, R. (2019). Zweifel am Studium. Konzeptuelle Überlegungen und eine erste empirische Annäherung. *die hochschullehre*, 5, 825–838.

Kuckartz, U., Rädiker, S., Ebert, T. & Schehl, J. (2013). *Statistik. Eine Verständndliche Einführung*. VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Lytle, A., & Shin, J. E. (2020). Incremental beliefs, STEM efficacy and STEM interest among first-year undergraduate students. *Journal of Science Education and Technology, 29*, 272–281.

Rattan, A., Savani, K., Komarraju, M., Morrison, M. M., Boggs, C., & Ambady, N. (2018). Meta-lay theories of scientific potential drive underrepresented students' sense of belonging to science, technology, engineering, and mathematics (STEM). *Journal of Personality and Social Psychology*, *115*(1), 54–75.

Strayhorn, T. L. (2006). Factors influencing the academic achievement of first-generation college students. *Journal of Student Affairs Research and Practice*, *43*(4), 82–111.

Strayhorn, T. L. (2019). *College students' sense of belonging: A key to educational success for all students*. Routledge.

Trapmann, S. (2008). *Mehrdimensionale Studienerfolgsprognose: Die Bedeutung kognitiver, temperamentsbedingter und motivationaler Prädiktoren für verschiedene Kriterien des Studienerfolgs*. Logos.

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.

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

[1]Universität Duisburg-Essen

Zu Studienleistungen und Studienabbruch in Chemiestudiengängen

Theoretischer Hintergrund und Ausgangslage

Zur Erklärung des Studienabbruchs wurden verschiedene Modelle aufgestellt, um Faktoren zu benennen, die den Abbruch beeinflussen (z. B. Tinto, 1975; Thomas, 2002). Heublein et al. (2017) beschreiben Studienabbruch als einen multikausalen Prozess, der sich in drei Phasen einteilen lässt. In der Studienvorphase werden die Studienentscheidungen durch die Herkunft und die Bildungssozialisation beeinflusst, die unter anderem die fachlichen Studienvoraussetzungen (z. B. Vorwissen) berücksichtigt. Die aktuelle Studiensituation wird durch die Interaktion von internen Faktoren (Studienleistungen, -verhalten, -motivation, psychische & physische Ressourcen) und externen Faktoren (Studien- & Lebensbedingungen, Alternativen, Information) charakterisiert. Heublein et al. (2017) zählen zu den Studienleistungen mitunter die von Studierenden erworbenen Noten und Creditpoints. Wenn interne und externe Faktoren negativ miteinander interagieren oder aus dieser Interaktion nicht auflösbare Widersprüche resultieren, steigt die Wahrscheinlichkeit für den Studienabbruch. Als ausschlaggebenden Grund für den Studienabbruch und für die anhaltend hohen Studienabbruchquoten in der Fächergruppe Mathematik und Naturwissenschaften (Heublein et al., 2020) werden in den Selbstauskünften meist Leistungsprobleme genannt, die sich am häufigsten in endgültig nicht bestandenen Prüfungen und oft im Nichtausgleichen von fehlenden Vorkenntnissen äußern (Uni: 2 %; FH: 5 %; Heublein et al., 2017).

Forschungsziel

Ein Forschungsziel des Teilprojekts Chemie des vom BMBF geförderten Forschungsprojekts CASSIS (Chemie, Sozialwissenschaften und Ingenieurwissenschaften: Studienerfolg und Studienabbruch; FKZ: 01PX16019) ist die Identifikation von bedeutsamen Prädiktoren für den Studienerfolg und Studienabbruch in Chemiestudiengängen. In diesem Beitrag werden die Studienleistungen im Zusammenhang mit dem Verbleib im Studium und dem Studienabbruch fokussiert.

Instrumente

Mithilfe eines Fragebogens zum soziodemografischen Hintergrund wurden zu Beginn des ersten Fachsemesters (FS) Daten zur Bildungssozialisation der Erstsemesterstudierenden sowie die Angabe, ob die Probanden ihr Wunschfach studieren, erhoben. In schriftlichen Tests wurden die Rechenfähigkeiten (Müller et al., 2018) und das Vorwissen in Allgemeiner Chemie (Averbeck, 2020) als fachliche Studienvoraussetzungen erfasst. Zu Beginn des 2. und 3. FS wurde der zuletzt genannte Test erneut eingesetzt, um das im Studium erworbene Fachwissen zu erheben. In wiederholt stattfindenden Onlineumfragen (Mitte 1. FS, Ende 1. FS, Anfang 2. FS, Ende 2. FS, Anfang 3. FS) wurde die Abbruch- und Wechselintention erfragt (Blüthmann et al., 2011; Fellenberg & Hannover, 2006). Aus den Transcripts of

Records (ToR) konnten die Angaben zum Immatrikulationsstatus sowie die Modulabschlussnoten in Allgemeiner Chemie und Mathematik entnommen werden.

Ergebnisse

Zum Immatrikulationsstatus

Es wurden 570 Studierende akquiriert, die im Wintersemester 2018/2019 oder 2019/2020 an zwei Universitäten und zwei Fachhochschulen in Nordrhein-Westfalen ein Chemiestudium begonnen haben. Mithilfe der ToR konnte die gesamte Kohorte in „Exmatrikulierte/Fach-/Hochschulwechsler", „aktive Studierende" und „inaktive Studierende" eingeteilt werden. „Aktive Studierende" sind zum Zeitpunkt des Erhalts der ToR weiterhin eingeschrieben und erbringen mindestens solche Studienleistungen, die den Versuch zum Erwerb einer Prüfungszulassung darstellen. Eingeschriebene Studierende, die solche Leistungen seit mind. zwei Semester nicht erbringen, werden als „inaktive Studierende" bezeichnet und in den Analysen nicht berücksichtigt. Somit werden 496 Probanden analysiert, die sich aus $N_{aktiv} = 374$ aktiven Studierenden und $N_{Exmat./Wechsler} = 122$ Exmatrikulierten/Fach-/Hochschulwechslern zusammensetzen. Innerhalb der zuletzt genannten Gruppe haben die meisten Exmatrikulationen bzw. Fach-/Hochschulwechsel spätestens zum Ende des 2. FS stattgefunden (Ende 1. FS: 34.4 %, Ende 2. FS: 49.2 %).

Zur Studienvorphase und zu Studienleistungen

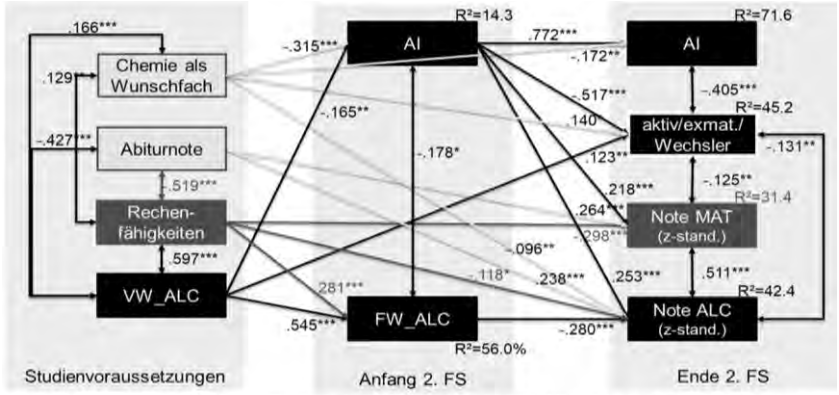
Während unter den aktiven Studierenden 93.0 % Chemie als ihr Wunschfach studieren, sind es bei den späteren Exmatrikulierten/Fach-/Hochschulwechslern lediglich 66.7 %. Nicht nur die durchschnittlich bessere Abiturnote (aktiv: 2.21, Exmat./Wechsler: 2.47), sondern auch die höheren Rechenfähigkeiten ($p < .001$, $d = 0.566$) der aktiven Studierenden deuten darauf hin, dass sie das Studium mit besseren Voraussetzungen als spätere Exmatrikulierte/Fach-/Hochschulwechsler beginnen. Hierzu trägt das Ergebnis bei, dass aktive Studierende zu Beginn des Studiums ein signifikant höheres Vorwissen in Allgemeiner Chemie als spätere Exmatrikulierte/Fach-/Hochschulwechsler zeigen ($p < .001$, $d = 0.759$). Obwohl für beide Gruppen ein signifikanter Wissenszuwachs in Allgemeiner Chemie während des 1. FS verzeichnet werden kann (aktiv: $p < .001$, $d = 0.761$, Exmat./Wechsler: $p < .001$, $d = 1.044$), haben die aktiven Studierenden weiterhin ein höheres Wissen ($p = .001$, $d = 0.645$).

Zum Zeitpunkt des Erhalts der ToR müssten die Probanden alle Module aus dem 1. und 2. FS vollständig abgeschlossen haben. Vollständig abgeschlossene Module werden mit einer Modulnote zwischen 1.0 und 4.0 gewertet. Wurden keine oder nur Teilleistungen eines Moduls erbracht, wird die Modulnote 5.0 vergeben. Zur Vergleichbarkeit der Modulnoten werden sie in Abhängigkeit von der Kohorte und vom Standort z-standardisiert. Sowohl in der Allgemeinen Chemie (ALC) als auch in der Mathematik (MAT) haben die späteren Exmatrikulierten/Fach-/Hochschulwechsler anteilig häufiger als die aktiven Studierenden die Module nicht bzw. unvollständig abgeschlossen (ALC: aktiv: 28.07 %, Exmat./Wechsler: 84.43 %; MAT: aktiv: 43.85 %, Exmat./Wechsler: 87.70 %).

Zur individuellen Abbruch- & Wechselintention sowie zur Entscheidung für oder gegen den Studienabbruch

Aktive Studierende haben während des betrachteten Erhebungszeitraums eine durchschnittlich sehr geringe Abbruch- und Wechselintention, während diejenige der späteren Exmatrikulierten/Fach-/Hochschulwechsler zu jedem Erhebungszeitpunkt signifikant höher ist. Der Zusammenhang zwischen der Entscheidung für oder gegen die

Exmatrikulation bzw. den Fach-/Hochschulwechsel zum Ende des 2. FS, der individuellen Abbruch- & Wechselintention und den Studienleistungen sowie den Studienvoraussetzungen wurde mithilfe eines Pfadmodells untersucht. Das finale in Abb. 1 dargestellte Modell hat zufriedenstellende Teststatistiken und klärt 45.2 % der Varianz der Entscheidung für oder gegen die Exmatrikulation bzw. den Fach-/Hochschulwechsel auf.



AI= Abbruchintention, MAT = Mathematik, ALC= Allgemeine Chemie, VW = Vorwissen, FW = Fachwissen; standardisierte Regressionsgewichte; *p < .05, **p < .01, ***p < .001;
χ^2 = 23.448, df = 18, p = .174, CFI = 0.996, RMSEA = 0.025, SRMR = 0.039, N = 476

Abb. 1 Pfadmodell für aktive Studierende (aktiv/exmat./Wechsler = 1) und Exmatrikulierte/Fach-/Hochschulwechsler (aktiv/exmat./Wechsler = 0)

Zum Ende des 2. FS hängt die Entscheidung für oder gegen die Exmatrikulation bzw. den Fach-/Hochschulwechsel am stärksten mit der Abbruchintention und deutlich schwächer mit den Modulabschlussnoten in ALC und MAT zusammen (r_{AI} = .405***; $r_{Note\ MAT}$ = .125**; $r_{Note\ ALC}$ = .131**). Die Exmatrikulation bzw. der Fach-/Hochschulwechsel gehen einher mit einer hohen Abbruchintention und schlechten Modulabschlussnoten. Ferner wird diese Entscheidung durch die Abbruchintention zu Beginn des 2. FS (β_{AI} = .517***), dem zu Studienbeginn vorhandenen Vorwissen in ALC (β_{VW_ALC} = .123**) sowie durch das Studieren von Chemie als Wunschfach ($\beta_{Chemie\ als\ Wunschfach}$ = .140*) vorhergesagt. Die Abiturnote und auch die Rechenfähigkeiten zu Beginn des Studiums konnten nicht als Prädiktoren für die tatsächliche Exmatrikulation bzw. den Fach-/Hochschulwechsel identifiziert werden, jedoch zeigen sie sich als prädiktiv für die Leistung in den Modulen ALC und MAT am Ende des 2. FS. Je niedriger bzw. besser die Abiturnote und je höher die Rechenfähigkeiten sind, desto bessere Modulabschlussnoten werden in MAT und ALC erzielt.

Limitation und Ausblick

In diesem Beitrag werden lediglich die Studienleistungen als einziger interner Faktor des Studienabbruchmodells von Heublein et al. (2017) berücksichtigt. Die geringe Varianzaufklärung der Abbruchintention zu Beginn des 2. FS (R^2 = 14.3 %) deutet darauf hin, dass weitere Faktoren auf die Abbruchintention und somit auf die Entscheidung für oder gegen die Exmatrikulation bzw. den Fach-/Hochschulwechsel wirken. Der Einfluss weiterer Faktoren (z. B. Studienmotivation, psych. & phys. Ressourcen) auf diese Entscheidung wird in weiteren Analysen untersucht.

Literatur

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

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

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.

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

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

Christina Lüders RWTH Aachen University
Heidrun Heinke

Studierenden-Wahrnehmung einer digitalen Studieneingangsphase

Einleitung

Eine Motivation für die Untersuchungen zur Studieneingangsphase an der RWTH Aachen ist der sich drastisch verschärfende Mangel an Lehrkräften in den MINT-Fächern. In NRW wird sich bis zum Schuljahr 2030/31 in den allgemeinbildenden Schulen der Einstellungsbedarf für die MINT-Fächer insgesamt nur zu einem Drittel mit ausgebildeten MINT-Fachlehrkräften decken lassen (vgl. Klemm 2020). Langfristig lässt sich dieser Mangel nur beheben, wenn genügend Studierende das Studium erfolgreich abschließen. Nach Klemm müssen somit zum einen mehr Lehramtsstudierende ein MINT-Fach studieren, zum anderen müssen die Studierenden aber auch „stärker dabei unterstützt werden, dieses Studium erfolgreich abzuschließen. Dazu sind bessere Studienbedingungen und eine verbesserte Beratung während des Studiums unerlässlich“ (Klemm, 2020). Ähnlich zu den MINT-Lehramtsstudiengängen gibt es auch in Mathematik und Naturwissenschaften eine hohe Abbruchquote von 43% in Bachelorstudium (vgl. Heublein 2020). In diesem Beitrag werden erste Ergebnisse zur Studierendenwahrnehmung in der pandemiebedingten digitalen Studieneingangsphase im WS 2020/21 vorgestellt. Dabei werden insbesondere die Studiengänge Lehramt Physik sowie ein neuer Studiengang Physik Plus betrachtet, in denen die Studierenden in der Studieneingangsphase jeweils eine besondere Unterstützung erfahren, um die Studienerfolgsquote zu erhöhen.

Studieneingangsphase Physik an der RWTH Aachen

An der RWTH Aachen kann das Fach Physik sowohl im klassischen sechssemestrigen Bachelorstudiengang Physik als auch in einem lehramtsbezogenen Bachelorstudiengang studiert werden. Außerdem bietet die RWTH Aachen seit dem WS 2020/21 einen neuen Reformstudiengang mit dem Namen Physik Plus an. Dieser dauert statt der üblichen sechs Semester acht Semester, wodurch besonders in der Studieneingangsphase ergänzende Veranstaltungen angeboten werden können, um den Übergang von der Schule zur Hochschule zu erleichtern. Eine Übersicht über ausgewählte Veranstaltungen im ersten Studienjahr wird in Tabelle 1 gegeben (vgl. RWTH 2016, 2017 und 2020). Die Veranstaltungen Experimentalphysik I und II besuchen alle Studierenden der drei Studiengänge gemeinsam. Für die Physik-Plus-Studierenden gibt es ein ergänzendes Tutorium. Die Physik- und Physik-Plus-Studierenden haben im ersten Semester eine Veranstaltung zu Mathematischen Methoden der Physik, welche die Lehramtsstudierenden erst im zweiten Semester besuchen. Um die mathematischen Grundlagen für die Experimentalphysik I dennoch zu erlernen, gibt es im Lehramtsstudium eine ergänzende mathematische Übung. Zusätzlich belegen die Physik-Plus-Studierenden noch eine Veranstaltung zu grundlegenden Rechentechniken für das Physikstudium. In den beiden genannten Studiengängen gibt es zudem im ersten (Lehramt) bzw. zweiten Semester noch ein einführendes Praktikum zu den Grundlagen des Experimentierens.

Tabelle 1: Darstellung ausgewählter Fächer im ersten Studienjahr der physikalischen Studiengänge an der RWTH Aachen.

	Physik	**Physik Plus**	**Lehramt Physik**

1. Semester	- Experimentalphysik I
	- Mathematische Methoden in der Physik
		- Experimentalphysik I + Tutorium
		- Mathematische Methoden der Physik + Tutorium
		- Grundlegende Rechentechniken für das Physikstudium
			- Experimentalphysik I
			- Einführung in das Lehramt Physik
			  - Mathematische Übungen
			  - Grundlagen des Experimentierens

2. Semester	- Experimentalphysik II	- Experimentalphysik II + Tutorium - Einführung in das Experimentieren	- Experimentalphysik II - Mathematische Methoden der Physik

Zunächst stellt sich die Frage, inwieweit sich die Studierenden der unterschiedlichen Studiengänge unterscheiden. Im Rahmen einer Fragebogenerhebung im WS 2020/21 wurden die Abiturergebnisse der Studierenden in Mathematik, Physik und die Abiturgesamtnote erhoben. Abbildung 1 zeigt, dass die Studierenden im Lehramt Physik und Physik Plus signifikant schlechtere Ergebnisse erzielt haben als diejenigen im Physik-Studiengang.

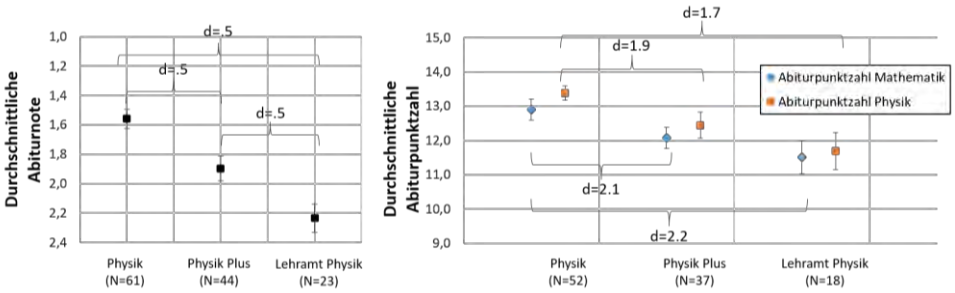


Abbildung 1: Übersicht über die durchschnittliche Abiturnote und die durchschnittliche Abiturpunktzahl in Mathematik und Physik für die Studiengänge Physik, Physik Plus und Physik Lehramt, sowie das Cohens d als Maß für die Effektstärke.

Da die Abiturnote ein Prädiktor für den Studienerfolg ist (vgl. Albrecht 2011), benötigen ausgehend von den Abiturergebnissen besonders die Studierenden in den Studiengängen Physik Plus und Lehramt Physik Unterstützungsmöglichkeiten.

Interviewerhebung zur Studieneingangsphase

Um die Studierendenwahrnehmung nach dem ersten Semester besser erfassen zu können, wurden neben der beschriebenen Fragebogenerhebung Interviews mit den Studierenden durchgeführt. Die Interviewmethode lässt sich als leitfadengestütztes Gruppengespräch beschreiben. Die Studierenden erhielten in Kleingruppen einen Leitfaden und wechselten nach jeder Frage die Rolle des Interviewers. Ein zusätzlicher Interviewer war nicht anwesend. Der Leitfaden lässt sich angelehnt an Haak (2017) in folgende vier Bereiche unterteilen:

- Persönliche Daten zur bisherigen schulischen und beruflichen Laufbahn
- Studienwahlmotive und Erwartungen
- Fragen zu Veranstaltungen im Studium
- Persönliche allgemeine Studiensituation: Probleme und Schwierigkeiten, Einfluss durch die Pandemie, weiterer Studienverlauf und eventueller Studienabbruch

Interviews wurden mit Studierenden des Lehramts Physik (N=17) im Februar 2021 und mit Physik-Plus-Studierenden (N=35) im April 2021 durchgeführt. Beide Gruppen machen einen Großteil der aktiv Studierenden in den jeweiligen Studiengängen aus.

Vorstellung ausgewählter Ergebnisse für Studierende des Lehramts Physik

Im Folgenden werden vorläufige ausgewählte Ergebnisse für die Studierenden des Lehramts Physik vorgestellt. Hierbei liegt der Fokus auf den von den Studierenden wahrgenommenen Unterstützungsmöglichkeiten sowie dem Einfluss durch die Pandemie, welche ein digitales erstes Semester bedingte. Die wahrgenommenen Unterstützungsmöglichkeiten lassen sich zwischen fachlichen und überfachlichen Unterstützungsmöglichkeiten unterscheiden. Zu den fachlichen Unterstützungsmöglichkeiten zählen z.B. Tutor:innen der einzelnen Fächer, Kommiliton:innen, diverse Medien oder auch Personen im persönlichen Umfeld, welche das nötige Fachwissen besitzen. Als überfachliche Unterstützungsmöglichkeiten nannten die Studierenden größere Lerngruppen z.B. über WhatsApp sowie Angebote der Fachschaft oder des von der RWTH organisierten Onboarding-Programms. Diese wahrgenommenen Unterstützungsmöglichkeiten gleichen zum großen Teil dem Angebot der RWTH.

Die Befragung im WS 2020/21 fand vor dem Hintergrund der pandemiebedingt weitgehend digitalen Studieneingangsphase statt. Die Studierenden erklärten, dass es eine schwierige Trennung zwischen den Lebensbereichen und keinen Freizeitausgleich gab. Außerdem verspürten die Studierenden zuhause eine größere Ablenkung. Insgesamt nannten sie außerdem, dass die Situation zu Motivationslosigkeit führte und sie wenig Kontakt zu Kommiliton:innen hatten. Diese Bedingungen beeinflussen nach dem allgemeinen theoretischen Modell des Studienerfolgs direkt oder indirekt den Studienerfolg (vgl. Albrecht 2011). Dennoch schätzten die meisten der Befragten ihre Studienerfolgsaussichten durch die Pandemie subjektiv nicht schlechter ein, da oftmals auch das Abitur unter Pandemiebedingungen abgelegt wurde. Positiv nannten die Studierenden die Flexibilität, die Online-Veranstaltungen bieten.

Zusammenfassung und Ausblick

Ausgehend von den aktuellen Prognosen zum MINT-Lehrkräftemangel und den hohen Abbruchquoten in den MINT-Studiengängen in den ersten Fachsemestern erscheint es unerlässlich die Studierenden in der Studieneingangsphase besonders zu unterstützen. Die Studierenden im Lehramt Physik besuchen an der RWTH in den ersten Semestern teilweise die gleichen Veranstaltungen wie die Studierenden des Bachelor Physik und benötigen deshalb aufgrund signifikant schwächerer Abiturergebnisse eine zusätzliche Unterstützung. Für den Studiengang Physik Plus, welcher den Übergang zwischen Schule und Hochschule erleichtern soll, entscheiden sich Studierende mit im Mittel weniger guten Abiturergebnissen als im Studiengang Physik. In leitfadengestützten Gruppengesprächen lassen sich Wahrnehmungen der Studierenden zur Studieneingangsphase erfassen. Die meisten Studierenden im Lehramt Physik kennen die existierenden fachlichen und überfachlichen Unterstützungsangebote. In einem weiteren Schritt wird die Bewertung der Unterstützungsangebote durch die Studierenden des Lehramts Physik und des Studiengangs Physik Plus untersucht, um diese Angebote adressatenspezifisch weiterzuentwickeln.

Literatur

Albrecht, A. (2011). Längsschnittstudie zur Identifikation von Risikofaktoren für einen erfolgreichen Studieneinstieg in das Fach Physik. Dissertation FU Berlin, 2011.

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)

Heublein, U., Richter, J., & Schmelzer, R. (2020). Die Entwicklung der Studienabbruchquoten in Deutschland. (DZHW Brief 3|2020). Hannover: DZHW. Url: https://doi.org/10.34878/2020.03.dzhw_brief, (zuletzt aufgerufen am 31.10.2021)

Klemm, K. (2020): Lehrkräftemangel in denMINT-Fächern: Kein Ende in Sicht. Zur Bedarfs- und Angebotsentwicklung in den allgemeinbildenden Schulen der Sekundarstufen I und II am Beispiel Nordrhein-Westfalens. Gutachten im Auftrag der Telekom-Stiftung. Essen. Url: https://www.telekom-stiftung.de/sites/default/files/mint-lehrkraeftebedarf-2020-ergebnisbericht.pdf. (zuletzt aufgerufen am 31.10.2021)

RWTH Aachen University (2016): Studiengangspezifische Prüfungsordnung für den Bachelorstudiengang Physik der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen, Url: https://www.rwth-aachen.de/global/show_document.asp?id=aaaaaaaaapvzoan (zuletzt aufgerufen am 31.10.2021)

RWTH Aachen University (2017): Fachspezifische Prüfungsordnung für den Bachelorstudiengang Lehramt an Gymnasien und Gesamtschulen mit dem Unterrichtsfach Physik der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen, Url: https://www.rwth-aachen.de/global/show_document.asp?id=aaaaaaaaaveabys (zuletzt aufgerufen am 31.10.2021)

RWTH Aachen University (2020): Studiengangspezifische Prüfungsordnung für den Bachelorstudiengang Physik Plus der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen, Url: https://www.rwth-aachen.de/global/show_document.asp?id=aaaaaaaaapvzqww (zuletzt aufgerufen am 31.10.2021)

Jessica Oertel[1]
Cornelia Denz[1]

[1]Westfälische Wilhelms-Universität Münster

Die Förderung des Naturwissenschaftsverständnisses an der Schnittstelle von Physik und Religion an einem außerschulischen Lernort

Am außerschulischen Lernort, dem experiment- und forschungsbasierten Schülerlabor MEx-Lab Physik der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster werden neben vielfältigen Angeboten auch Projektkurse in Kooperation mit Münsteraner Schulen durchgeführt. Ziel ist es, Lernende durch die Kombination der Fächer Physik und Religion anhand spannender und aus dem Schulunterricht unbekannter Experimente ein angemessenes Verständnis für Nature of Science (NOS) zu fördern.

Warum ist ein Naturwissenschaftsverständnis wichtig?

Eine umfassende naturwissenschaftliche Grundbildung soll Lernenden ermöglichen, „Naturwissenschaft als einen Weg der Welterschließung“ zu erfahren und „naturwissenschaftliches Wissen sinnvoll in persönliche Entscheidungsfindung sowie den gesellschaftlichen Diskurs einzubringen“ (Kremer, 2010). Eine daraus resultierende naturwissenschaftliche Haltung befähigt sie auch dazu, Informationen mit naturwissenschaftlichem Bezug kritisch zu hinterfragen und weniger anfällig für pseudowissenschaftliche oder falsche Nachrichten zu sein. Ein angemessenes Naturwissenschaftsverständnis ist zudem für die naturwissenschaftlich geprägten großen Transformationen der Zukunft von besonderer Bedeutung für eine gesellschaftliche Teilhabe (Bromme & Kienhues, 2008; McComas & Olson, 1998).

In naturwissenschaftsdidaktischen Lernumgebungen wird in diesem Zusammenhang diskutiert, inwiefern ein angemessenes Naturwissenschaftsverständnis als Nature of Science (NOS) gefördert werden kann (Gebhard et al., 2017). Dazu gehören Aspekte der Wissenschaftsphilosophie, -geschichte und der -soziologie, die wichtige Grundlagen von NOS bilden (Billion-Kramer, 2020), sowie die Thematisierung charakteristischer Grundzüge der Erkenntnisgewinnung und die Eigenschaften naturwissenschaftlichen Wissens (Lederman, 2007).

Obwohl Einigkeit darüber herrscht, dass ein angemessenes Naturwissenschaftsverständnis für eine Partizipation an naturwissenschaftlich-gesellschaftlichen Fragen wichtig ist, belegen empirische Untersuchungen, dass Lernende bisher nicht die gewünschten Anforderungen erfüllen (Billion-Kramer, 2020).

Die Gründe dafür sind vielschichtig: Naturwissenschaft wird häufig in Lernumgebungen als „fertiger und abgeschlossener Inhalt, und nicht forschende Auseinandersetzung einer lernenden Gemeinschaft“ (Billion-Kramer, 2020) erlebt; Modelle und Erklärungen ergeben sich linear aus Experimenten (Billion-Kramer, 2020); Film und Literatur tragen mit Stereotypen dazu bei, Präkonzepte zum Naturwissenschaftsverständnis zu vertiefen (Billion-Kramer, 2020) und naturwissenschaftliche Erkenntnisse werden „unreflektiert in Unterricht […] als Autorität dargestellt“ (Billion-Kramer, 2020).

Hinsichtlich dieser Herausforderungen stellt sich für naturwissenschaftsdidaktische Kontexte die Frage, wie diese Präkonzepte aufgebrochen, Stereotype überwunden und wie Lernsituationen geschaffen werden können, die die Möglichkeit zur Reflexion über Wichtigkeit und Grenzen naturwissenschaftlichen Wissens und Handelns altersgerecht eröffnen.

Wie soll sich ein angemessenes Naturwissenschaftsverständnis entwickeln?

Aus der naturwissenschaftsdidaktischen Forschungslage ergeben sich verschiedene Ansätze, um ein angemessenes Naturwissenschaftsverständnis in Lernumgebungen zu fördern.

Beispielweise zeigen Fallstudien aus der Wissenschaftsgeschichte im Rahmen des historisch-genetischen Ansatzes auf, dass der empirische Charakter und die Vorläufigkeit von Erkenntnisses in Lernaktionen integriert werden müssen sowie die Rolle des kulturellen und gesellschaftlichen Kontextes, der naturwissenschaftliche Erkenntnisprozesse immer einrahmt (Höttecke, 2004), berücksichtig werden muss.

Ein weiterer Ansatz ist der experimentell-forschende Unterricht, der eigene Forschungsaktivitäten mit einer expliziten Reflexion von NOS-Aspekten verbindet (Khishfe & Abd-El-Khalick, 2002). Für die Förderung eines angemessenen Naturwissenschaftsverständnisses ist es in diesem Fall unabdingbar, dass NOS-Aspekte explizit thematisiert und reflektiert werden, da wissenschaftliche Erkenntnisprozesse nicht den Lernprozessen im schulischen Kontext entsprechen und somit nicht nur durch das Nachvollziehen von naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen gelernt werden, sondern anhand von NOS-Aspekten kritisch hinterfragt werden sollten (Billion-Kramer, 2020).

Der hier vorgestellte Ansatz, der im Rahmen eines Projektkurses in einem außerschulischen Lernort erprobt wurde, vereint die genannten Gelingensbedingungen, um eine aktivierende Lernumgebung zur Förderung eines angemessenen Naturwissenschaftsverständnisses zu etablieren.

Projektkurs an einem außerschulischen Lernort

Projektkurse stellen ein Instrument der Förderung individueller Kompetenzen im Lehrplan der gymnasialen Oberstufe in der schulischen Bildungsstruktur des Landes Nordrhein-Westfalen dar. Sie sind als optionale Erweiterung des Fächerspektrums in der Qualifikationsphase I der gymnasialen Oberstufe eingeführt. Eine schriftliche Projektarbeit kann als Ergebnis des Kurses in das Abitur eingebracht werden.

Der didaktische Schwerpunkt der Projektkurse liegt auf der Förderung der wissenschaftspropädeutischen Kompetenzen, sie sollen daher selbstständiges, strukturiertes und kooperatives Arbeiten sowie Darstellungskompetenzen wissenschaftlicher Erkenntnisse fördern. Dazu soll der Kurs projektorientiert angelegt sein und kann dementsprechend auch außerschulische Lernorte einbeziehen. Insbesondere die Möglichkeit, die Referenzfächer fächerübergreifend in einem Themengebiet zu integrieren und damit forschungsnahe Themenfelder in die Bildung zu integrieren, eröffnen die Möglichkeit eines forschenden, selbstverantwortlichen Lernens und stellen klare Vorteile des Projektkurses dar.

Im Rahmen des entwickelten Projektkurses Physik und Religion werden unter anderem das Verhältnis von Physik, Philosophie und Religion sowie eine experimentelle Auseinandersetzung mit dem Themenkomplex Nonlinear Science als einem im Lehrplan kaum thematisierten, aber für NOS sehr wichtigem aktuellen Forschungsgebiet der modernen Physik vertieft. Nichtlineare Phänomene wie Chaos oder Strukturbildung sind nicht in dem Maße vorhersagbar wie lineare und kausale Phänomene, die im Rahmen der klassischen Newton´schen Mechanik beschrieben werden. Mit dieser Erkenntnis resultierte ein Paradigmenwechsel in der Physik, sodass an dieser Stelle vertraute naturwissenschaftliche Konzepte umgedeutet und erweitert werden können.

Unter der Berücksichtigung der gemeinsamen Wissenschaftsgeschichte ermöglicht der Projektkurs das Verhältnis von Physik und Religion historisch und zugleich persönlich zu reflektieren. Denn häufig haben Lernende die Vorstellung, dass naturwissenschaftliche Erkenntnisprozesse als Ablösung von Glaubensvorstellungen der Religion zu verstehen sind (Rothgangel, 1999), doch diese Auffassung von Wirklichkeit widerspricht dem empirischen Charakter naturwissenschaftlicher Erkenntnisprozesse. Die Begriffe Determinismus, Kausalität, Vorhersagbarkeit und Zufall spielen bei nichtlinearen Phänomenen eine zentrale Rolle und erlauben auch im Hinblick auf die eigene Verhältnisbestimmung von Naturwissenschaft und Religion, dass philosophische und erkenntnistheoretische Fragen aufgeworfen und diskutiert werden können.
Die Beschäftigung mit einfachen, linearen und vorhersagbaren Phänomenen, wie das Experimentieren nach Schritt-für-Schritt-Anleitungen oder das lineare Ableiten von Erklärungen aus nachvollzogenen Experimentiersettings erlauben kaum die Entwicklung eines angemessenen Naturwissenschaftsverständnisses. Ein selbstbestimmtes, experimentelles Entdecken kann dagegen bereits einen Eindruck der empirischen Entwicklung von naturwissenschaftlichen Gesetzmäßigkeiten geben. Insbesondere die Beschäftigung mit nichtlinearen Phänomenen ermöglicht darüber hinaus das Aufbrechen klassischer Experimentiersettings und bietet Möglichkeiten, bisherige Präkonzepte zu reflektieren und NOS-Aspekte explizit in diesem Zusammenhang zu thematisieren.
Außerhalb des Lehrplans bietet somit der Projektkurs als Lernumgebung an einem außerschulischen Lernort fruchtbare Anknüpfungspunkte, um ein angemessenes Naturwissenschaftsverständnis durch eigene Forschungsaktivitäten in einem neuen, in staunen versetzenden Bereich der modernen Physik zu fördern.
Inwiefern dieses Format das Ziel erreichen kann, soll im Weiteren dieser Arbeit mit qualitativer Begleitforschung erhoben werden.

Literatur

Billion-Kramer, T. (2020): Nature of Science – Lernen über das Wesen der Naturwissenschaften. Wiesbaden, Springer VS, 2-32

Bromme, R. & Kienhues, D. (2008): Allgemeinbildung. In: Schneider, W. & Hasselhorn, M. [Hrsg.]. Handbuch der pädagogischen Psychologie, Hogrefe Verlag, Göttingen, 619-628

Gebhard, U., Höttecke, D. , Rehm, M. (2017): Pädagogik der Naturwissenschaften. Ein Studienbuch. Wiesbaden, Springer VS

Höttecke, D. (2004): Wissenschaftsgeschichte im naturwissenschaftlichen Unterricht. In: Hößle, C., Höttecke, D. & Kircher, E. [Hrsg.]. Lehren und Lernen über die Natur der Naturwissenschaften. Schneider Verlag, Hohengehren, 43-56

Khishfe, R. & Abd-El-Khalick (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, 551-578

Kremer, K. (2010): Die Natur der Naturwissenschaften verstehen – Untersuchungen zur Struktur und Entwicklung von Kompetenzen in der Sekundarstufe I. Universitätsbibliothek Kassel, Kassel, 6-9

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, Lawrence Erlbaum Associates, Publishers, Hillsdale, New Jersey, 831-879

McComas, W.F. & Olson, J.K. (1998): The nature of science in international science education standards documents. In: McComas, W.F. [Hrsg.]. Nature of science in science education: rationales and strategies, Kluwer Academic Publishers. New York, Boston, Dordrecht, London, Moskau, 41-52

Marianne Korner[1]
Alexander Friedrich[1]

[1]Universität Wien

Aufgabenstellungen zur Begabungsförderung im Physikunterricht

Es wird von verschiedenen Seiten immer wieder beklagt, dass Schülerinnen und Schüler in Österreich, wie im gesamten deutschen Sprachraum zu wenig Interesse und Kompetenzen im MINT-Bereich aufweisen (Commission, 2004; Prenzel, Reiss, & Hasselhorn, 2009). Damit einher geht ein Mangel nicht nur an Fachkräften, sondern auch im Spitzenbereich. Es stellt sich die Frage, wie man interessierte oder begabte Jugendliche auf ihrem Weg unterstützen kann. Eine Möglichkeit liegt in ihrer Förderung durch die Teilnahme an Wissenschaftsolympiaden. In diesem Beitrag sollen die Desiderate der Begabungsforschung mit der realen Umsetzung in sogenannten Vorbereitungskursen zur Physikolympiade, wie sie an Schulen in Österreich stattfinden, gegenübergestellt werden. In einem zweiten Teil werden Aufgabenstellungen vorgestellt, die als Element zur Steuerung von Lernprozessen in ebensolchen Kursen eingesetzt werden können.

Begaben als Prozess

Die Definition von Begabung ist, nicht nur im deutschen Sprachraum, eine uneinheitliche (Ziegler, 2018). Ebenso stehen unterschiedlichste Modelle zur Begabungsförderung zur Verfügung. Da der Fokus hier auf der Umsetzung der Begabungsförderung im Rahmen des Trainings zur Physikolympiade liegt und dabei wiederum speziell auf den dabei verwendeten Aufgabenstellungen, wird hier auf eine umfassende Diskussion der Begriffe und Modelle verzichtet, sondern lediglich die verwendeten angegeben.

Als eine der Kernaussagen der Forschung zu Hochbegabung kann wohl extrahiert werden, dass überdurchschnittliche Fähigkeiten nicht notwendiger Weise zu Leistungsexzellenz führen müssen. In einer delphischen Definition versteht man unter einem Hochbegabten eine Person, die *wahrscheinlich* einmal Leistungsexzellenz erreichen wird (Ziegler, 2018, S.17). Um diese entfalten zu können, bedarf es des Zusammenspiels von Persönlichkeitsmerkmalen und Umweltfaktoren. Eines der Modelle, die diese multifaktoriellen Wechselbeziehungen nach Ansicht der Autoren übersichtlich und stringent darstellt, ist das *Triadische Interdependenzmodell* nach Mönks (1992), *Abbildung 1*.

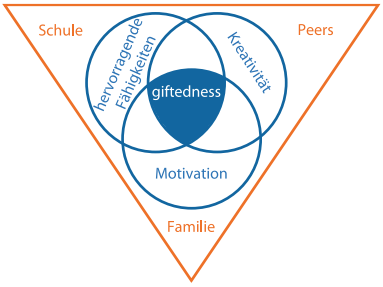


Abbildung 1: Triadisches Interdependenzmodell

Es wird also mehr als nur ein Begabungsfaktor postuliert; hervorragende Fähigkeiten müssen sich dabei nicht auf kognitive beschränken.

Begaben wird somit nicht nur seit (Roth, 1969) als Prozess gesehen, was zu einem dynamischen Begabungsbegriff führt. Lernen wird hier als Brücke zwischen dem Potenzial einer Person und ihrer Performanz gesehen (Weinert, 2000). Die Formate, die dazu geeignet sind, reichen von Enrichmentangeboten über eine Akzeleration bis hin zu Pull-out Programmen.

Physikolympiade als Format zur Begabungsförderung?

Die Physikolympiade ist, wie andere Wissenschaftsolympiaden auch, ein wettbewerbsorientiertes Format, das in Einzelarbeit durchgeführt wird. In Österreich wie in Deutschland gibt es ein vierstufiges Auswahlsystem, das die besten fünf Jugendlichen zur Teilnahme am internationalen Wettbewerb qualifiziert. Einzigartig ist in Österreich das Kurssystem an den Schulen, durch das eine kontinuierliche Betreuung über das ganze Schuljahr hinweg gegeben ist. Deklariertes Ziel der Österreichischen Physikolympiade ist es, neben einer Spitzenförderung auch eine Breitenförderung zu gewährleisten aus dem Verständnis heraus, dass eine leistungsstarke Spitze nur aus einer soliden Basis erwachsen kann. Die Kurse können als die klassische Form eines Enrichments gesehen werden, da sie zusätzlich zum Regelunterricht angeboten werden.

Aus der Begabungsforschung gibt es starke Hinweise darauf, dass Enrichmentangebote durch eine kontinuierliche Förderung über einen längeren Zeitraum organisiert werden sollen, um eine optimale Leistungsentwicklung sicherzustellen (Heller, 2009). Durch die kontinuierliche Betreuung der Schülerinnen und Schüler über das ganze Schuljahr hinweg ist genau diese Forderung erfüllt. Ebenso konstatiert (Durr, 1964), dass in einer Umgebung, in der außergewöhnliche Leistungen positiv wahrgenommen werden Streberangst und in weiterer Folge Underachievement, also eine schlechte Performanz und schlechte Schulnoten bei an sich guten Anlagen, nicht entwickelt werden. Reichle (2004) rät zu einer individualisierten Betreuung, die durch Flexibilität, Selbstbestimmung in der Bearbeitung der Aufgabenstellungen und den möglichen Lösungswegen sowie das Setzen individueller Bezugsnormen gekennzeichnet ist. Durch eine klare Trennung von Lern- und Leistungssituation, in diesem Fall von Training und Wettbewerb, kann externer Leistungsdruck minimiert werden und die Jugendlichen können sich entfalten (Prenzel et al., 2009). All diese Desiderate aus der Begabungsforschung scheinen mit der Abhaltung der Vorbereitungskurse erfüllt, weswegen dieses Format als geeignet erscheint, die Performanz der Jugendlichen zu stärken (Friedrich, 2021).

Weniger begabten Schülerinnen und Schülern stehen diese Kurse ebenso offen, womit eine breitere Interessensförderung im MINT-Bereich gegeben ist (Commission, 2004; Prenzel et al., 2009). Die selbstständige, aber dennoch professionell begleitete und in ein Gesamtkonzept integrierte Durchführung von experimentellen und theoretischen Aufgaben gewährt Freiräume, in welchen man sich ohne Leistungs- und Notendruck mit naturwissenschaftlichen Fragestellungen auseinandersetzen kann und dies in einer Selbständigkeit und Tiefe, wie es im Regelunterricht nur selten möglich ist. Die Vorbereitungskurse zu Physikolympiade stellen somit ein Soziotop dar, das individuelles Forschen sowie einen sozialen Austausch ermöglicht und somit zur Förderung von Interesse und Motivation beiträgt.

Offen ist, welche Aufgabenstellungen dazu geeignet sind, der Individualität der Schülerinnen und Schüler eben diesen Raum zu lassen. Im Folgenden wird eine Aufgabenstellung vorgestellt, die genau diese Forderungen erfüllen soll.

Prototyp einer Aufgabe

Im Zuge der Vorbereitung und der Abhaltung eines Seminars zur Begabungsförderung im Physikunterricht im Wintersemester 2019 an der Universität Wien wurden insgesamt sieben Lernaufgaben entwickelt, was in weiterer Folge in drei Qualifikationsarbeiten mündete.

Alle drei Arbeiten (Friedrich, 2021; Petti, 2019; Schandl, 2021) setzten sich zum Ziel, Lernaufgaben zu entwickeln, anhand derer bekannte, aber auch unbekannte Physik anhand neuer Kontexte angewandt oder entwickelt wird. Den Untersuchungsdesigns ist gemeinsam, dass die entwickelten Aufgaben mit je zwei bis fünf Schülerinnen und Schülern, mehrheitlich aus Vorbereitungskursen der Physikolympiade, der 9. bis 12. Schulstufe getestet wurden und entsprechenden Überarbeitungszyklen unterworfen waren. Die qualitative Datenerhebung erfolgte entweder mittels Prae- und Postinterviews, deren Inhalt nach Mayring et al. (2019)

analysiert wurde oder mittels Akzeptanzbefragung (Jung, 1992; Wiesner & Wodzinski, 1996).
Die hier vorgestellte Aufgabe steht exemplarisch für diese Lernaufgaben und wurde mittels Prae- und Postinterviews an zwei Testpersonen der 11. Schulstufe erprobt.

Einer Ärztin täglich Brot (Friedrich, 2021) widmet sich der Thermodynamik und hat experimentelle, wie auch theoretische Teile. Den Testpersonen wurde ein Paket mit den Experimentiermaterialien nach Hause geliefert, unter Nutzung derer dann im Online-Interview die Aufgabenstellungen durchgegangen wurden. Zunächst beginnen die Aufgaben angeleitet, da hier auf die experimentellen Fähigkeiten Beobachten-Messen-Dokumentieren sowie Schlüsse zu ziehen fokussiert wird (Nawrath, Maiseyenka, & Schecker, 2011). Es soll zum Beispiel zu Beginn die Frage beantwortet werden, was man beobachtet, wenn man in einen Spritzenkolben (ausschließlich) *5 ml* Wasser füllt, alle Luft hinaus lässt, danach den Zylinder mit dem Finger verschließt und den Kolben so weit wie möglich versucht, hinauszuziehen. In weiterer Folge sollen Vermutungen aufgestellt werden, woraus das sichtbar werdende Gasvolumen besteht.
Können die Jugendlichen eine der gestellten Fragen nicht beantworten, gibt es in Kuverts bereitgestellte Tipps, mit denen sie sich selbst weiterhelfen können. Die Tipps bestehen aus Hinweisen oder aus Sets sokratischer Fragen. Ein weiteres Merkmal der Aufgabe ist es, dass das erarbeitete Wissen an offeneren Anwendungen angewandt wird. Falls Jugendliche sich in die Materie vertiefen wollen, gibt es einen Block an weiterführender Information, hier zum Hagen-Poiseuille-Gesetz, mit weiteren Anwendungsaufgaben. Für diejenigen, die in die dahinter liegende Mathematik eintauchen wollen, werden auch die Differenzialgleichungen aufgestellt und gelöst.
Insgesamt entsteht so eine Aufgabe, die es den Jugendlichen erlaubt, den Schwierigkeitsgrad selbst zu bestimmen - indem Tipps angenommen werden oder nicht - und zu entscheiden, wie tief sie in die Materie eindringen wollen. Lernen kann somit teilweise selbstgesteuert vor sich gehen.

Ergebnisse (Auswahl)
Man konnte aus den Interviews mit den Schülerinnen und Schülern erkennen, dass Lernendenvorstellungen auch in der Population der Begabten auftreten, wenn auch unter Umständen zu einem früheren Zeitpunkt, da Themen früher als im Curriculum vorgesehen bearbeitet werden. Weiters ließen sich beim Vergleich der Prae- und Postinterviews in Teilbereichen wie z.B. dem Vakuum deutlich konstruktive Kompetenzentwicklungen bei den Lernenden erkennen. Auch konnte die Interessensverteilung wie bei Häußler et al. (1998) berichtet hinsichtlich des Interessenstyps B bestätigt werden: Etwa die Hälfte der interviewten Schülerinnen und Schüler bezeichneten Kontexte zu Mensch und Natur als interessant. Aber selbst hier, in dieser ausgesuchten Population wurden sehr „rechenlastige“ Aufgaben als weniger interessant rezipiert als solche, die sich mit Phänomenen beschäftigten. Indem den Lernenden die Möglichkeit gegeben wurde, Tipps nach ihren Bedürfnissen zu nutzen, konnten sie selbst den Schwierigkeitsgrad der Aufgabe bestimmen, was sich motivationssteigernd auswirkte. Schandl (2021) beschreibt den Nebeneffekt, dass die Studierenden selbst bei der Durchführung der Akzeptanzbefragungen viel dazu lernten hinsichtlich der Qualität ihrer Aufgabenstellungen und der Einsicht in die Denkprozesse der Jugendlichen.
Es scheint somit angebracht zu sein, bei der Entwicklung von weiteren Lernaufgaben auf Lernendenvorstellungen und Möglichkeiten des Conceptual Change zu fokussieren. Die Möglichkeit, in den Aufgaben selbstständig zu navigieren hat sich als sehr fruchtbar erwiesen.

Literatur

European Commission, E. (2004). Europe needs more scientists! Retrieved from https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_04_444, 07.05.2021

Durr, W. H. (1964). *The gifted student*. New York: Oxford University Press.

Friedrich, A. (2021). *Entwicklung und Evaluation neuer Aufgabenstellungen zur Begabtenförderung im Physikunterricht.* (Masterarbeit). Universität Wien, Wien.

Häußler, P., Bünder, W., Duit, R., Gräber, W., & Mayer, J. (1998). *Naturwissenschaftsdidaktische Forschung: Perspektiven für die Unterrichtspraxis*. Kiel: Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften.

Heller, K. A. (Ed.) (2009). *Der Beitrag des Hector-Seminars zur MINT-Talentförderung*. Berlin: LIT Verlag Dr. W. Hopf.

Jung, W. (1992). *Probing Acceptance. A Technique for Investigating Learning Difficulties.* Paper presented at the Reseach in Physics Learning. Theoretical Issues and Empirical Studies. Proceedings of an International Workshop, Kiel.

Mayring, P., & Fenzl, T. (2019). Qualitative Inhaltsanalyse. In *Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung* (pp. 633-648). Berlin, Heidelberg: Springer.

Mönks, F. J. (Ed.) (1992). *Ein interaktionales Modell der Hochbegabung*. Bern: Huber-Verlag.

Nawrath, D., Maiseyenka, V., & Schecker, H. (2011). Experimentelle Kompetenz – Ein Modell für die Unterrichtspraxis. *Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule*(September 2011), 42 - 48.

Petti, P. (2019). *Konzipierung und Umsetzung physikalischer Aufgabenstellungen für Lernende der Sekundarstufe II.* (Masterarbeit). Universität Wien, Wien.

Prenzel, M., Reiss, K., & Hasselhorn, M. (Eds.). (2009). *Förderung der Kompetenzen von Kindern und Jugendlichen*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.

Reichle, B. (2004). *Hochbegabte Kinder – Erkennen, fördern, problematische Entwicklungen verhindern*. Weinheim und Basel: Beltz Verlag.

Roth, H. (Ed.) (1969). *Die Bedeutung der empirischen Forschung für die*
Pädagogik (Vol. 2). München: Ehrenwirth.

Schandl, B. (2021). *Biophysikalische Aufgabenstellungen im Physikunterricht. Erprobung mittels Akzeptanzbefragung.* (Masterarbeit). Universität Wien, Wien.

Weinert, F. E. (2000). *Lernen als Brücke zwischen hoher Begabung und exzellenter Leistung*
. Paper presented at the Poster presented at 2. Internationale Konferenz zu Begabungsfragen und Begabtenförderung, Salzburg.

Wiesner, H., & Wodzinski, R. (Eds.). (1996). *Akzeptanzbefragungen als Methode zur Untersuchung von Lernschwierigkeiten und Lernverläufen*. Kiel: IPN.

Ziegler, A. (2018). *Hochbegabung* (Vol. 3018). Münschen: Ernst Reinhardt Verlag.

Thomas Wilhelm[1] [1]Goethe-Universität Frankfurt
Horst Schecker[2] [2]Universität Bremen
Martin Hopf[3] [3]Universität Wien

Unterrichtskonzeptionen – Forschungsstand und Desiderata

Was sind Unterrichtskonzeptionen?

Die didaktische Rekonstruktion von physikalischen Sachverhalte, wie diese z. B. in Hochschullehrbüchern dargestellt werden, ist eine zentrale Aufgabe für Lehrkräfte. Dabei geht es zum einen um die Elementarisierung, d. h. Inhalte müssen vereinfacht und in kleine Sinneinheiten zerlegt, manchmal sogar zu neuen Sachstrukturen für den Unterricht zusammengesetzt werden. Zum anderen müssen in der didaktischen Rekonstruktion die Lernvoraussetzungen der Schülerinnen und Schüler berücksichtigt werden.

Es ist bemerkenswert, wie viele unterschiedliche Sachstrukturen zum gleichen physikalischen Sachbereich konstruiert werden können. Man kann Themen unterschiedlich elementarisieren, zwischen verschiedenen Erklärungen wählen und unterschiedliche Visualisierungen einsetzen. Dabei stellen sich Fragen wie: Welche physikalischen Konzepte und Phänomene stehen im Zentrum, wo werden Schwerpunkte gesetzt, was wird weggelassen, in welcher Reihenfolge werden die Unterthemen aufeinander aufgebaut? So kann man z. B. beim Thema „Einfache elektrische Stromkreise“ die Stromstärke als zentrale Größe an den Anfang bzw. ins Zentrum stellen oder die Energie bzw. Leistung oder das Potenzial bzw. die Spannung. Entsprechend kann man auch mit sehr unterschiedlichen Analogien arbeiten (Burde & Wilhelm, 2017): dem ebenen geschlossenen Wasserkreislauf, der Keilriemen- bzw. Fahrradkettenanalogie, einer Höhenanalogie oder dem Gasdruck. Dazu existieren entsprechende Unterrichtskonzeptionen, z. B. der Wasserdruck als Potenzial (Karlsruher Physikkurs; Herrmann et al., 2014), die Doppelwassersäule (Bremer Wasseranalogie; Schwedes & Dudeck, 1993), der Stromkreis als System (IPN-Curriculum Physik; Härtel, 1981a-c), handbetriebene Generatoren (Muckenfuß & Walz, 1997), das Münchener Stäbchenmodell für das Potenzial (Gleixner, 1998) oder das Frankfurter Elektronengasmodell (Burde, 2018).

Ein solches Lehrprogramm für die Gestaltung spezifischer fachlicher Themen des Physikunterrichts bezeichnen wir mit dem Begriff „Unterrichtskonzeption“. Einer Unterrichtskonzeption liegt eine gestalterische Leitidee zugrunde und es gibt Materialien wie Handreichungen für Lehrkräfte, passende Experimente, Arbeitsmaterialien für Lernende o. a. Die Leitidee einer Unterrichtskonzeption wird sehr oft in einer besonderen fachlich-fachdidaktischen Darstellung physikalischer Sachstrukturen sichtbar. Wünschenswert ist stets die curriculare Validität einer Unterrichtskonzeption, also ihre Kompatibilität zu den curricularen Rahmenbedingungen.

Wenn man als Lehrkraft solche Konzeptionen kennenlernt, z. B. auf einer Lehrerfortbildung, stehen in aller Regel die physikalischen Inhalte im Vordergrund. Um den verfolgten Ansatz wirklich zu verstehen und zu reflektieren, muss man jedoch auch wissen: Was sind die Grundideen und Ziele? Worauf ist beim Unterricht besonders zu achten? Wo findet man passende, ausgearbeitete Unterrichtsmaterialien? Gibt es empirische Daten zum Unterrichtserfolg?

Entwicklung von Unterrichtskonzeptionen

Viele Unterrichtskonzeptionen entstehen im Zusammenhang mit Schulbüchern, gehen aus (internationalen) Curriculumprojekten hervor oder sind Ergebnisse von Entwicklungsforschungsvorhaben an Universitäten. So war z. B. bei den Schulbüchern von Ernst Grimsehl die Aufnahme von Schülerversuchen in das Buch eine für die damalige Zeit – Anfang des 20. Jahrhunderts – eine konzeptionelle Innovation (Brüning, 1993). Im Schulbuchwerk

Dorn/Bader wurden ab den 1980er-Jahren Interferenzphänomenen in der Optik mit rotierenden Zeigern beschrieben (Bader & Dorn, 1986). Sowohl der Zeigerformalismus als auch Simulationsprogramme waren derzeit neue Unterrichtskonzeptionen für den Physikunterricht. Ab der Mitte der 1950er-Jahre wurden in den Vereinigten Staaten und danach auch in Europa neue naturwissenschaftlicher Curricula in groß angelegten Entwicklungsprojekten als Gesamtkonzeptionen für ganze Bildungsgänge erarbeitet. Beispiele sind die Arbeiten des Physical Science Study Committee (Rückblick von Haber-Schaim, 2006) und das IPN-Curriculum Physik (z. B. Härtel, 1981a-c).

Inzwischen entsteht die große Mehrzahl von Unterrichtskonzeptionen in physikdidaktischen Instituten und Arbeitsgruppen an Universitäten und Hochschulen. Dabei werden unterschiedliche Herangehensweisen verfolgt. *Design-based Research* setzt auf mehrere Zyklen der theoriebasierten Entwicklung, Erprobung und empirischen Wirkungsforschung. Diese Tradition wurde von Walter Jungs Arbeitsgruppe in Frankfurt begründet und eng verbunden mit Forschungen zu den Lernvoraussetzungen bei Schülern (zur Mechanik z. B. Wiesner, 1994). Andere Projekte konzentrieren sich sachstrukturell auf *neue fachliche Darstellungen*. Ein prototypisches Beispiel ist der Karlsruher Physikkurs, bei dem es den Entwicklern mehr auf die Herausarbeitung einer konsistenten neuartigen fachlichen Begrifflichkeit über alle Themengebiete der Physik hinweg ankam als auf empirische Studien zu Lernwirkungen (KPK-Website www.physikdidaktik.uni-karlsruhe.de). Den Gegenpol dazu bilden Vorhaben, die von Beginn an stark mit der *Unterrichtspraxis* verbunden sind und oft von Lehrkräften initiiert werden. In solchen Projekten hat die universitäre Fachdidaktik oft primär eine begleitende und beratende Funktion. An der Pädagogischen Hochschule Weingarten entstanden in einer unterrichtsnahen Perspektive z. B. Unterrichtskonzeptionen zur elektrischen Energie (Muckenfuß & Walz, 1997). Auch aus der *fachdidaktischen Grundlagenforschung* sind Unterrichtskonzeptionen hervorgegangen. Solche Vorhaben befassen sich nicht primär mit der Konzeptionsentwicklung, sondern z. B. mit der Erforschung und Modellierung physikalischer Kompetenzen. Dabei werden jedoch zum Zwecke der Erhebung empirischer Daten für Forschungsfragen auch Unterrichtsszenarien entwickelt, die im Hinblick auf den Unterricht ausgebaut werden können. Ein Beispiel ist eine auf Aufgabenkarten beruhende Unterrichtskonzeption für die Elektrostatik, die in der Arbeitsgruppe von Aufschnaiter in Bremen entstand (Schoster & von Aufschnaiter, 2000).

Ein Lehrbuch zu Unterrichtskonzeptionen

Wilhelm, Schecker und Hopf (2021) haben den Erkenntnisstand über Unterrichtskonzeptionen in einem Lehrbuch für Studierende und Referendare aufgearbeitet. Das Buch umfasst 15 Kapitel von der Optik über die Atomphysik bis zu Nature of Science. Jedes Kapitel beginnt mit einer fachlichen Einordnung des Themas und einer Beschreibung des „traditionellen Unterrichts“. Im Zentrum steht dann die Beschreibung ausgewählter Unterrichtskonzeptionen zum jeweiligen Themenbereich, wobei Konzeptionen ausgewählt wurden, die sich vom traditionellen Unterricht unterscheiden. Am Ende eines Kapitels steht ein fachdidaktisches Fazit. Für die vertiefte Verarbeitung der Darstellungen enthalten die Kapitel Übungsaufgaben, in denen die vorgestellten Konzeptionen verglichen werden.

Uns ist bewusst, dass es streng genommen keinen „traditionellen“ Physikunterricht gibt. Aber es gibt doch gewisse Ideen und Sachstrukturen, die sehr weit verbreitet sind. Im Buch erläutern wir unsere Wahrnehmung des traditionellen Unterrichts in den jeweiligen Themenkapiteln. Wissenschaftlich untersucht wurde der „Normalunterricht“ in der Physikdidaktik allerdings bisher kaum.

Die aufgenommenen Konzeptionen sind in der Regel in der Schulpraxis erprobt, viele (aber bei weitem nicht alle) sogar systematisch empirisch untersucht. Zu allen Konzeptionen sind Unterrichtsmaterialien vorhanden. Auf einer begleitenden Homepage zum Buch wurden zudem die Links zu online verfügbaren Materialien zu den Konzeptionen oder sogar – wenn die Autorinnen und Autoren zugestimmt haben – die Materialien selbst zusammengestellt.

Zum Stand von Entwicklung und Forschung

Es können hier nur einige Stichpunkte benannt werden:

- Vor dem Jahr 2000 wurden ganz überwiegend Unterrichtskonzeptionen zu fachlich-inhaltlichen Themengebieten entwickelt, die klar eingegrenzt waren, z. B. zur geometrischen Optik, nichtlinearen Dynamik oder Quantenphysik. Erst in den letzten Jahren kommen Unterrichtskonzeptionen als grundlegende Elemente der Unterrichtsgestaltung hinzu, die z. B. Nature of Science oder prozessbezogene Kompetenzen fördern wollen.
- Es gibt zwar viele Unterrichtskonzeptionen zur Einführung der grundlegenden Größen und grundlegenden Zusammenhängen eines Themenbereichs, aber nur wenige Unterrichtskonzeptionen zu fortgeschritteneren Inhalten.
- Manche Unterrichtskonzeptionen, die gute Ideen beinhalteten, wurden wenig bekannt oder sind wieder in Vergessenheit geraten (z. B. Rückl, 1991). Zudem sind einige entwickelten Unterrichtsmaterialien z. T. nur (noch) schwer zu finden.
- Die Lernerfolge der Schülerinnen und Schüler beim Einsatz einer neuen Unterrichtskonzeption sind oftmals nur unzureichend belegt. Oft gibt es nur eine einzige oder gar keine empirische Studie. Eher selten gibt es zyklische Weiterentwicklungen und deren empirische Untersuchung. Aber praktisch nie gibt es reine Replikationsstudien, wie sie forschungsmethodisch gefordert werden.
- Zunehmend liegt der Schwerpunkt in den Veröffentlichungen auf den empirischen Ergebnissen und weniger auf einer Darstellung der konkreten Unterrichtsmaterialien.
- Schließlich sind trotz des großen Potenzials zur Verbesserung der Unterrichtsqualität viele Unterrichtskonzeptionen an Schulen kaum bekannt; die Implementation gelingt mangels Unterstützung nicht.

Desiderata

Besondere Bedarfe physikdidaktischer Entwicklung und Begleitforschung liegen bei fortgeschrittenen Inhalten innerhalb der Themenbereiche der klassischen Physik und bei Themenbereichen mit besonderer fachlicher Dynamik, wie z. B. Quantentechnologien. Einige vielversprechende fachsystematische Ideen (Unterrichtsvorschläge finden sich z. B. bei Müller, 2016) müssen zunächst noch durch Unterrichtsmaterialien konkretisiert werden, um sie breit in der Praxis zu erproben und ihre Wirkungen zu beforschen. Des Weiteren fehlen empirische Untersuchungen zu bekannten Unterrichtskonzeptionen, zu denen bisher nur Praxisberichte vorliegen (z. B. die Konzeptionen von Muckenfuß, 1995, und Muckenfuß & Walz, 1997). Replikationsstudien müssen dringend stärker ins Auge gefasst werden. Bei einigen Konzeptionen, die auf Design Based Research beruhen, gibt es zumindest wiederholte Studien, bei denen die Unterrichtskonzeptionen an neue schulische Vorgaben, an neue technische Möglichkeiten oder neue Fragestellungen angepasst wurden. Bei anderen Konzeptionen gibt es nur eine einzige empirische Studie.

Bei der Entwicklung von Unterrichtskonzeptionen müssen Charakteristika, Wünsche und Arbeitsbedingungen von Lehrkräften stärker berücksichtigt werden und es muss mehr über Eigenschaften von Unterrichtsmaterialien nachgedacht werden (Breuer, Vogelsang & Reinhold, 2020), d. h. es braucht eine Passung der Materialien und Nutzern. Wichtig wäre, dass sich die Fachdidaktik vermehrte um eine Implementation der Unterrichtsmaterialien bemüht. Gute Unterrichtsmaterialien zu guten Unterrichtskonzeptionen verbreiten sich nicht von selbst.

Literatur

Bader, F. & Dorn, F. (Hrsg.) (1986). *Dorn/Bader. Physik-Oberstufe. Gesamtband 12/13*. Hannover: Schroedel.

Breuer, J., Vogelsang, C., & Reinhold, P. (2020). Implementation und Nutzung von Unterrichtsmaterialien im schulischen Unterricht – Eine Bestandsaufnahme der mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächer. *PhyDid A - Physik und Didaktik in Schule und Hochschule* 1/19, S. 12-22

Brüning, H.-G. (1993). *Ernst Grimsehls Lehrbücher der Physik in Geschichte und Gegenwart*. Hildesheim: Franzbecker.

Burde, J.-P., Wilhelm, T. (2017). Modelle in der Elektrizitätslehre. Ein didaktischer Vergleich verbreiteter Stromkreismodelle. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik* 28, Heft 157, Nr. 1/17, S. 8 – 13.

Burde, J. -P. (2018). *Konzeption und Evaluation eines Unterrichtskonzepts zu einfachen Stromkreisen auf Basis des Elektronengasmodells* (Diss.). Studien zum Physik- und Chemielernen, Band 259. Berlin: Logos. https://zenodo.org/record/1320127.

Gleixner, C. (1998). *Einleuchtende Elektrizitätslehre mit Potenzial* (Diss.). LMU München.

Haber-Schaim, U. (2006). *PSSC PHYSICS: A Personal Perspective*: American Association of Physics Teachers, www.aapt.org/Publications/upload/Haber-Schaim4068.pdf (14.9.2021).

Härtel, H. (1981a). *IPN Curriculum Physik. Unterrichtseinheit für das 7. und 8. Schuljahr. Der elektrische Stromkreis als System. Schülerheft Nr. 1*. http://www1.astrophysik.uni-kiel.de/~hhaertel/PUB/UE-7-1.pdf (14.9.2021)

Härtel, H. (1981b). *IPN Curriculum Physik. Unterrichtseinheit für das 7. und 8. Schuljahr. Der elektrische Stromkreis als System. Schülerheft Nr. 2*. http://www1.astrophysik.uni-kiel.de/~hhaertel/PUB/UE-7-2.pdf (14.9.2021)

Härtel, H. (1981c). *IPN Curriculum Physik. Unterrichtseinheiten für das 7. und 8. Schuljahr. Der elektrische Stromkreis als System. Stromstärke – Spannung – Widerstand. Didaktische Anleitung.* http://www1.astrophysik.uni-kiel.de/~hhaertel/PUB/UE-7.pdf(14.9.2021)

Herrmann, F., Laukenmann, M., Mingirulli, L., Morawietz, P., & Schmälzle, P. (2014). *Der Karlsruher Physikkurs – Ein Lehrbuch für den Unterricht in der Sekundarstufe I. Band 2: Daten – Elektrizität – Licht*. http://www.physikdidaktik.uni-karlsruhe.de/kpk_material.html

Muckenfuß, H. & Walz, A. (1997). *Neue Wege im Elektrikunterricht*. Zweite bearbeitete Auflage. Köln: Aulis Deubner

Muckenfuß, H. (1995). *Lernen im sinnstiftenden Kontext. Entwurf einer zeitgemäßen Didaktik des Physikunterrichts*. Berlin: Cornelsen

Müller, R. (Hrsg.) (2016). Themenheft Quanteninformation. *Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule*, 65(1)

Rückl, E. (1991). *Feldenergie*. Mannheim, Wien, Zürich: BI Wissenschaftsverlag

Schoster, A. & v. Aufschnaiter, S. (2000). Schüler lernen Elektrostatik und der Lehrer schaut zu. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht* 53 (3), 175-183.

Schwedes, H. & Dudeck, W. (1993). Wasserkreisel und die Doppelwassersäule. Ein Modell für verzweigte elektrische Stromkreise. *Praxis der Naturwissenschaften - Physik, 42*(6), 12-17.

Wiesner, H. (1994). Zum Einführungsunterricht in die Mechanik: Statisch oder dynamisch? Fachmethodische Überlegungen und Unterrichtsversuche zur Reduzierung von Lernschwierigkeiten. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, 5 (42), 22, S. 16-23

Wilhelm, T., Schecker, H., & Hopf, M. (Hrsg.) (2021). *Unterrichtskonzeptionen für den Physikunterricht*, Springer-Spektrum, ISBN 978-3-662-63052-5

Manuel Becker[1]
Martin Hopf[1]

[1]Universität Wien

Der Energie-Feld-Ansatz
Entwicklung eines Unterrichtskonzeptes

Das Thema Energie ist ein zentraler Bestandteil des Schulunterrichts beider Sekundarstufen und spielt als fächerübergreifendes Konzept eine wesentliche Rolle für das Erlangen eines profunden physikalischen Verständnisses unserer Welt. Dennoch zeigen zahlreiche Studien, dass viele Schüler*innen Probleme beim Lernen über Energie haben (s. z. B. Neumann et al., 2013; Nordine et al., 2019). Um ein profunderes Verständnis des Energiekonzeptes zu ermöglichen, entwickelt der Energie-Feld-Ansatz (EFA) ein Unterrichtskonzept für die Sekundarstufe II, welches das Thema Energie didaktisch rekonstruiert. Dabei werden die traditionellen Energieformen retrospektiv auf Feldenergie und Bewegungsenergie zurückgeführt. Die Realisierbarkeit des EFA wird mittels einer Interviewstudie qualitativ evaluiert und das Konzept weiterentwickelt. Bisherige Ergebnisse sind vielversprechend und zeigen die Attraktivität des Ansatzes aus der Lernendenperspektive.

Problematik und Lösungsansätze

Nach dem traditionellen (d. h. Formen-basierten) Physikunterricht fehlt einigen Schüler*innen ein profundes Verständnis von Energie und Energieerhaltung (Erhaltung einzelner Formen, Verbrauchsvorstellung, Vermeidung von Energie bei Beschreibungen, etc.; s. Driver et al., 1985; Neumann et al., 2013; Nordine et al., 2011). Ausgehend von den Problemen existieren verschiedene Vorschläge, die Energieformen auf die Energie in Feldern und Bewegungen bzw. Systemen zurückzuführen (Nordine et al., 2019; Quinn, 2014; Rückl, 1991; Swackhamer, 2005). Bislang gibt es aber noch kein einheitliches Konzept, das auch den Anforderungen der Sekundarstufe II gerecht wird.

Der Energie-Feld-Ansatz

Der EFA greift die Vorteile existierender Vorschläge auf und führt die traditionellen Energieformen auf Bewegungsenergie und Feldenergie zurück. Energie ist dann entweder in einem Feld oder in einer Bewegung „gespeichert“. Jedes Feld hat dabei eine Quelle (Ladungen, Magnete, Massen oder Quarks). Treten zwei Quellen über ihre jeweiligen Felder in Wechselwirkung miteinander, so bildet sich ein s. g. *Gesamtfeld*. Erst mit der Wechselwirkung zweier Quellen bzw. Felder kann der gesamten Konstellation und damit dem Gesamtfeld eine bestimmte Energie zugeschrieben werden, welche dann bei der Interaktion mit anderen Feldern oder Bewegungen übertragen werden kann. Betrachtet man folglich ein Phänomen aus der Perspektive des EFA, so genügt es, nach den involvierten Feldern und Bewegungen zu „suchen“. Identifiziert man die involvierten Bewegungen und Felder sowie deren Veränderung über die Änderung von Tempo bzw. Abstand der Quellen, so kann man auf die Richtung der Energieübertragung schließen.

Ein Vorteil des EFA ist, dass sich die Formulierungen zur Beschreibung von Phänomenen interdisziplinär und ebenenübergreifend (makroskopisch, mikroskopisch, atomar und nuklear) tragfähig sind. Um den Rückgriff auf das Energiekonzept bei der Beschreibung und

Analyse von Phänomenen attraktiver zu gestalten, fasst der EFA das Feld nicht nur als physikalische Entität auf, sondern schreibt diesem in Prozessen eine aktive Rolle zu. Indem beispielsweise bei attraktiven Feldern (z. B. zwei sich anziehende Magnete) über die *Tendenz* des Feldes gesprochen wird, wird das Feld selbst zum dynamischen Akteur, ohne aber dabei zu anthropomorph zu wirken. Folglich besitzt jedes Gesamtfeld entsprechend seiner Wechselwirkung eine bestimmte Tendenz, sich in eine entsprechende Richtung zu verändern. Verändert sich ein Feld dementsprechend, so gibt es Energie ab. Daraus ergibt sich die allgemeine Tendenz eines Feldes zur *Energieminimierung*, woraus sich Erklärungsmöglichkeiten für atomare und nukleare Bindungszustände herleiten.
Der EFA benennt verschiedene Felder, abhängig von ihren Quellen. So besitzt ein Magnet ein Magnetfeld, eine Ladung ein elektrisches Feld, eine Masse ein Gravitationsfeld und ein Quark ein Quarkfeld[1] (das hier auch für die Masse der Nukleonen sorgt). Elektromagnetischer Strahlung wird dabei Feldenergie des elektromagnetischen Feldes zugeschrieben, thermische Energie entspricht mikroskopischer Bewegungsenergie von Atomen bzw. Molekülen. Die Masse von Elementarteilchen wird durch die Wechselwirkung mit dem omnipräsenten Higgs-Feld beschrieben. Diese didaktischen Rekonstruktionen führen die traditionellen Energieformen auf die entsprechenden Quellen und ihre Felder zurück.
Eine detailliertere Beschreibung der Merkmale und Konzeptideen ist in Becker & Hopf (2021) zu finden. Im Folgenden werden die wesentlichen Aspekte zu Studiendesign und bisherigen Ergebnissen skizziert.

Evaluation: Studiendesign und Methode

Da es sich bei der Studie um ein Designprojekt handelt, ist die Entwicklung (Design und Re-Design nach dem Modell der didaktischen Rekonstruktion nach Kattmann et al. (1997)) von einem formativen Evaluationsprozess begleitet. Dazu dient eine Interviewstudie, entsprechend der Methode der Akzeptanzbefragung nach Jung (1992). Für jede Konzeptversion wird eine Interviewrunde (Einzelinterviews) mit sechs bis acht Schüler*innen der Sekundarstufe II (10. bis 12. Jgst.) durchgeführt. Jedes Interview dauert zwischen zwei und zweieinhalb Stunden und vermittelt die wesentlichen Konzeptideen des EFA. Jedes Interview gliedert sich in eine Phase der Erklärung, Bewertung, Paraphrase und Transfer (siehe Abb. 1), wobei diese Abfolge für jede der insgesamt acht Erklärungen wiederholt wird. Auf diese Weise erhält man Erkenntnisse darüber, wie die Konzeptideen und Kontexte von Schüler*innen angenommen und angewendet werden.
Die Interviews werden nach Kuckartz (2014) qualitativ inhaltsanalytisch ausgewertet und mittels Kategorienbildung etwaige (Lern-) Schwierigkeiten sowie Benefits für jede Konzeptversion ermittelt. Diese Erkenntnisse dienen dann als Basis für die Weiterentwicklung in einem neuen Design- und Evaluationszyklus. Im Anschluss an die Evaluation durch Interviews ist eine Untersuchung im Klassensetting geplant, die hier nicht weiter beschrieben wird.

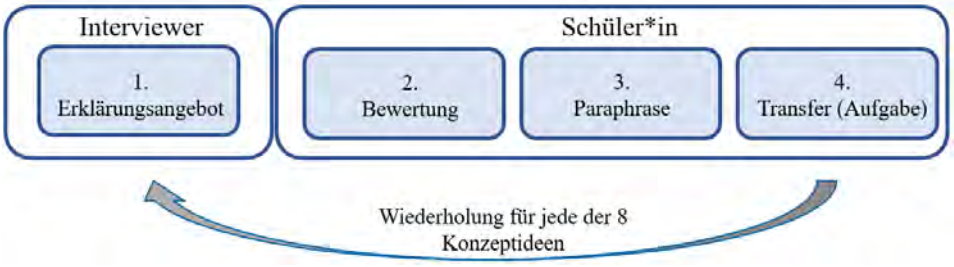


Abb. 1:Schema für die Phasen eines Interviews (Akzeptanzbefragung)

Bisherige Ergebnisse

Anhand von Aussagen der Schüler*innen und der Analyse der Interviews erweist sich das Konzept insgesamt als verständlich und nützlich für die Beschreibung von Phänomenen aus der Energieperspektive.

Dennoch traten über den Verlauf von drei aufeinander aufbauenden Versionen des Konzeptes teilweise Schwierigkeiten auf, wie beispielsweise bei der „Suche nach Feldern". Wie bereits angerissen, bietet der EFA den Vorteil, dass bei der Betrachtung von Prozessen aus energetischer Sicht „nur" nach Feldern und Bewegungen „gesucht" werden muss. Auch wenn dieses Prinzip generell angenommen und angewendet wird, so haben einige Schüler*innen dennoch Schwierigkeiten dabei, die involvierten Felder und deren Quellen zu identifizieren, wenn es sich um weniger offensichtliche Konstellationen wie z. B. Erde und Ball handelt (die Erde wird nicht immer sofort als zweite Quelle erkannt). Treten derartige Unsicherheiten auf, greifen einige Schüler*innen anstelle der Energie auf das Kraftkonzept zurück. Gibt man ihnen allerdings genug Hinweise oder eine Hilfestellung bei der Suche (z. B. „Denke daran, dass es bei einem Feld mit Energie immer zwei Quellen gibt."), so wird fast ausschließlich auf die vorgestellten Konzeptideen des EFA zurückgegriffen. Ein anderes Problem, das vereinzelt auftritt und mit angemessenen Hinweisen abgedämpft werden kann, ist die Verwechslung von Bewegungs- und Feldenergie bei thermischer und Strahlungsenergie. So wird stellenweise die thermische Energie der Feldenergie der Luft bzw. ihrer Atome anstatt derer Bewegung zugeschrieben und die elektromagnetische Strahlung wird teils fälschlicherweise mit Bewegungsenergie („da sie sich von Ort zu Ort ausbreitet") statt der Energie des elektromagnetischen Feldes verknüpft.

Positiv fällt auf, dass das Konzept des Gesamtfeldes als Überlagerung und Energieträger der Konstellation von Quellen akzeptiert und in Aufgaben angewandt wird. Insbesondere wenn das Gesamtfeld (auch sprachlich) als Akteur mit bestimmter Tendenz in Prozessen aufgefasst wird, folgen die Argumentationen meist problemlos den Erwartungen. Insgesamt wird der Ansatz als „nützlich" bzw. „hilfreich" und als „besser verständlich" im Vergleich zum aus der Schule bekannten Unterricht eingeschätzt. Nicht selten wird geäußert, dass man die Mechanismen nun endlich verstehe, was als Reaktion auf die positiv empfundene Auflösung der Blackboxes aufgefasst werden kann. Letztlich greifen die meisten Schüler*innen angemessen auf die Ideen des EFA zurück und können diese bei ihren Beschreibungen verwenden.

Zusammenfassung

Der Energie-Feld-Ansatz nutzt Vorteile bereits existierender Vorschläge für ein neues Unterrichtskonzept zur Energie der Sekundarstufe II und implementiert neu entwickelte Konzeptideen in Interviews (Akzeptanzbefragungen). Diese werden formativ evaluiert und das Konzept so zyklisch weiterentwickelt. Die bisherigen Erkenntnisse sind vielversprechend und lassen auf eine Realisierbarkeit des Ansatzes für den Energieunterricht schließen. Die Berücksichtigung einzelner Probleme und Vorteile des EFA führt zu einem ersten Konzept, das qualitativ in einer Studie im Klassensetting weiter evaluiert wird.

Literatur

Becker, M., & Hopf, M. (2021). Der Energie-Feld-Ansatz: Design-Forschung zur Entwicklung und Evaluation eines Unterrichtskonzeptes für den Energieunterricht der Oberstufe. *PhyDid B-Didaktik der Physik-Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*, *1*.

Nordine, J. C., Fortus, D., Krajcik, J. S., Neu-mann, K., & Lehavi, Y. (2019): Modelling en-ergy transfers between systems to support ener-gy knowledge in use. In: Studies in Science Ed-ucation, 54(2), S. 177–206

Driver, R., & Warrington, L. (1985): Students' use of the principle of energy conservation in problem situations. In: Physics Education, 20, S. 171–176.

Jung, W. (1992): Probing acceptance, a tech-nique for investigating learning difficulties. In: Research in physics learning: Theoretical issues and empirical studies. Kiel: IPN, S. 278-295.

Kattmann, U., Duit, R., Gropengießer, H., Komorek, M. (1997): Das Modell der Didakti-schen Rekonstruktion - Ein Rahmen für natur-wissenschaftsdidaktische Forschung und Ent-wicklung. In: Zeitschrift für Didaktik der Na-turwissenschaften 3 (3), S. 3–18

Kuckartz, U. (2014): Qualitative text analysis. A guide to methods, practice & using software. Los Angeles: SAGE

Neumann, K., Viering, T., Boone, W. J., & Fischer, H. E. (2013): Towards a learning pro-gression of energy. In: Journal of Research in Science Teaching, 50(2), S. 162–188

Nordine, J. C., Krajcik, J. S., & Fortus, D. (2011): Transforming energy instruction in middle school to support integrated understand-ing and future learning. In: Science Education, 95(4), S. 670–699

Nordine, J. C., Fortus, D., Krajcik, J. S., Neu-mann, K., & Lehavi, Y. (2019): Modelling en-ergy transfers between systems to support ener-gy knowledge in use. In: Studies in Science Ed-ucation, 54(2), S. 177–206

Quinn, H. (2014). A physicist's musings on teaching about energy. In: R.F. Chen, A. Ei-senkraft, D. Fortus, J. Krajcik, K. Neumann, J. Nordine, & A. Scheff (Hrsg.): Teaching and learning of energy in K-12 education, New York, NY: Springer, S. 15–36

Rückl, E. (1991): Feldenergie: ein neues didak-tisches Konzept. BI-Wiss.-Verlag.

Swackhamer, G. (2005): Cognitive resources for understanding energy. Url: http://modeling.asu.edu/modeling/CognitiveResources-Energy.pdf, Stand: 10/2021

Daniel Walpert[1] [1]Universität Kassel
Rita Wodzinski[1]

Einstellungen zum Einsatz digitaler Werkzeuge im Physikunterricht

Einleitung

Der frühzeitige Erwerb und die vertiefte Auseinandersetzung mit technologischen Inhalten und digitalen Werkzeugen in der (Physik-)Lehramtsausbildung erscheint in Hinblick auf die integrative Vermittlung digitaler Kompetenzen im Regelunterricht besonders wichtig. Im Fokus der Lehramtsausbildung sollte dabei nicht nur der Erwerb technologischen Wissens stehen, sondern auch der Aufbau technologisch-pädagogischen und technologisch-inhaltlichen Wissens gefördert werden. Neben den technologiebezogenen Wissenskomponenten stellt die Selbsteinschätzung von Studierenden zur Vermittlung digitaler Kompetenzen eine wichtige Gelingensbedingung zur Gestaltung technologiebezogenen Unterrichts dar (Redecker, 2017).

In diesem Beitrag wird ein Forschungsvorhaben vorgestellt, welches sich mit der Entwicklung und Evaluation von Lernarrangements auseinandersetzt, die eine Förderung technologiebezogener Kompetenzen (TK, TPK, TCK, TPCK) erzielen sollen (TPACK-Modell nach Mishra & Koehler, 2006). Darüber hinaus wird untersucht, ob die Teilnahme an den Lernarrangements eine mögliche Einstellungs- und Akzeptanzänderung bei den Studierenden gegenüber der Vermittlung digitaler Kompetenzen im Physikunterricht erzielt.

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 2017 sollen digitale Kompetenzen integrativ im Regelunterricht vermittelt werden (Kultusministerkonferenz, 2017). Für die Umsetzung der dort formulierten Ziele ist die Einschätzung der Relevanz digitaler Kompetenzen, die Motivation zur Auseinandersetzung mit digitalen Werkzeugen sowie die Einstellung der Studierenden entscheidend (Blömeke, 2017; Redecker, 2017).

Darüber hinaus müssen (angehende) Physiklehrkräfte selbst über zusätzliche (digitale) Kompetenzen und technologisches Wissen verfügen und dieses mit bereits vorhandenen Wissenskomponenten verknüpfen, um eine gewinnbringende Vermittlung digitaler Kompetenzen im Physikunterricht zu erzielen (TPACK-Modell nach Mishra & Koehler, 2006).

---

[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.

Das TPACK-Modell nach Mishra & Koehler (2006) aufbauend auf Shulman (1987) stellt eine Rahmung für Kompetenzen dar, die als Instrument zur Planung und Durchführung 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 müssen immer zusammenhängend betrachtet werden.

Der Handlungsbedarf zur Förderung technologiebezogener Kompetenzen in der Physik-Lehramtsausbildung wird auch durch die geringe Einschätzung von Lehrkräften in Bezug auf die erworbenen digitalen Kompetenzen und der Kompetenzen im Bereich des technologisch-pädagogischen Wissens deutlich (Initiative D21 e.V., 2016; Schmidt et al., 2020). Auch Lehramtsstudierende schätzen sich (im Vergleich zu Studierenden anderer Studiengänge) nur wenig digital kompetent ein (Bertelsmann Stiftung, 2017; Farjon et al., 2019). Wenngleich die Einstellung von Studierenden zum Einsatz digitaler Werkzeuge eher positiv ist, werden digitale Kompetenzen nur selten oder gar nicht im Unterricht adressiert (Hanekamp, 2014; Vogelsang et al., 2019).

Die Lehramtsausbildung nimmt eine zentrale Rolle bei der Vorbereitung angehender Physik-Lehrkräfte auf die Planung und Umsetzung digitalen Unterrichts ein (Eickelmann et al., 2016). Es soll eine Förderung technologiebezogener Kompetenzen der Studierenden angestrebt werden. Gleichzeitig sollten Möglichkeiten geschaffen werden, Erfahrungen im unterrichtlichen Umgang mit digitalen Werkzeugen zu sammeln und an die Einstellungen der Studierenden anzuknüpfen.

Zielsetzung des Projekts

Das Ziel des Projekts ist die Entwicklung und Evaluation von Lernarrangements zur Förderung technologiebezogener Kompetenzen bei Physik-Lehramtsstudierenden. Innerhalb der Lernarrangements findet eine Verzahnung von Fachinhalten und technologiebezogenen Inhalten sowie ein gestufter Aufbau digitaler Kompetenzen statt. Die Lernarrangements sollen in bestehende Fachdidaktik-Veranstaltungen integriert werden. Außerdem werden die Einstellungen und mögliche Einstellungsänderungen der Studierenden durch die Förderung technologiebezogener Kompetenzen untersucht.

Forschungsfrage

Angelehnt an die Zielsetzung des Forschungsvorhabens ergibt sich folgende Forschungsfrage: Wie verändern sich die Einstellungen von Studierenden in Bezug auf die Vermittlung digitaler Kompetenzen bei der Teilnahme an einem umgestalteten viersemestrigen didaktischen Praktikum?

Gesamtkonzept der Lernarrangements

Innerhalb der ersten vier Semester nehmen die Lehramtsstudierenden an vier Fachdidaktik-Veranstaltungen (didaktisches Experimentierpraktikum) teil, in denen ein gestufter Aufbau einzelner technologiebezogener Wissensfacetten des TPACK-Modells erzielt werden soll. Zu Beginn jeder Einheit setzen sich die Studierenden mit dem Umgang digitaler Werkzeuge aus technischer Sicht und dem Lösen technischer Schwierigkeiten auseinander (Förderung des TK). Daran anschließend erfolgt eine didaktische Auseinandersetzung mit technologischen Inhalten sowie deren Einbettung in einen unterrichtlichen Kontext (Förderung des TCK und TPK). Im Vordergrund steht hierbei eine Verknüpfung der technologischen Wissenskomponenten mit bereits erworbenem pädagogischen und fachlichen Wissen. In der abschließenden vierten Einheit der fachdidaktischen Veranstaltung soll eine ganzheitliche Förderung technologiebezogener Kompetenzen durch die Planung

und Durchführung einer Unterrichtssequenz im Rahmen eines Lehr-Lern-Labors erzielt werden (Förderung des TPCK). Hierbei sollen die Studierenden ihre theoretischen Kenntnisse mit Praxiserfahrungen untermauern und die Wissenskomponenten des TPACK-Modells stärker miteinander verknüpfen.

Nach Mishra und Koehler (2006) sind die technologiebezogenen Inhalte eng an fachliche und fachdidaktische Inhalte geknüpft. Die fachlichen Inhalte orientieren sich an den parallel stattfindenden Fachveranstaltungen der Universität Kassel und beinhalten folgende Themen: Mechanik, Elektrizität, Wärme und Energie sowie Optik. Die technologischen Inhalte wurden aufgrund ihrer Anschlussfähigkeit an physikalische Inhalte ausgewählt und beinhalten den Umgang und Einsatz digitaler Messwerterfassungssysteme sowie die Erstellung und Bedienung von Simulationen und Applets.

Untersuchungsdesign und -methodik
Die Erfassung der Einstellungen der Studierenden zur Vermittlung digitaler Kompetenzen wird jeweils zum Beginn und zum Ende jeder der vier Lernarrangements mithilfe teilstrukturierter Interviews erfasst. Unter den Einstellungen werden folgende vier Einstellungsfacetten zusammengefasst: Selbstwirksamkeitserwartung zur Vermittlung digitaler Kompetenzen im Physikunterricht (Redecker, 2017), Motivation zur Auseinandersetzung mit digitalen Werkzeugen, wahrgenommene Relevanz digitaler Kompetenzen (Blömeke, 2017) und die Einschätzung zur prinzipiellen Umsetzbarkeit der Integration digitaler Lerngelegenheiten im Physikunterricht. Die Auswertung der Interviews erfolgt mithilfe einer induktiven qualitativen Inhaltsanalyse.

Zur Erfassung der digitalen Kompetenzen in den Bereichen der technologiebezogenen Wissenskomponenten des TPACK-Modells werden die Studierenden bei der Durchführung von Experimenten unter Verwendung digitaler Werkzeuge videografiert. Die Bewertung der digitalen Kompetenzen erfolgt auf Grundlage der identifizierten Schwierigkeiten bei der Versuchsdurchführung. Darüber hinaus bearbeiten die Studierenden in Partnerarbeit fachliche und fachdidaktische Fragestellungen, die sich auf das jeweilige Experiment beziehen. Die Diskussion der Studierenden bei der Aufgabenbearbeitung wird aufgezeichnet, um eine Offenlegung der Argumentations- und Begründungsmuster bei der Planung von technologiebezogenem Unterricht zu erzielen. Hierbei stehen insbesondere die Wissensfacetten des TCK und TPK im Vordergrund.

Auf Grundlage der Daten werden die Einstellungen der Studierenden vor und nach der Teilnahme an den Lernarrangements mit den erfassten Kompetenzfacetten in den Bereichen des technologischen, des technologisch-pädagogischen Wissens sowie des technologischen Inhaltswissens verglichen. Weiterhin werden auf Grundlage der videografierten Experimentier-Durchführungen Schwierigkeiten beim Einsatz digitaler Werkzeuge identifiziert, um das technologische Wissen der Studierenden zu bewerten. Es erfolgt zusätzlich eine Analyse der Argumentations- und Begründungsmuster zur manuellen oder digitalen Gestaltung von Experimentiersettings im Physikunterricht.

Nächste Schritte
Die Datenerhebung und der Einsatz der vorgestellten Lernarrangements finden bis Ende des Sommersemester 2022 statt. Auf Grundlage der gewonnen Daten sollen daraufhin die Lernarrangements überarbeitet und eine Verstetigung der Lernarrangements innerhalb des fachdidaktischen Praktikums erzielt werden.

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: 08.10.2021.

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.

Initiative D21 e.V. (2016). Sonderstudie „Schule Digital". Lehrwelt, Lernwelt, Lebenswelt: Digitale Bildung im Dreieck SchülerInnen-Eltern-Lehrkräfte.

Farjon, D., Smits, A., & Voogt, J. (2019). Technology integration of pre-service teachers explained by attitudes and beliefs, competency, access, and experience. *Computers & Education*, 130, 81–93. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.11.010.

Hanekamp, G. (2014). Zahlen und Fakten: Allensbach-Studie 2013 der Deutsche Telekom Stiftung. In J. Maxton-Küchenmeister & J. Meßinger-Koppelt (Hrsg.), *Digitale Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht* (S. 21 – 28). Hamburg: Joachim Herz Stiftung Verlag.

Kultusministerkonferenz (2017). Bildung in der digitalen Welt. Strategie der Kultusministerkonferenz. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2018/Strategie_Bildung_in_der_digitalen_Welt_idF._vom_07.12.2017.pdf. Zugegriffen: 08.10.2021.

Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge. A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017–1054.

Redecker, C. (2017). European framework for the digital competence of educators. DigCompEdu. EUR, *Scientific and technical research series*, Bd. 28775. Luxembourg: Publications Office.

Schmid, M., Krannich, M. & Petko, D. (2020). Technological Pedagogical Content Knowledge. Entwicklungen und Implikationen. *Journal für LehrerInnenbildung*, 20(1), 116–124.

Vogelsang, C., Finger, A., Laumann, D., & Thyssen, C. (2019). Vorerfahrungen, Einstellungen und motivationale Orientierungen als mögliche Einflussfaktoren auf den Einsatz digitaler Werkzeuge im naturwissenschaftlichen Unterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 25(1), 115-129.

Lars Meyer-Odewald[1]
Rita Wodzinski[1]
Kathrin Ziepprecht[1]

[1]Universität Kassel

Förderung von Diagnosekompetenz über Experimentierprotokolle

Einleitung

Bereits in den Bildungsplänen der Grundschule ist die Anbahnung einer experimentellen Kompetenz als wichtiges Unterrichtsziel verankert. So formuliert der Perspektivrahmen Sachunterricht unter anderem, dass Schüler:innen „aus naturwissenschaftlichen Phänomenen sinnvolle Fragen ableiten“ und „einfache Versuche zur Überprüfung von Vermutungen [...] beraten, planen und durchführen“ können sollen (GDSU, 2013, S. 40). Dass der Erwerb entsprechender Kompetenzen für viele Lernende aller Schulstufen eine Herausforderung darstellt, zeigt sich an zahlreichen gut untersuchten Schüler:innen-Schwierigkeiten, die in sämtlichen Phasen des naturwissenschaftlichen Erkenntniswegs beobachtet werden können (einen Überblick liefert u. a. Baur, 2018).

Um Schwierigkeiten der Schüler:innen beim Experimentierprozess erkennen und ihnen angemessen begegnen zu können, müssen Lehrkräfte über eine ausgeprägte fachbezogene Diagnosekompetenz verfügen, die wiederum fachliches, fachdidaktisches und pädagogisch-psychologisches Wissen voraussetzt (v. Aufschnaiter et al., 2015). Der Aufbau einer solchen diagnostischen Kompetenz ist Aufgabe der Lehrkräfteausbildung (KMK, 2008). Wie von Dübbelde (2013) dargelegt, bemängeln jedoch viele Studienabsolvent:innen, diesbezüglich im Rahmen ihrer Ausbildung und insbesondere im Kontext des Experimentierens, zu wenig gefördert worden zu sein.

Kontrastieren und Vergleichen von Experimentierprotokollen

Als vielversprechendes hochschuldidaktisches Prinzip zur Kompetenzförderung im Rahmen der Lehramtsausbildung kann das fallbasierte *Kontrastieren und Vergleichen* hervorgehoben werden (Lipowsky et al., 2019). Nach der Definition von Marzano, Pickering & Pollock (2001) bezeichnet das Kontrastieren die Identifikation von Unterschieden und das Vergleichen die Feststellung von Gemeinsamkeiten zwischen parallel betrachteten Objekten. Eine solch gezielte Gegenüberstellung kann dazu beitragen, dass Lernende vorhandene Zusammenhänge und Beziehungen zwischen den Objekten schneller entdecken und besser verstehen (Richland & Begolli, 2016). Die Effektivität des Kontrastierens und Vergleichens konnte bereits in unterschiedlichen Kontexten anhand verschiedener Einzelstudien und Metaanalysen nachgewiesen werden (u. a. Beesley & Apthorp, 2010; Alfieri, Nokes-Malach & Schunn, 2013). Ein Einsatz der Methode in der Lehrkräfteausbildung wurde bisher jedoch kaum wissenschaftlich untersucht (Lipowsky et al., 2019).

Für eine Untersuchung des Ansatzes im Kontext der Erkenntnisgewinnung erscheinen speziell Experimentierprotokolle als Vergleichsobjekte gut geeignet. So orientiert sich ihre Struktur unmittelbar an den einzelnen Phasen des Erkenntniswegs (Brüning, 1990), sodass die exakten Schritte des experimentellen Vorgehens deutlich aus dem Material hervorgehen. Darüber hinaus sind Experimentierprotokolle aufgrund ihres systematischen und immer ähnlichen Aufbaus sehr gut nebeneinander darstellbar und somit vergleichbar.

Projektüberblick und Forschungsfragen zur Pilotierung

Im Teilprojekt „KonVEx“ der Uni Kassel wird unter anderem der Frage nachgegangen, inwieweit die fachbezogene Diagnosekompetenz angehender Grundschullehrkräfte durch das Kontrastieren und Vergleichen fehlerbehafteter Experimentierprotokolle gefördert werden kann. Dazu werden Sachunterrichts-Studierende im Rahmen einer Lehrveranstaltung mit speziell präparierten Paaren von Protokollen konfrontiert und zur Identifikation von Unterschieden und Gemeinsamkeiten aufgefordert. Eine Kontrollgruppe bearbeitet dasselbe Material ohne gezielte Gegenüberstellung. Die Kompetenzentwicklung aller Teilnehmenden wird mittels verschiedener Erhebungsinstrumente in einem Prä-Posttest-Design untersucht.

Da Originalprotokolle von Schüler:innen der Primarstufe für den genannten Zweck zumeist einen zu geringen Umfang und zu wenig sprachliche Präzision besitzen, wurde das für die Studie benötigte Protokollmaterial selbst konstruiert und vor dem Einsatz in der Hauptstudie pilotiert. Der vorliegende Beitrag fokussiert sich im Folgenden ausschließlich auf die Darstellung des Designs und der Ergebnisse dieser Pilotierung, die auf der Basis folgender Forschungsfragen durchgeführt wurde: (F1) Welche Arten von Experimentierfehlern werden in den Protokollen von den Studierenden erkannt? (F2) Wie beurteilen die Studierenden das bereitgestellte Material und die Methode des Kontrastierens und Vergleichens?

Protokollgestaltung und Pilotierungsdesign

Als Materialgrundlage für die Studie wurden zunächst zwölf Protokolle zu verschiedenen Schülerexperimenten des Sachunterrichts (Biologie / Physik) konzipiert und so präpariert, dass darin unterschiedliche Arten literaturbekannter Experimentierfehler repräsentiert waren. Die Verteilung der Fehlertypen erfolgte dabei in der Weise, dass jeweils zwei Einzelprotokolle mit unterschiedlichem Kontext eine identische Fehlerstruktur aufwiesen.

Das gestaltete Material wurde in einem Grundlagenkurs des Sachunterrichts (N=40) eingesetzt. In diesem Rahmen erhielten die Studierenden den Arbeitsauftrag, die Protokolle mit gleicher Fehlerzusammensetzung paarweise gegenüberzustellen. Dabei wurden unter anderem die gefundenen Schülerschwierigkeiten in einer dafür vorgesehenen Randspalte des Materials dokumentiert. Aufgrund der Corona-Situation erfolgte die Umsetzung als digitale Variante in Heimarbeit.

Für die Auswertung im Hinblick auf F1 wurden die Anmerkungen der Teilnehmenden mittels eines Kategoriensystems geordnet. Dieses wurde zunächst deduktiv auf der Basis der literaturbekannten Fehlerkategorien erstellt, später jedoch um zusätzlich genannte Aspekte der Studierenden erweitert. Zur Beantwortung von F2 schloss sich kurz nach der Bearbeitung des Protokollmaterials eine Befragung von zwölf Teilnehmenden mittels leitfadengestützter Interviews an. Diese waren in drei thematische Abschnitte untergliedert: 1. Inhaltliche Beurteilung der Protokollarbeit, 2. Strukturelle und organisatorische Beurteilung der Protokollarbeit, 3. Erfahrungen mit dem Kontrastieren und Vergleichen. Zur Auswertung wurde das erhaltene Interviewmaterial transkribiert und mittels qualitativer Inhaltsanalyse nach Mayring (2015) analysiert.

Ergebnisse der Pilotierung

Durch den Abgleich der im Protokollmaterial gemachten Anmerkungen mit einem vorab erstellten Erwartungshorizont wurde für jeden Fehlertyp der Anteil der Experimentierfehler berechnet, der durch die Teilnehmenden identifiziert wurde. Die Ergebnisse der häufigsten Fehlerkategorien werden in folgender Tabelle zusammengefasst.

Fehlerkategorie	Anzahl Fehler gesamt	Anzahl Fehler gefunden	Anteil Fehler gefunden
Fehlerhafte Fragestellung	70	33	**47,1 %**
Fehlerhafte Hypothese	40	17	**42,5 %**
Fehler bei der Variablenkontrolle	60	42	**70,0 %**
Nichtbeachtung von Störfaktoren	70	47	**67,1 %**
Fehlender Kontrollansatz	30	13	**43,3 %**
Fehlerhafte Schlussfolgerungen	80	46	**57,5 %**
Erkennbares Ingenieursdenken	60	7	**11,7 %**

Durch die Auswertung der leitfadengestützten Interviews können zudem folgende Aussagen der Studierenden als Rückmeldung zu Material und Methode zusammengefasst werden:
Hinsichtlich der inhaltlichen Ausgestaltung wurden die Komplexität und der Umfang des Materials als weitestgehend angemessen eingestuft. Zudem wurden die hohe Präzision und Verständlichkeit hervorgehoben, mit der die dargestellten Experimente beschrieben waren. Der Arbeitsauftrag zur Protokollarbeit wurde als präzise und verständlich wahrgenommen.
Bezüglich der strukturellen Gestaltung der Experimentierprotokolle wurde ausnahmslos die gute Handhabbarkeit des eingesetzten Materials rückgemeldet. Die Teilnehmenden gaben an, dass die klare Struktur die Erarbeitung vereinfach habe. Technische Schwierigkeiten bei der Bearbeitung traten kaum auf und konnten schnell und unkompliziert behoben werden.
Die Methode des Kontrastierens und Vergleichens wurde durch die Teilnehmenden sehr unterschiedlich wahrgenommen. Eine Mehrzahl der Studierenden beschrieb den Ansatz als kognitiv anspruchsvoll, arbeitsaufwändig und zeitintensiv. Die übrigen Befragten teilten diesen Eindruck nicht. Der Großteil der Teilnehmenden stimmte jedoch der Aussage zu, dass die vorgegebene Herangehensweise, verglichen mit einer Einzelbearbeitung, zumindest subjektiv zu einer vertieften Auseinandersetzung mit dem Material geführt habe.

Diskussion und Ausblick

Anhand der Auswertungsdaten zu F1 wurden bereits zum aktuellen Zeitpunkt bestimmte Problembereiche der Studierenden hinsichtlich der Identifikation von Experimentierfehlern deutlich. So wurden von den Teilnehmenden in den Bereichen der Fragestellung, der Hypothese und des Kontrollansatzes jeweils weniger als die Hälfte der existenten Fehler erkannt. Ein vorhandenes Ingenieursdenken, wie es von Hammann und Kollegen (2006) beschrieben wird, wurde sogar nur in den seltensten Fällen angemerkt. Bei der Überarbeitung der Protokolle wurde folglich nochmals auf eine klare Darstellung der genannten Fehlertypen geachtet, um qualitative Mängel des Materials als Ursache für die geringere Erkennungsquote ausschließen zu können. Ferner wurden Anmerkungen und Verbesserungsvorschläge der Studierenden aus den Interviews nach Möglichkeit bei der Überarbeitung des Protokollmaterials berücksichtigt. Aufgrund zahlreicher Hinweise, dass das Kontrastieren und Vergleichen mit einem hohen Arbeitsaufwand einhergeht, wurde die Zahl der für die Hauptstudie vorgesehenen Protokolle auf acht reduziert. Hinsichtlich der Struktur des Materials und der Formulierung des Arbeitsauftrags wurden hingegen keine Veränderungen vorgenommen.
Die Haupterhebung der Studie unter Einsatz der überarbeiteten Experimentierprotokolle wurden im vergangenen Semester abgeschlossen. Erste Ergebnisse hinsichtlich der übergeordneten Forschungsfragen des Projekts werden in Kürze erwartet.

Literatur

Alfieri, L., Nokes-Malach, T.J., Schunn, C.D. (2013). Learning Through Case Comparisons: A Meta-Analytic Review. Educational Psychologist, 48 (2), 87-113

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

Beesley, A.D. & Apthorp, H.S. (Hrsg.) (2010). Classroom instruction that works. Second Edition. Research Report. Online abrufbar unter: https://eric.ed.gov/?id=ED543521 [30.10.2021]

Brüning, H.-G. (1990). Das Versuchsprotokoll. Physica didactica, 17 (3-4), 101–109

Dübbelde, G. (2013). Diagnostische Kompetenzen angehender Biologie-Lehrkräfte im Bereich der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung. Dissertation. Universität Kassel. Online abrufbar unter: https://kobra.uni-kassel.de/handle/123456789/2013122044701 [30.10.2021]

GDSU, Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (2013). Perspektivrahmen Sachunterricht. Bad Heilbrunn: Klinkhardt

Hammann, M., Phan, T.T.H., Ehmer, M. & Bayrhuber, H. (2006): Fehlerfrei Experimentieren. Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht, 59 (5), 292-299

KMK, Kultusministerkonferenz (2008). Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.10.2008 i. d. F. vom 16.05.2019. Online abrufbar unter: https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2008/2008_10_16-Fachprofile-Lehrerbildung.pdf [30.10.2021]

Lipowsky, F., Hess, M., Arend, J., Denn, A.-K., Hirstein, A. & Rzejak, D. (2019). Lernen durch Kontrastieren und Vergleichen – Ein Forschungsüberblick zu wirkmächtigen Prinzipien eines verständnisorientierten und kognitiv aktivierenden Unterrichts. In U. Steffens & R. Messner (Hrsg.), Unterrichtsqualität: Konzepte und Bilanzen gelingenden Lehrens und Lernens. Münster: Waxmann, 373-402

Mayring, P. (2015). Qualitative Inhaltsanalyse. 12., aktualisierte und überarbeitete Auflage. Weinheim: Beltz

Marzano, R.J., Pickering, D. & Pollock, J.E. (2001). Classroom Instruction that Works: Research-based Strategies for Increasing Student Achievement. ASCD

Richland, L.E. & Begolli, K.N. (2016). Analogy and higher order thinking: Learning mathematics as an example. Policy Insights from the Behavioral and Brain Sciences, 3 (2), 160-168

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 (5), 738-758

Stefan Müller[1] [1]Universität zu Köln
Christiane S. Reiners[1]

Vorläufigkeit und soziokulturelle Eingebundenheit

Den Aspekten der Vorläufigkeit und der soziokulturellen Eingebundenheit naturwissenschaftlicher Erkenntnisse kommt in aktuellen Debatten um die Glaubwürdigkeit von Erkenntnissen eine zentrale Rolle zu (Bell, 2009; Kampourakis, 2018). Dies wurde auch in der Corona-Pandemie noch einmal besonders deutlich, während der in der medialen Öffentlichkeit permanent darüber diskutiert wurde, inwiefern bzw. wie schnell sich naturwissenschaftliche Erkenntnisse ändern können und welches Verhältnis zwischen Naturwissenschaften und Gesellschaft besteht (Martin, Hanna, McCartney & Dingwall, 2020). Zahlreiche Studien weisen allerdings darauf hin, dass Lernende und Lehrende bezüglich beider Aspekte von „Nature of Science“ (NOS) häufig über naive oder inkonsistente Ansichten verfügen (Abd-El-Khalick, 2006; Lederman, 2007; McComas, 2017; Cofré, Núñez, Santibáñez, Pavez, Valencia & Vergara, 2019). Zudem scheinen die Vorstellungen von Lehramtsstudierenden über die Vorläufigkeit sowie über die soziokulturelle Eingebundenheit naturwissenschaftlicher Erkenntnisse besonders resistent gegenüber Veränderungen zu sein (Mesci & Schwartz, 2017). Dementsprechend widmete sich ein Promotionsprojekt an der Universität zu Köln den folgenden Forschungsfragen:

- Inwiefern sind die Vorstellungen von Chemielehramtsstudierenden über die Vorläufigkeit bzw. über die soziokulturelle Eingebundenheit naturwissenschaftlicher Erkenntnisse resistent gegenüber Veränderungen?
- Wie lässt sich mithilfe von schulrelevanten Kontexten und NOS-Aktivitäten ein adäquates und kompetenzorientiertes Verständnis der Vorläufigkeit und soziokulturellen Eingebundenheit bei zukünftigen Chemielehrenden fördern?

Zur Beantwortung dieser Fragen wurden zu beiden Aspekten zunächst Arbeitsdefinitionen für die Chemielehrer*innenbildung formuliert. Dabei handelt es sich um Leitrahmen, welche zukünftigen Lehrenden bei der Erstellung von Lernarrangements zur Verständnisförderung helfen sollen. Zudem wurden drei empirische, qualitative Studien mit Lehramtsstudierenden der Universität zu Köln im Rahmen chemiedidaktischer Seminare durchgeführt, deren zentrale Ergebnisse im Folgenden zusammengefasst werden. Die Arbeitsdefinitionen zur Vorläufigkeit und zur Eingebundenheit sowie detaillierte Informationen über die eingesetzten Datenerhebungsinstrumente, Auswertungsmethoden und das generelle Studiendesign finden sich bei Müller (2021) sowie bei Müller und Reiners (2020b, 2021).

Studie 1: Vorstellungen von Lehramtsstudierenden über die Vorläufigkeit und soziokulturelle Eingebundenheit

Im Mittelpunkt der ersten Studie ($n_{S1} = 41$) stand vor allem die Erhebung der Vorstellungen der Studierenden zu den beiden betrachteten NOS-Aspekten. Zusammenfassend zeigt sich, dass einige Lehramtsstudierende tatsächlich naive oder inkonsistente Ansichten über die beiden Aspekte aufweisen, wobei sich die Vorstellungen zur Vorläufigkeit im Vergleich als veränderungsresistenter erweisen. Hierfür konnten mehrere Gründe ausgemacht werden: Zum einen sind viele Studierende auch nach der Intervention nicht in der Lage, ihre Ansichten zu begründen. Zudem beziehen sie in ihren Argumentationen nicht alle Erkenntnisarten mit ein, sondern betrachten vor allem naturwissenschaftliche Theorien und

Modelle als vorläufig, insbesondere geprägt durch das Beispiel der Entwicklung der Atommodelle, welches sie als aus der eigenen Schul- bzw. Hochschulzeit besonders prägendes Beispiel anführen. Darüber hinaus scheint die Auseinandersetzung mit der Vorläufigkeit von Erkenntnissen einige Studierende zu verunsichern. Als Konsequenzen für die zweite Studie ergaben sich, dass offenbar eine intensivere Auseinandersetzung mit der Vorläufigkeit sowie weitere Maßnahmen zur Verständnisförderung notwendig sind. Um einer Verunsicherung der Studierenden vorbeugen zu können, sollte in gleichem Maße zudem auch die Beständigkeit und Glaubwürdigkeit von Erkenntnissen thematisiert werden. Des Weiteren gilt es die Einschätzung der Studierenden zur Vorläufigkeit einzelner Erkenntnisarten noch differenzierter zu erheben.

Studie 2: Erprobung und Evaluation verständnisfördernder Maßnahmen

Durch die Berücksichtigung der oben beschriebenen Konsequenzen konnten in Studie 2 ($n_{S2} = 47$) zwischen Pre- und Post-Test signifikante Vorstellungserweiterungen bezüglich der Vorläufigkeit bei den Studierenden erzielt werden. So begründeten diese im Anschluss an die Intervention nicht nur die Vorläufigkeit von Erkenntnissen differenzierter, sondern auch deren Beständigkeit. Dabei schätzten die Teilnehmenden vor allem die eingesetzten dekontextualisierten Aktivitäten sowie eine Strukturierungshilfe (Müller & Reiners, 2021) als verständnisfördernd ein. Die sechs Monate nach der Intervention durchgeführten Follow-Up-Interviews weisen zudem darauf hin, dass eine während der Intervention arrangierte Medienreflexion einen besonders nachhaltigen Eindruck auf die Studierenden hinterlassen hat. So gaben die interviewten Studierenden an, dass sie mittlerweile Filme oder Fernsehserien kritischer betrachten und fast automatisch reflektieren würden, inwiefern diese ein adäquates Bild naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung vermitteln.

Tab. 1: Einschätzungen der Studierenden ($n_{S2} = 47$) zur Vorläufigkeit bzw. Beständigkeit verschiedener Erkenntnisarten im Pre-Test und Post-Test von Studie 2.

Erkenntnisart	Pre-Test					Post-Test				
	vorläufig				**beständig**	**vorläufig**				**beständig**
Daten	6	12	10	11	8	9	10	9	11	8
Definitionen	6	8	13	18	2	6	17	13	9	2
Gesetze	0	5	4	17	21	2	4	12	27	2
Hypothesen	30	9	7	1	0	33	9	4	0	1
Naturkonstanten	0	3	5	15	24	2	2	9	25	9
Ordnungssysteme	2	9	10	20	6	5	16	15	11	0
Theorien/Modelle	11	20	13	3	0	8	20	14	5	0

Die Teilnehmenden sollten vor und nach der Intervention von Studie 2 zudem jeweils entlang einer fünf-stufigen Skala einschätzen, ob sie einzelne Erkenntnisarten eher für vorläufig oder eher für beständig halten. Die in Tabelle 1 dargestellten Ergebnisse zeigen, dass die Studierenden Naturkonstanten und naturwissenschaftliche Gesetze vor der Intervention als besonders beständig erachteten. Umgekehrt wurden naturwissenschaftliche Hypothesen sowie Theorien und Modelle von den meisten Studierenden offensichtlich eher als vorläufig betrachtet. Die Post-Test-Resultate zeigen, dass diese Tendenzen auch nach der Intervention noch vorliegen. Allerdings schätzten die Studierenden im Post-Test einzelne Erkenntnisarten deutlich seltener als „völlig beständig“ ein. Mithilfe des zweiseitigen t-Tests

für abhängige Stichproben konnten bei Definitionen, Gesetzen, Naturkonstanten und Ordnungssystemen sogar signifikante Unterschiede ($\alpha = 0{,}05$) zwischen den Studierendeneinschätzungen im Pre- und im Post-Test festgestellt werden (Rasch, Friese, Hofmann & Naumann, 2014). Dabei haben sich die Einschätzungen der Studierenden im Mittel jeweils in Richtung „vorläufig“ verschoben. Theorien und Modelle wurden im Post-Test hingegen teilweise als „beständiger“ eingeschätzt. Dies kann als Indiz dafür gewertet werden, dass einige Studierende im Anschluss an die Intervention neben der Vorläufigkeit auch die Beständigkeit von Theorien und Modellen verinnerlicht haben.

Studie 3: Seminarkonzept zu Förderung eines adäquaten Verständnisses über die Vorläufigkeit und soziokulturelle Eingebundenheit

In Studie 3 ($n_{S3} = 27$) sollten die Ergebnisse der vorangegangenen Studien zu einem Seminarkonzept für die Chemielehrer*innenbildung zusammengefasst werden. Dabei musste das entwickelte Seminar aufgrund der Corona-Pandemie im Rahmen der digitalen Distanzlehre erprobt werden. Die Evaluationsergebnisse weisen darauf hin, dass die Studierenden das Seminar größtenteils als verständnisfördernd, motivierend und für ihren späteren Beruf als sehr sinnvoll einschätzten. Zudem wird der große Praxisbezug der Veranstaltung gelobt. So sollten die Studierenden auch exemplarische Unterrichtseinheiten zur Förderung des NOS-Verständnisses entwickeln, wobei sich jeweils 12 Teilnehmende der Vorläufigkeit bzw. der soziokulturellen Eingebundenheit widmeten. Die Unterrichtspläne der Studierenden zeigen, dass diese zur Förderung des Verständnisses über die soziokulturelle Eingebundenheit sehr unterschiedliche Kontexte wählten, wie z.B. erneuerbare Energien, mobile Energiequellen, Kunststoffe im Alltag oder die Geschichte der Frauen in der Chemie. Obwohl die Studierenden selbst noch weitere Beispiele benötigten, um ein adäquates Verständnis der Vorläufigkeit naturwissenschaftlicher Erkenntnisse zu entwickeln (Müller & Reiners, 2021), griffen die Teilnehmenden bei der Unterrichtsplanung bezüglich der Vorläufigkeit jedoch überwiegend auf den Kontext der Entwicklung der Atommodelle sowie auf das Black-Box-Experiment (vgl. Schaer, 1991) zurück. Dies wirft die Frage auf, inwiefern Studierende ihre neuen Vorstellungen auch auf ihre spätere Unterrichtspraxis übertragen.

Fazit und Ausblick

Die Ergebnisse der empirischen Studien zeigen, dass eine Förderung des Verständnisses über die Vorläufigkeit und über die soziokulturelle Eingebundenheit naturwissenschaftlicher Erkenntnisse im Rahmen der Chemielehrer*innenbildung erforderlich ist, da viele Studierende diesbezüglich über naive oder inkonsistente Ansichten verfügen und/oder ihre Ansichten nicht (differenziert) begründen können. Zu diesem Zweck wurden im Rahmen des betrachteten Forschungsprojektes neue Vermittlungsansätze sowie Methoden entwickelt, wie z. B. die BlackTube (Müller & Reiners, 2020a), und in Form eines Seminarkonzeptes zusammengetragen. Um der Veränderungsresistenz der Vorstellungen über die Vorläufigkeit begegnen zu können, sollten sich Lehramtsstudierende einerseits intensiv mit den prinzipiellen Gründen für die Vorläufigkeit auseinandersetzen, wobei eine Differenzierung nach Erkenntnisarten und die Thematisierung verschiedener Beispiele erforderlich ist. Um die Studierenden nicht zu verunsichern, sollte dabei andererseits aber auch die Beständigkeit und Glaubwürdigkeit der Erkenntnisse diskutiert werden. Auf diese Weise kann gewährleistet werden, dass die Studierenden die Naturwissenschaften weder für unveränderlich noch für unglaubwürdig halten.

Literatur

Abd-El-Khalick, F. (2006). Over And Over And Over Again: College Students' Views of Nature of Science. In L. B. Flick & N. G. Lederman (Eds.), Scientific Inquiry and Nature of Science: Implications for Teaching, Learning, and Teacher Education (S. 389–425). Dordrecht: Springer Verlag.

Bell, R. L. (2009). Teaching the Nature of Science: Three Critical Questions. National Geographic Learning. Abgerufen am 09. November 2018 von http://www.ngspscience.com/profdev/monographs/scl22-0449a_sci_am_bell_lores.pdf

Cofré, H., Núñez, P., Santibáñez, D., Pavez, J.M., Valencia, M. & Vergara, C. (2019). A Critical Review of Students' and Teachers' Understandings of Nature of Science. Science & Education, 28(3-5), 205–248.

Kampourakis, K. (2018). Science and Uncertainty. Science & Education, 27(9–10), 830.

Lederman, N. G. (2007). Nature of Science: Past, Present, and Future. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), Handbook of Research in Science (S. 831–880). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Martin, G. P., Hanna, E., McCartney, M. & Dingwall, R. (2020). Science, society, and policy in the face of uncertainty: reflections on the debate around face coverings for the public during COVID-19. Critical Public Health, 30(5), 501–508.

McComas, W. F. (2017). Understanding How Science Works: The Nature of Science as the Foundation for Science Teaching and Learning. The School Science Review, 98, S. 71–76.

Mesci, G. & Schwartz, R. S. (2017). Changing Preservice Teachers' Views of Nature of Science: Why Some Conceptions May be More Easily Altered than Others. Research in Science Education, 47, 329–351.

Müller (2021). Die Vorläufigkeit und soziokulturelle Eingebundenheit naturwissenschaftlicher Erkenntnisse. Kritische Reflexion, empirische Befunde und fachdidaktische Konsequenzen für die Chemielehrer*innenbildung. Berlin: Logos-Verlag, Studien zum Physik- und Chemielernen, Band 317. ISBN 978-3-8325-5343-2

Müller, S. & Reiners, Ch. S. (2020a). Die „BlackTube" - Die Entdeckung chemischer Gesetze und Gesetzmäßigkeiten spielerisch nachvollziehen. Chemie & Schule, 35(2), 11-14.

Müller, S. & Reiners, Ch. S. (2020b). Tentativeness and Sociocultural Embeddedness – Resistant Myths about Nature of Science. In O. Levrini & G. Tasquier (Hrsg.), Electronic Proceedings of the ESERA 2019 Conference. The Beauty and Pleasure of Understanding: Engaging with Contemporary Challenges Through Science Education (S. 760–769). Bologna: ALMA MATER STUDIORUM – University of Bologna.

Müller, S. & Reiners, Ch. S. (2021). Ist chemisches Wissen vorläufig oder beständig oder beides? – Untersuchung der Vorstellungen von Lehramtsstudierenden über die Vorläufigkeit von Erkenntnissen in der Chemie. CHEMKON, 28(5), 187-195. https://doi.org/10.1002/ckon.201900080.

Rasch, B., Friese, M., Hofmann, W. & Naumann, E. (2014). Quantitative Methoden 1 - Einführung in die Statistik für Psychologen und Sozialwissenschaftler (4., überarb. Aufl.). Berlin und Heidelberg: Springer.

Schaer, M. (1991). Einführung in den Modellbegriff im Chemieunterricht der Sekundarstufe I. In K. H. Wiebel (Ed.), Zur Didaktik der Physik und Chemie: Probleme und Perspektiven (S. 183–185). GDCP-Jahrestagung in Weingarten 1990. Alsbach: Leuchtturmverlag.

Laura Arndt[1]
Tim Billion-Kramer[1]
Markus Wilhelm[1,2]
Markus Rehm[1]

[1]Pädagogische Hochschule Heidelberg
[2]Pädagogische Hochschule Luzern

Ist auch der NOS-Minimalkonsens „whole“? Entwicklung eines Messinstruments

Im postfaktischen Zeitalter, in dem Informationen sich – auch unabhängig von Qualitätssicherungskriterien – rasant entwickeln, verbreiten und ablösen, kann die Sicherung der gesellschaftlichen Teilhabe nicht nur durch reine Faktenvermittlung gelingen (Allchin, 2011; 2020; Höttecke & Allchin, 2020). Vielmehr muss übergeordnetes Bildungsziel die (Aus-) Bildung von *competent outsiders* sein (Bromme, 2021), die Wissensstände nicht in erster Instanz als Fachexpert:innen und prüfen (können), sondern auf Grundlage eines angemessenen Wissenschaftsverständnisses epistemisches Vertrauen entwickeln. Demzufolge steht die „Unsicherheit als Element von naturwissenschaftsbezogenen Bildungsprozessen“ als Motto der diesjährigen GDCP-Jahrestagung auch programmatisch eng verbunden mit dem Konzept von *Nature of Science* (NOS).
Daher wird noch immer naturwissenschaftsdidaktisch über verschiedene Ansätze versucht, ein angemessenes Wissenschaftsverständnis als Zielsetzung für den Unterricht zu modellieren: Weitgehend etabliert hat sich ein Minimalkonsens, der das Wesen der Naturwissenschaften über zentrale Facetten als Basisprinzipien elementarisiert (bspw. Lederman, Abd-El-Khalick, Bell & Schwartz, 2002). Allchin (2011; 2020) kritisiert, dass in einem solchen deduktiv generierten Minimalkonsens die Zusammenhänge zwischen elementarisierten Facetten verloren gingen und die naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen unverbunden und idealisiert nebeneinanderstünden. Daher legt er ein eigenes induktiv-orientiertes *Nature of Whole* Science-Konzept vor.
Im hier vorgestellten Projekt wurde ein Vignettentest entwickelt, der in unterschiedlichen Vignetten einerseits den *Minimalkonsens*- und andererseits den *Whole Science*-Ansatz abbildet, um Hinweise auf strukturelle Unterschiede der beiden (vermeintlich?) konfligierenden NOS-Konstrukte zu finden. Auf diese Weise können Hinweise für die Beschaffenheit des NOS-Konstruktes und letztendlich dessen unterrichtliche Umsetzung gefunden werden (Arndt, Billion-Kramer, Wilhelm & Rehm, 2020).

Konstruktion von *Whole Science*-Vignetten
Die Testkonstruktion erfolgte in Anlehnung an den verfügbaren EKoL-NOS-Vignettentest nach Billion-Kramer et al. (Billion-Kramer, Hendrik Lohse-Bossenz, Dörfler & Rehm, 2020). Dessen Vignetten bilden den *Minimalkonsens*-Ansatz durch die Fokussierung von Einzelfacetten entsprechend den Basisprinzipen „Kreativität und Subjektivität“ (KS), „Veränderung mit der Zeit“ (VZ) oder „Beobachtung und Schlussfolgerung“ (BS) ab. Ausgewählte Einzelfacetten-Vignetten (EV) sollen in Kombination mit konstruierten *Whole Science*-Vignetten (WV) ein neues Testinstrument bilden.
Vignetten bieten durch die textbasierte Beschreibung einer Unterrichtssituation mit offenem Ausgang und sich anschließende zu bewertende Handlungsoptionen der Lehrperson in Form von Items die Möglichkeit, nicht nur einzelne Wissenselemente, sondern Kompetenzprofile zu erfassen (Goreth, Straub, Rehm & Geißel, 2020; Wilhelm, Brovelli, Rehm & Bölsterli, 2013)
Theoriegeleitet wurden zehn WV entwickelt (sechs zur Weiterverwendung), die historische Fallbeispiele aus naturwissenschaftlicher Forschung im Vignettenstamm in den Mittelpunkt stellen. Diese Fallbeispiele entstammen en Gros der Minnesota Case Study Collection (Allchin, 2012a; Boston Working Group, 2013), die bereits verschiedene mögliche NOS-Themen, wie Finanzierung von Forschung, die Rolle von Biografien oder Motivationen Forschender benennt. Diese NOS-Themen unterscheiden sich von den Minimalkonsens legitimierte Basisprinzipien, da sie

verschiedene, einander bedingende Aspekte von naturwissenschaftlicher Forschungspraxis thematisieren und naturwissenschaftliche Forschung als reales und soziales Phänomen (Arndt Billion-Kramer, Wilhelm & Rehm, 2020; Bromme, 2021) ins Licht rücken.
Somit bieten sie konkrete Diskussions- und Reflexionsanlässe (Höttecke, Henke & Riess, 2012), die in den geschlossenen Items je Vignettenstamm aufgegriffen werden. Entsprechend der Aufgabenstellung, die Handlungsoptionen vor dem Hintergrund der Förderung von NOS zu bewerten, ergeben sich nicht nur Einblicke in das fachdidaktische Kompetenzprofil, sondern auch in individuelle Wissenschaftsverständnis (Arndt, Billion-Kramer, Wilhelm & Rehm, 2020). Zudem wurden Distraktoren entwickelt, die entweder konkrete Mythen zur naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung (McComas, 2002), den Rück(be)zug auf Fachinhalte oder die Abwertung der Naturwissenschaftsgeschichte adressieren. Auf diese Weise können zusätzlich Alltags-vorstellungen identifiziert und einzelne Bewertungen trianguliert werden.

Expertennorm
Die WV wurden entlang einer theoretischen Norm entwickelt, da das Konstrukt von *Whole Science* auf theoretischer Ebene ausführlich beschrieben und diskutiert wurde (Allchin, 2012b; 2017; Osborne, 2017). Jedoch soll durch die Kombination mit einer empirischen Expertennorm geprüft werden, ob die theoretische Norm und die empirischen Referenzwerte weitestgehend übereinstimmen. Zudem können auf diese Weise aus dem Pool von zehn WV die sechs besten Vignetten (Eindeutigkeit, Prägnanz, Vollständigkeit) ausgewählt werden. Entsprechendes gilt für die konstruierten Items, die ebenfalls im Überschuss entwickelt wurden: Für jeden Vignettenstamm wurden mindestens sechs (bis acht) Items zur Experteneinschätzung vorgelegt, wobei die fünf besten Items für das Messinstrument weiterverwendet werden sollen.
Hierzu wurden zwölf Personen angefragt, die Expertise für die Bereiche NOS und *History and Philosophy of Science* (HPS) aufweisen. Aus den acht eingegangen Rückmeldungen wurde die empirische Norm generiert. So zeigte sich, dass eine unabhängige Aggregation der Bewertung in Form von Modalwerten eine gute Passung mit der theoretischen Norm erzielt. Zusätzlich konnten durch die Umsetzung von Formulierungsvorschlägen in Kommentaren Vignettenstämme und Items weiter ausgeschärft und Modalwerte gesteigert werden. Die Tabellen 1 und 2 zeigen exemplarisch eine ausgewählte und eine verworfene Vignette. Items mit einer Standardabweichung von > 1.4 wurden verworfen. Zudem soll die dichotomisierte Übereinstimmung (dicho. ÜE) einen Überblick geben, ob ein Item grundsätzlich als zur Förderung von NOS geeignet oder ungeeignet eingeschätzt wurde: Bei der Rückmeldung von acht Personen zu einer sechsstufigen Likert-Skala (6 = volle Zustimmung, 1 = volle Ablehnung) können somit Ausreißer durch die Tendenz zur Mitte oder zu Extrema ausgeglichen werden. Wo kein Modalwert gebildet werden konnte, wurde begründet auf den Mittelwert zurückgegriffen (siehe Tabelle 1, Item 6). Vignetten und Items, die vergleichsweise uneindeutig eingeschätzt wurden, konnten aus dem Überschusspool problemlos verworfen werden (siehe Tabelle 2). Somit geben die Tabellen einen Einblick in die expertennormbasierte Selektion von Vignetten und Items.

Testheftentwicklung
Für ein kombiniertes Testheft wurden je sechs EV und WV ausgewählt. Dabei ist jede Einzelfacette KS, VZ und BS doppelt vertreten, während bei den WV auf eine vergleichbare Verteilung von NOS-Themen und Distraktoren geachtet wurde. Um eine auf Oberflächenmerkmalen beruhende Unterscheidung der Vignettenarten zu vermeiden, wurde die Aufgabenstellung sowie die Itemsanzahl und -form vereinheitlicht. Letzteres wurde durch die Aufstockung der EV auf fünf Items und die Formulierung der WV-Items in wörtlicher Rede erzielt. Weitere Items für die EV wurden durch die Variation von Kernaussagen zu den einzelnen Basisprinzipien (Lederman et al., 2002) erzielt.
In einer Präpilotierung (N = 11) wurde eine Testzeit von rund einer Stunde und einen hohen kognitiven Load rückgemeldet, weshalb das Testheft halbiert werden musste. Analog zur ursprünglichen Auswahl der EV und WV wurde auf Vergleichbarkeit der Einzelfacetten und NOS-Themen geachtet. Folglich ergeben sich Vignettensets für EV und WV, die in ihrer Kombination das jeweilige Konstrukt Minimalkonsens und Whole Science vollständig abbilden. Die Prüfung des

Verhältnisses beider Konstrukte mit einer Studierendenstichprobe (N > 500) durch Strukturgleichungsmodelle steht noch aus, um die Frage zu klären, ob *Minimalkonsens* und *Whole Science* wirklich weitgehend unterschiedliche Konstrukte sind.

Tabelle 1: Unabhängige empirische Expertennorm zur weiterverwendeten Vignette "Falsifikationismus". Modalwerte (Ausnahme: Mittelwert bei Item 6) sind farblich hervorgehoben. Item 4 wurde ausgeschlossen

Themen[1] / Likert	**FAL_1** Distr. RFI	**FAL_2** PM, Gwk	**FAL_3** DiD, Gwk	**FAL_4** Distr. RFI	**FAL_5** Distr. AWG	**FAL_6** DiD, RpM, Gwk
6	0	6	5	0	0	3
5	0	0	1	0	0	3
4	0	2	2	1	0	2
3	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	3	0	0
1	8	0	0	4	8	0
n	8	8	8	8	8	8
mean	1	5,50	5,38	1,75	1	5,13
SD	0	0,93	0,92	1,04	0	0,84
Dicho. ÜE (%)	100	100	100	87,5	100	100

Tabelle 2: Unabhängige empirische Expertennorm zur verworfenen Vignette "Sitz der Emotionen". Modalwerte sind farblich hervorgehoben.

Themen / Likert	**EMO_1** EuB, PM, SöS	**EMO_2** Distr. RFI	**EMO_3** EuB, PM, SöS	**EMO_4** Distr. GdW	**EMO_5** GwK DiD, EuB	**EMO_6** DiD, EuB	**EMO_7** DiD, RvZ, Fin
6	0	0	2	0	3	5	2
5	4	0	1	2	4	2	2
4	0	0	3	2	1	1	3
3	2	0	0	0	0	0	0
2	1	1	1	1	0	0	1
1	0	7	1	2	0	0	0
n	7	8	8	7	8	8	8
mean	4	1,13	4	3,14	5,25	5,50	4,50
SD	1,29	0,35	1,77	1,77	0,72	0,764	1,31
Dicho. ÜE (%)	57,1	100	75	42,9	100	100	87,5

[1]NOS-Themen: persönliche Motive (PM); Glaubwürdigkeit (Gwk); Diversität im Denken (DiD); Rolle persönlicher Motive (RpM); Sozialer-ökonomischer Status (SöS); Finanzierung (Fin); Rolle von Zufall (RvZ); Erfahrungen und Beziehungen (EuB);
Distraktoren: Rückbezug auf Fachinhalte (RFI); Abwertung der Wissenschaftsgeschichte (AWG); Glorifizierung der Wissenschaft (GdW)

Literatur

Allchin, D. (2011). Evaluating Knowledge of the Nature of (Whole) Science. *Science Education, 95*, 518-542.

Allchin, D. (2012a). The Minnesota Case Study Collection: New Historical Inquiry Case Studies for Nature of Science Education. *Science & Education, 21*, 1263–1281.

Allchin, D. (2012b). Towards clarity on whole science and KNOWS. *Science Education, 96*(4), 693–700.

Allchin, D. (2017). Beyond the Consensus View: Whole Science. *CANADIAN JOURNAL OF SCIENCE, MATHEMATICS AND TECHNOLOGY EDUCATION, 17*(1), 18–26.

Allchin, D. (2020). From Nature of Science to Social Justice: The Political Power of Epistemic Lessons. In L. Hanson & Yacoubian H. (Eds.), *The Nature of Science and Social Justice.* Springer.

Arndt, L., Billion-Kramer, T., Wilhelm, M. & Rehm, M. (2020). NOS-Modellierungen – Ein theoretischer Konflikt mit fehlender empirischer Basis. *PriSE, 3*(1), 35–45.

Billion-Kramer, T., Hendrik Lohse-Bossenz, H., Dörfler, T. & Rehm, M. (2020). Professionswissen angehender Lehrkräfte zum Konstrukt Nature of Science (NOS): Entwicklung und Validierung eines Vignettentests (EKoL-NOS). *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften.* Retrieved June 08, 2020, from https://doi.org/10.1007/s40573-020-00112-z.

Boston Working Group (2013). *How can history and philosophy of science contribute to unterstanding the nature of scientific literacy?: Mapping research needs*. Report from the conference on how can the HPS contribute to contemporary U.S. science teaching. Boston University.

Bromme, R. (2021, September 15). *Kompetent, unbestechlich und im Sinne des Gemeinwohls: Bedingungen von Vertrauen in Wissenschaft.* GDCP Jahrestagung. online.

Goreth, S., Straub, F., Rehm, M. & Geißel, B. (2020). Determination of a reference value to adequately assess teaching situations: The development of a technology-didactical specialist norm. *Journal of Technical Education and Training, 12*(4), 81–94.

Höttecke, D. & Allchin, D. (2020). Reconceptualizing Nature-of-Science Education in the Era of Social Media. *Science Education, 104*(4), 641–666. Retrieved December 28, 2019, from http://douglasallchin.net/papers/Hottecke-Allchin-NOS-and-Social-Media.pdf.

Höttecke, D., Henke, A. & Riess, F. (2012). Implementing History and Philosophy in Science Teaching: Strategies, Methods, Results and Experiences from the European HIPST Project. *Science & Education, 21*, 1233–1261.

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.

McComas, W. F. (2002). *The principal elements of the nature of science: Dispelling the myths:* Kluwer Academic Publishers.

Osborne, J. (2017). Going Beyond the Consensus View: A Response. *CANADIAN JOURNAL OF SCIENCE, MATHEMATICS AND TECHNOLOGY EDUCATION, 17*(1), 53–57.

Wilhelm, M., Brovelli, D., Rehm, M. & Bölsterli, K. (2013). Erfassen professioneller Kompetenzen für den naturwissenschaftlichen Unterricht: Ein Vignettentest mit authentisch komplexen Unterrichtssituationen und offenem Antwortformat. *Unterrichtswissenschaft, 41*(4), 306–329.

Michael M. Hull[1]
Alexandra Jansky[2]
Martin Hopf [1]

[1]University of Vienna
[2]CERN

Radioactivity as "quintessentially eternal": two survey prompts

Introduction

Today, more than ever, it is critical for the public to be educated regarding the risks and benefits of nuclear energy, particularly regarding the issue of waste storage and treatment. In November 2020, the IAEA discussed Finland's building of Onkalo, the world's first deep geological repository for spent fuel. Research pertaining to learners' understanding of such nuclear waste, however, has produced conflicting findings. On the one hand, Alsop (2001), for example, described how learners have an image of radioactivity as being "quintessentially eternal". On the other hand, it is not uncommon to find media reports from the Chernobyl or Fukushima nuclear disasters which describe half-life as "the period in which a radioactive isotope loses its radioactivity" (Lijnse et al. 1990, Eijkelhof and Millar 1988), and a Delphi study revealed that some radiation experts have encountered the lay idea that "after the half-life there is no danger left" (Eijkelhof *et al.* 1990). Lucas (1987) found that 25 % of respondents think that nuclear waste is no longer radioactive after 100 years. Here we share survey results to compare how students in 8th grade (who had not learned about half-life in school prior to our study) and in 12th grade (who had) think about the lifetime of radioactive materials, and how, they report, that affects real-world decisions they would make.

Methodology: Two Survey Prompts

Our report draws upon student responses to two prompts on the Fission as a Random Occurrence Survey (FAROS). The first prompt, the "Many vs One" (or "MvO") prompt has been discussed elsewhere (Hull, 2019; Hull & Hopf, 2020). The second prompt, "CLOSET", is discussed here for the first time. The current version of CLOSET presents students with the situation of having valuables within a closet that is filled with a radioactive gas and taped shut (the student is outside the closet). Like MvO, CLOSET existed first as a free response prompt. Responses were collected from N = 55 students visiting the University of Vienna in the spring semester of 2019 who had not yet learned about radioactivity and half-life. In this first version of CLOSET, the radioisotope used was Rn-222, and it was explained to respondents that Rn-222 has a half-life of 4 days, which means that, "wenn man zu Anfang eine große Anzahl dieser Atome hat, dann würde nach 4 Tagen nur die Hälfte übrig bleiben, weil sich die andere Hälfte in ein anderes Atom umgewandelt hat." As Hull and Hopf had previously done with MvO (2020), the three authors coded the responses to CLOSET using qualitative content analysis (Mayring, 2014). These codes were then turned into options for a two-tier multiple-choice test form. Prior to individual coding, the three authors looked at six example responses (~10 % of the N = 55 responses) to consider category labels proposed by Hull. The agreed-upon labels to be used with the remaining 49 free responses were:

Code 1 (Answer) Labels*: Less than 1 day, More than 1 but less than 4 days, 4 days, more than 4 but less than 8 days, 8 days, more than 8 but less than 12 days, 12 days, more than 12 days, depends ("It depends on how gas much is present at the start",* which we considered to be correct), *all gone* ("when all the Rn has transformed, whenever that is"), *never, OTHER, NONE*

Code 2 (Reason) Labels: *the gas is never gone, the gas never completely transforms, Half gone in $T_{1/2}$, Half transformed in $T_{1/2}$, Danger(radiation) is halved in $T_{1/2}$, All gone in 2 $T_{1/2}$, All transformed in 2 $T_{1/2}$, Danger(radiation) is all gone in 2 $T_{1/2}$, Get help/info* (which we considered to be correct), *OTHER, NONE*

Coding of the remaining 49 responses led to changes to the codes (see Table 1 below). There were N = 49 respondents and an independent code of "Answer" and "Reason" for each respondent, totaling 98 codes. After coding independently, Hull and Jansky then calculated percentage of agreement (identical codings divided by all codings) (Mayring, 2014). Out of these 98 responses, the authors agreed perfectly on 65 (66 %) of them. On 10 of the remaining 33 (98 – 65) responses, there was partial agreement (a number of respondents were assigned multiple labels for their answer and/or their reasoning codes). The largest disagreement was regarding the labels for Code 2 (Reasoning). One of the coders felt that a response of "I would wait until as much is gone as possible" should be coded as OTHER since it contains a reason for not opening the closet immediately (that is, as time passes, the gas goes away). The second coder, however, felt that a code of NONE is more appropriate as such an answer does not add more than what is in the problem description (about the half-life of the isotope and what that implies). It was agreed to code these responses as NONE. This resolved 6 of the 33 disagreements. A total of 5 disagreements were resolved from the remaining 27 (33 - 6) by making additional adjustments to the coding scheme. First of all, for the labels for Code 2 (Reason), we found it difficult to agree on whether the student was thinking about the gas atoms being "gone" or "transforming into another atom" from the limited data provided by this survey question. We decided to hence subsume the "gone" codes into the "transform" codes after all. This resolved 2 disagreements. An additional 3 disagreements were resolved with the addition of two codes, "Radiation can get through the door" and "Closet becomes radioactive". The remaining 22 (27 - 2 - 3) disagreements were resolved on a case-by-case basis until full agreement had been reached, with the exception of one Answer code for respondent B9:
Ich glaube, dass radioaktive Strahlung durch den Kasten und das Klebeband durchgeht, aber ich würde es trotzdem geschlossen lassen (für sehr lang). (oder entsorgen. Ich glaube das radioaktive bleibt… ich habe gehört, man könne Marie Curies (schreibt man sie so?) Tagebuch noch immer nicht normal angreifen, wegen der gespeicherten radkioaktivität oder so…) Ich würde den Kasten am ehesten einfach wegschmeißen, samt allem was drinnen ist.

Although both coders reached agreement to label Code 1 as "Never", only one of the coders felt that "für sehr lang" should be given a second label of "More than 12 days, but eventually I would open the closet." The latter controversial label ("More than 12 days, but eventually I would open it") for this student is excluded from Table 1 below.

Since some students (especially those choosing ClA1: "Less than 1 day" as their answer) had thought that the prompt is asking what you would do if you were INSIDE the closet, this was clarified when the multiple choice version of CLOSET was administered to 12th grade students in 2021. After the free response version was created, 6 survey validation interviews were conducted to ensure the quality of the multiple choice form of CLOSET. Only one interview led to a change with the prompt. Since the interviewee had interpreted "all" in ClR9 to mean "enough to be safe", we specified in the multiple choice option that the wait would be until "100 % of the atoms" had fissioned. We made similar changes to both Tier 1 and Tier 2 options. We then administered the multiple-choice version of FAROS as an online survey

in between Nov. 9th 2020 and March 24th 2021 to students in 12th grade. After removing respondents who did not complete the survey or who claimed to have not learned about half-life previously, N = 266 respondents remained. Finally, the first part of MANY (asking for how much of the radioactive substance will remain after one half-life) served as a screening question to remove an additional 32 respondents. Specifically, despite the explanation about half-life just prior to the prompt, these students nevertheless selected either "100 million" (the starting amount), "0", or "100 million OR 0" as the amount that would have not yet transformed. Since we had encountered no difficulty in understanding this prompt in any of the survey validation interviews that were involved with the survey creation, we assumed that these responses were due to random guessing, and the respondents were removed. After these measures were taken, a total of N = 234 responses remained.

Answer	**N**	**%C**	**%P**	**Reasoning**	**N**	**%C**	**%P**
ClA1: Less than 1 day	6	10	11	ClR1: The gas never completely fissions	3	5	5
ClA2: More than 1 but less than 4 days	1	2	2	ClR2: Radiation is halved in $T_{1/2}$	1	2	2
ClA3: 4 days	4	7	7	ClR3: Radiation is all gone in 2 $T_{1/2}$	0	0	0
ClA4: More than 4 but less than 8 days	3	5	5	ClR4: Half fissioned in $T_{1/2}$	5	8	9
ClA5: 8 days	2	3	4	ClR5: All fissioned in 2 $T_{1/2}$	2	3	4
ClA6: More than 8 days, but eventually…	7	12	13	*ClR6: Get help/info	12	19	22
*ClA7: Depends	4	7	7	ClR7: Radiation can get through the door	3	5	5
ClA8: Never	11	18	20	ClR8: Closet becomes radioactive	2	3	4
OTHER	10	17	18	ClR9: All gone	4	6	7
NONE	12	20	22	OTHER	6	10	11
				NONE	25	40	45

Table 1. Survey responses to free response form of CLOSET, 2019, N = 55 8th grade students. N = Number of codes, %C = % of codes, %P = % of respondents. The desired response is indicated in the table with an asterisk (*).

Results and Conclusion

On MANY, only 5 % of the 8th grade students and 4% of the 12th grade students said that all the radioactive material would be gone after two half-lives. Although this might be expected of the 12th grade students who had previously learned about half-life, it is somewhat of a surprise that so few of the 8th grade students did not assume this to be the case.

Similarly, only 4% of the 8th grade students and 3% of the 12th grade students said that the closet would be safe after two half-lives. On the other hand, one of the most common responses to CLOSET was that the student would never open the closet. This data suggests that the idea that radioactivity is quintessentially eternal (Alsop 2001) is stronger than the idea about half-life being the active or dangerous time. This suggests that, in the classroom, efforts should be made to clarify to students that we are surrounded by nuclear radiation, and that this level of background radiation can be used as a benchmark to productively make risk-benefit decisions.

Literatur

Alsop, S. (2001). Living with and learning about radioactivity: A comparative conceptual study. *International Journal of Science Education*, 23(3), 263–281. https://doi.org/10.1080/09500690175006651O.

Eijkelhof, H. M. C. and Millar, M. (1988). "Reading about Chernobyl: the public understanding of radiation and radioactivity." *School Science Review* 70.251: 35-41.

Eijkelhof, H. M. C., Klaassen, C. W. J. M., Lijnse, P. L., & Scholte, R. L. J. (1990). Perceived incidence and importance of lay-ideas on ionizing radiation: Results of a delphi-study among radiation-experts. *Science Education*, 74(2), 183–195. https://doi.org/10.1002/sce.3730740205.

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.

IAEA (2020) Finland's Spent Fuel Repository a "Game Changer" for the Nuclear Industry, Director General Grossi Says. https://www.iaea.org/newscenter/news/finlands-spent-fuel-repository-a-game-changer-for-the-nuclear-industry-director-general-grossi-says

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.

Lucas, A. M. (1987) "Public knowledge of radiation." *Biologist* (London) 34.3: 125-129.

Mayring, P. (2014) Qualitative content analysis: theoretical foundation, basic procedures and software solution. Klagenfurt.

Moritz Waitzmann[1]
Rüdiger Scholz[1]
Susanne Weßnigk[1]

[1]Leibniz Universität Hannover

Wirkung eines Realexperiments auf quantenphysikalische Argumentation

Hintergrund

Die Interferenz von unteilbaren Quantenobjekten, wie einzelnen Photonen stellt echtes Quantenverhalten dar. Jedoch wird mit dem Welle-Teilchen Dualismus als Erklärungsmodell eine Interpretation geliefert, die sich auf die klassischen Begriffe Welle und Teilchen stützt und spezifisch quantenphysikalischen Wesenszüge übergeht (Lautesse, Vila Valls, Ferlin, Héraud, & Chabot, 2015).

In der Schulquantenphysik regen die klassisch geprägten Begriffe Welle und Teilchen wirksam die Alternativvorstellung des naiven Welle-Teilchen Dualismus an: Quantenobjekte erscheinen als duale Hybride aus klassischen Konzepten. Die dort üblichen Erklärungen sind weitgehend qualitativ, ohne Rückgriff auf den quantentheoretischen Formalismus (Lautesse et al., 2015; Stadermann, van den Berg, & Goedhart, 2019). Widersprüche zur klassischen Physik, die dieser Formalismus aufdecken könnte, bleiben unerkannt. Um dies zu vermeiden, bedarf es eindeutiger und nicht-klassischer Erklärungen (Küblbeck & Müller, 2002; Lautesse et al., 2015; Müller, 2003).

McNeill und Krajcik (2008) folgend, sind naturwissenschaftliche Erklärungen aus drei Bestandteilen aufgebaut: *Claim* (Behauptung über ein System/Phänomen), *Evidence* (Messwerte, Sachtexte, etc.) und dem verbindenden *Reasoning*. Letzteres legitimiert die *Evidence* als angemessen und relevant zur Unterstützung der *Claims* und ist mit naturwissenschaftlichen Theorien verbunden.

Die Idee des vorliegenden Projekts ist es, Kernideen der Quantenphysik als Argumentationswerkzeuge (quantenphys. Argumentation) zu verwenden und damit eindeutige Erklärungen ohne die Konzepte Welle und Teilchen aufzubauen (Feynman, Leighton, & Sands, 2015; Küblbeck & Müller, 2002). Auch in Hinblick auf die, für den Unterricht als interessant angesehenen Kontexte Quantenkryptographie und -computing, stellen die **P**robabilistik, das **S**uperpositionsprinzip sowie die Fähigkeit zur **I**nterferenz (PSI) Kernideen der Quantenphysik dar (Pospiech, 2021; Scholz, Wessnigk, & Weber, 2020; Zeilinger, 2000).

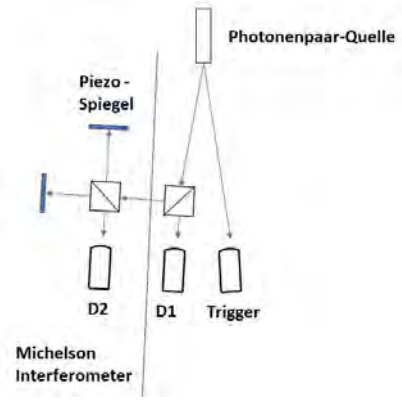


Abb.1: Demonstration von PSI durch Kombination aus Einzelphotonen Strahlteilerexperiment und Michelson-Interferometer.

Zugänglich erscheinen diese Kernideen durch das in Abb. 1 dargestellte Einzelphotonenexperiment. Die Kombination aus Strahlteilerexperiment und Michelsoninterferometer erlaubt die gleichzeitige Demonstration von Unteilbarkeit und Interferenz einzelner Photonen (Scholz et al., 2020). Damit erscheint das Experiment geeignet, dualistische Denkweisen in Frage zu stellen (Müller, 2003) und als

Schlüsselexperiment einen Zugang zur quantenphysikalischen Argumentation zu ermöglichen (Scholz et al., 2020).

Forschungsziel, Design und Methode

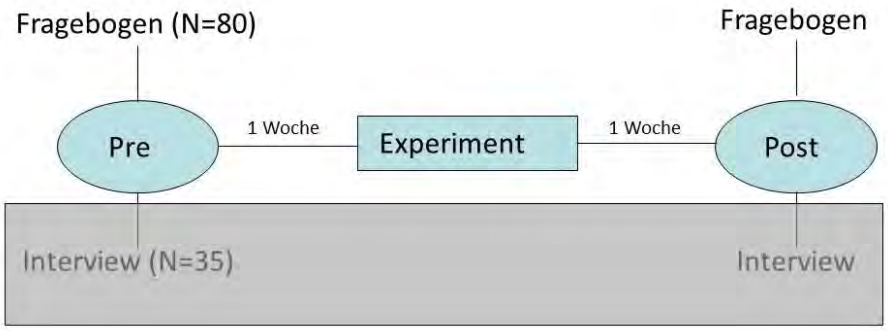


Abb. 2: Forschungsdesign

Allerdings liegt bisher keine Untersuchung zu der antizipierten Wirkung des Experiments vor. Ziel der hier vorgestellten Arbeit ist es zu untersuchen, inwieweit das Experiment zu einer Entwicklung eines Konzeptverständnisses von PSI führt und inwieweit diese Schlüsselideen für die Erklärung von Quantenphänomenen verwendet werden.
Um das Forschungsziel zu erreichen, wurde ein Mixed-Methods Ansatz im Pre-Post Design (Abb. 2) gewählt. 80 Studierende im 2. Semester Physik (deren spezifisches Fachwissen hat etwa Abiturniveau, da Quantenphysik noch nicht Teil des universitären Curriculums war) wurden mit einem Mixed-Format Test mit 29 Items (4 offene) untersucht und zusätzlich eine Subgruppe (N=35) in leitfadengestützten Interviews zur Erklärung des Experiments befragt. Der Fragebogen wurde mittels Rasch-Analyse mit dem R-Packet *eRm* ausgewertet, wobei zunächst die Modellkonformität der Items und Personen geprüft wurde.

Ergebnisse

Basierend auf den von Boone, Staver und Yale (2014) angegebenen Werten für den MNSQ Personen bzw. Item IN- und OUTFIT, wurden Personen / Items von der Auswertung ausgeschlossen, deren MNSQ Werte größer 2.0 oder kleiner 0.5 waren. Insgesamt wurden 15 Personen (18,75%) und drei Items ausgeschlossen.
Die Ergebnisse der Rasch-Analyse von Pre und Post Test sind in den Wright-Maps in Abb. 3 dargestellt. Trotz einer auffälligen Änderung der Itemschwierigkeit von Item 2, welches den Knallertest thematisiert, zeigen sich keine signifikanten Änderungen der Schwierigkeiten, sodass die Fähigkeiten verglichen werden können.
Wie bereits in Abb.3 (oben) sichtbar, nimmt die Personenfähigkeit von Pre zu Post zu. Ein ungerichteter t-Test bestätigt die statistisch höchst-signifikante Zunahme der mittleren Personenfähigkeit (t= -8.2295, df= 64, p=1.289e-11; 95% Konfidenzintervall [-1.0991681, -0.6696075], Δ= -0.883878, d= 1.020301).
Nachfolgend wurden Veränderungen in den jeweiligen Leistungsquartilen betrachtet. Im Vergleich von Pre und Post in Abb. 3 fällt zunächst auf, dass die Studierenden in den unteren beiden Leistungsquartilen im Post Test mehr Items beantworten konnten. Wohingegen die oberen Leistungsquartile durch die Beantwortung weniger Items charakterisiert werden.

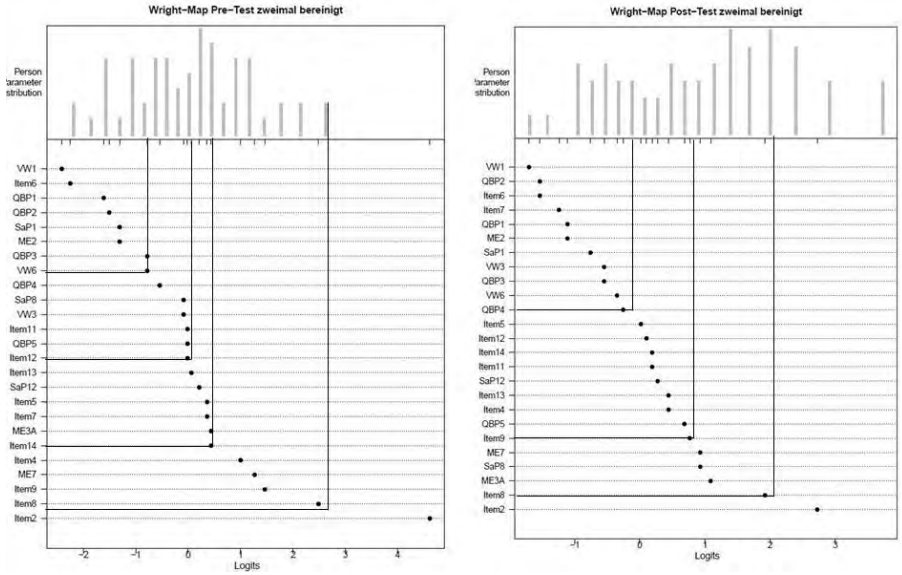


Abb. 3: Wright-Maps von Pre und Post Test. Eingezeichnet: Leistungsquartile

Der Zuwachs zeigt, dass die Studierenden im Pre-Test im 1. Quartil vor allen Dingen Schulwissen rezipieren können und im 2. Quartil hauptsächlich die Eigenschaften von Wellen sowie die Interferenz von klassischen Wellen thematisieren. Die Interferenz einzelner Quantenobjekte kann nur von Studierenden im 4. Quartil erklärt werden. Im Post-Test können von Studierenden im 1. Quartil nun grundlegende Eigenschaften von Quantenobjekten und Wellen benannt werden und die Interferenz einzelner Quantenobjekte bereits von den Studierenden im 3. Quartil. Der Knallertest (Item 2), welcher im Pre-Test keinem Leistungsquartil zugeordnet werden konnte, charakterisiert im Post-Test das 4. Quartil.
Insgesamt lässt sich sagen, dass die Bearbeitung des in Abb. 1 dargestellten Kombinationsexperiments zu einer Erhöhung der Personenfähigkeit zu führen scheint. Des Weiteren scheint die Bearbeitung eine angemessene Erklärung der Interferenz einzelner Quantenobjekte zu fördern. Schwierig bleibt weiterhin das Superpositionsprinzip, dessen Interpretation als scheinbare Koexistenz aller Möglichkeiten sowie der Einfluss der Messung als eindeutige Festlegung des Messergebnisses, wie z.B. am optischen Strahlteiler sowie beim Knallertest.

Limitation

Ein limitierender Faktor stellt der verwendete Test dar, weil in Pre und Post derselbe Test verwendet wurde, sodass Retesteffekte nicht ausgeschlossen werden können. Zudem ist der Post-Test im 4. Quartil wenig selektiv, da dieses durch ein einzelnes Item charakterisiert wird. Allerdings ermöglicht die zusätzliche Interviewstudie mit einer Subgruppe von 35 Studierenden detaillierte Analysen der physikalischen Argumentation bei der Erklärung von gleichzeitiger Unteilbarkeit und Interferenz von Einzelphotonen.

Gefördert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) – Projektnummer 274200144- SFB 1227

Literatur

Boone, W. J., Staver, J. R., & Yale, M. S. (2014). *Rasch analysis in the human sciences*. Dordrecht: Springer.

Feynman, R. P., Leighton, R. B., & Sands, M. (2015). *Quantenmechanik*. Berlin, München, Boston: DE GRUYTER. https://doi.org/10.1515/9783110367744

Küblbeck, J., & Müller, R. (2002). *Die Wesenszüge der Quantenphysik: Modelle, Bilder und Experimente*. *Praxis-Schriftenreihe Abteilung Physik: Vol. 60*. Köln: Aulis-Verl. Deubner.

Lautesse, P., Vila Valls, A., Ferlin, F., Héraud, J.-L., & Chabot, H. (2015). Teaching Quantum Physics in Upper Secondary School in France. *Science & Education*, *24*(7-8), 937–955. https://doi.org/10.1007/s11191-015-9755-9

McNeill, K. L., & Krajcik, J. (2008). Inquiry and Scientific Explanations: Helping Students Use Evidence and Reasoning. In J. Luft, R. Bell, & J. Gess-Newsome (Hrsg.), *Science as inquiry in the secondarry setting* (pp. 121–134). Arlington, VA: National Science Teachers Association Press.

Müller, R. (2003). *Quantenphysik in der Schule*. *Studien zum Physiklernen: Vol. 26*. Berlin: Logos-Verl.

Pospiech, G. (2021). *Quantencomputer & Co: Grundideen und zentrale Begriffe der Quanteninformation verständlich erklärt* (1. Auflage 2021). *essentials*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH; Springer Spektrum. https://doi.org/10.1007/978-3-658-30445-4

Scholz, R., Wessnigk, S., & Weber, K. A. (2020). A classical to quantum transition via key experiments. *European Journal of Physics.* Advance online publication. https://doi.org/10.1088/1361-6404/ab8e52

Stadermann, H. K. E., van den Berg, E., & Goedhart, M. J. (2019). Analysis of secondary school quantum physics curricula of 15 different countries: Different perspectives on a challenging topic. *Physical Review Physics Education Research*, *15*(1). https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.15.010130

Zeilinger, A. (2000). Quantenexperimente zwischen Photon und Fulleren. *Physik in Unserer Zeit*, *31*(5), 199–202. https://doi.org/10.1002/1521-3943(200009)31:5%3C199::AID-PIUZ199%3E3.0.CO;2-U

Philipp Bitzenbauer[1] [1]FAU Erlangen-Nürnberg

Lernende erläutern Wesenszüge der Quantenphysik: Doppelspalt und Interferometer im Fokus

Theoretischer Hintergrund. In der Agenda Quantensysteme 2030[1] wurde unter Einbezug von Beteiligten der Fachcommunity aus Forschung und Industrie verfasst, um „Handlungsempfehlungen für zukünftige Aktivitäten zu erarbeiten, […] einen Rahmen zu setzen und eine fundierte Grundlage für ein mögliches Förderprogramm ‚Quantensysteme' des Bundesministeriums für Bildung und Forschung zu schaffen" (VDI, 2021). Quantentechnologien benötigen „gut ausgebildete Fachkräfte insbesondere aus Bereichen wie den Ingenieurwissenschaften und der Informatik, die bisher kaum mit Themen der Quantenphysik zu tun hatten" (VDI, 2021, S. 61). Deswegen ist das Themenfeld *Education, Training, Outreach, Kooperation und Vernetzung* wichtiger Bestandteil der Agenda. Für den Quantenphysikunterricht an Schulen wurde dabei unter anderem die Entwicklung von Experimenten als Ziel festgelegt: *„Da der Schulunterricht auf Experimente gestützt sein soll, ist es für eine erfolgreiche Umsetzung erforderlich, im Unterricht einsetzbare Experimentiermöglichkeiten zu entwickeln. […] Deshalb ist es schon heute sinnvoll, künftige Experimentiermöglichkeiten zu entwickeln und bezüglich ihrer Lernwirksamkeit zu untersuchen"* (VDI, 2021, S. 67). Dabei existiert aus physikdidaktischer Sicht ein besonderes Interesse an solchen Experimenten zur Quantenphysik (QP), mit denen erstens ein Konzeptwechsel von mechanistischen zu quantenphysikalisch geprägten Vorstellungen initiiert werden kann (Kalkanis et al., 2003), und die zweitens zur Vermittlung der Wesenszüge der QP (Küblbeck & Müller, 2002) geeignet sind (Weber, 2020). Zwar wurden in der physikdidaktischen Forschung zahlreiche experimentbasierte Konzepte und Curricula zur QP für die Lehre vorgeschlagen (vgl. Scholz et al., 2020) und evaluiert (Bitzenbauer, 2021). Jedoch fehlen bisher empirische Untersuchungen, die im Detail Lernprozesse von Schülerinnen und Schülern in experimentbasierten Lernumgebungen zur QP untersuchen. Beispielsweise ist im Kontext verschiedener Experimente zur QP von Schlüsselexperimenten die Rede (vgl. Waitzmann et al., 2020), aber es liegen keine empirischen Befunde hinsichtlich der spezifischen Vor- und Nachteile dieser Experimente für die Lernprozesse von Schülerinnen und Schülern vor, welche die Identifikation eines konkreten Experiments als *das* Schlüsselexperiment für den Quantenphysikunterricht rechtfertigen würden.

Schlüsselexperimente für den Quantenphysikunterricht. Das Doppelspaltexperiment mit einzelnen Quantenobjekten (DSE) wird mitunter als Schlüsselexperiment für die Lehre der QP bezeichnet, weil im Doppelspaltexperiment „‚steckt', was in der Quantenphysik erstrangig ist" (Leisen et al., 2000, S. 6). Ein physikalisch äquivalentes Experiment stellt das Experiment zur Interferenz einzelner Quantenobjekte im Michelson-Interferometer (MI) dar (Maries et al., 2020). Die Interferenz einzelner Quantenobjekte ermöglicht direkten Zugang zu den Wesenszügen der QP (Küblbeck & Müller, 2002), insbesondere lassen sich damit die Superposition von Zuständen, die Nichtlokalität, und die statistische Deutung der QP thematisieren. Die Quanteninterferenz kann nicht klassisch erklärt werden und das DSE- oder ein Interferometer-Experiment mit einzelnen Quantenobjekten erzeugt deswegen bei Lernenden einen kognitiven Konflikt (vgl. Waitzmann et al., 2020), vor allem dann, wenn

[1]https://www.quantentechnologien.de/fileadmin/public/Redaktion/Dokumente/PDF/Publikationen/Agenda_Quantensysteme_2030_web_C1.pdf

Schülerinnen und Schüler Vorstellungen besitzen, in denen Elektronen oder Photonen kleine (kugelförmige) Teilchen (vgl. Mashhadi & Woolnough, 1999) sind, die sich entlang definierter Trajektorien bewegen (vgl. Sayer et al., 2017). Die Folge sind Erklärungsmuster von beispielsweise folgender Form: „*Am Schirm hinter dem Doppelspalt beobachtet man zwei Auftrefforte"* (Thacker, 2003) oder „*Photonen müssen sich am Strahlteiler spalten, damit die beiden Hälften überlagern können"* (Marshman & Singh, 2016). In einer Studie von Mannila et al. (2002) berichten die Autoren von weniger als 30% der Lernenden, die überhaupt ein Bewusstsein für die statistische Interpretation der Experimente zu haben scheinen. Vor dem Hintergrund dieser dokumentierten Schülervorstellungen stellt sich die Frage, welche Unterschiede man bei der Vermittlung quantenphysikalischer Konzepte mit Hilfe von a) DS und b) MI hinsichtlich der Vorstellungen und des konzeptuellen Verständnisses der Lernenden bei ansonsten gleichem Vorgehen beobachten kann. Empirische Befunde hinsichtlich dieser Frage könnten erstens einen Beitrag zur Identifikation *des* zentralen Schlüsselexperiments für den Quantenphysikunterricht leisten oder zweitens Hinweise dafür liefern, *wie* beide Experimente in optimaler Weise im Unterricht kombiniert werden sollten, um einen Konzeptwechsel hin zu quantenphysikalischen Vorstellungen bei Lernenden zu fördern. Zur Klärung solcher Frage(n) erscheinen jedoch unterschiedliche Untersuchungen mit verschiedenen Studiendesigns und Erhebungsinstrumenten in der Zukunft notwendig: Wir berichten in diesem Beitrag über Resultate einer explorativen Interviewstudie, die wir zur Spezifikation der oben aufgeworfenen Fragen nutzen. Wir leiten daher aus den Ergebnissen konkrete Forschungsfragen ab und präsentierten das Studiendesign einer geplanten Folgestudie.

Ergebnisse einer explorativen Interviewstudie und abgeleitete Forschungsfragen. Im Rahmen unserer explorativen Interviewstudie wurden 25 Schülerinnen und Schüler nach dem Unterricht zur Quantenoptik nach dem Erlanger Konzept[2] (Bitzenbauer & Meyn, 2020) unter anderem zu den Wesenszügen *Statistisches Verhalten*[3] und *Fähigkeit zur Interferenz*[4] nach Küblbeck und Müller (2003, S. 27) befragt. Die Lernenden sollten dabei zunächst die in den Formulierungen der Wesenszüge auftretenden Elemente beschreiben und die Wesenszüge im Anschluss in eigenen Worten und mit Hilfe von Experimenten erläutern. Die Schülerantworten wurden mittels qualitativer Inhaltsanalyse (deduktiv-induktive Kategorienbildung) ausgewertet. Die Studie und ihre Ergebnisse sind bei Bitzenbauer (2020) ausführlich dargestellt. An dieser Stelle sollen nur zwei mit Bezug auf die Schlüsselexperimente relevante Beobachtungen geteilt werden:

1. Die vollständige Erläuterung des Wesenszugs *Fähigkeit zur Interferenz* gelang insgesamt 16 der 25 Befragten. Vier Lernende nutzten das MI und acht Lernende das DSE (mit einzelnen Photonen), um zu erläutern, was mit der folgenden Teilaussage in der Formulierung des Wesenszugs gemeint ist: *„[…] wenn es für das Versuchsergebnis mehr als eine klassisch denkbare Möglichkeit gibt."*
2. Eine detaillierte Typisierung (vgl. Bitzenbauer, 2020) der beobachteten Schülervorstellungen zum *Statistischen Verhalten* ergab drei Cluster von Lernenden:
    - *Cluster 1* (6 von 25), das Lernende zusammenfasst, die erläutern, dass statistische Aussagen nur für Ensembles gleichartig präparierter Quantenobjekte gelten, und dass Quantenzufall vom Zufall aus der klassischen Physik zu unterscheiden ist. Bei diesen Lernenden kann auf Grundlage der Ergebnisse von einem erfolgreichen

[2] In diesem Konzept lernen die Schülerinnen und Schüler sowohl das Michelson-Interferometer, als auch das Doppelspaltexperiment kennen.
[3] „In der Quantenmechanik sind im Allgemeinen nur statistische Vorhersagen möglich" (Küblbeck & Müller, 2003, S. 27).
[4] „Einzelne Quantenobjekte können zu einem Interferenzmuster beitragen, wenn es für das Versuchsergebnis mehr als eine klassisch denkbare Möglichkeit gibt. Keine dieser Möglichkeiten wird dann im klassischen Sinn ‚realisiert'" (Küblbeck & Müller, 2003, S. 27).

Konzeptwechsel hin zu quantenphysikalischen Vorstellungen zur statistischen Deutung der QP ausgegangen werden.

- *Cluster 2* (13 von 25), das Lernende zusammenfasst, die ähnliche Vorstellungen aufweisen, wie die Lernenden in Cluster 1, die aber den Indeterminismus in der QP im Sinne einer Interpretation verborgener Parameter denken.
- *Cluster 3* (6 von 25), das Lernende zusammenfasst, die Wahrscheinlichkeitsaussagen in der QP ausschließlich im Sinne von Messunsicherheiten auffassen, weil *„Quantenobjekte nicht besser lokalisiert werden können"*. Bei diesen Lernenden muss auf Grundlage der Ergebnisse davon ausgegangen werden, dass eine (vollständige) Abkehr von deterministischen Vorstellungen nicht gelungen ist.

Dabei fällt auf (vgl. Tab. 1): Alle Lernenden aus Cluster 3 nutzten das DSE in ihren Erläuterungen zum *Statistischen Verhalten*, z.B.: *„Es ist Zufall, an welchem Ort ein einzelnes Elektron auf dem Schirm auftrifft."* Umgekehrt argumentierten alle Befragten aus Cluster 1 mit Hilfe des Verhaltens von Einzelphotonen am Strahlteilerwürfel, wie er im MI vorkommt und in Teilen *zusätzlich* mit dem DSE, z.B.: *„Wenn man jetzt eine große Anzahl von Einzelphotonen nacheinander an den Strahlteiler schießt, werden die zwar am Ende ungefähr Hälfte-Hälfte transmittiert und reflektiert, aber man kann eben nicht für ein einzelnes Photon an sich bestimmen, ob es transmittiert oder reflektiert wird."*

Tabelle 1 liefert einen Überblick über diese Beobachtung. Folglich stellen wir die folgende Forschungsfragen:

1. *Ruft das DSE stärker mechanistisch geprägte Vorstellungen bei Lernenden hervor als das MI?*[5]
2. *Ruft das DSE stärker deterministisch geprägte Vorstellungen bei Lernenden hervor als das MI?* [6]

		Cluster A	Cluster B	Cluster C
	# Befragte	6 / 25	13 / 25	6 / 25
Einbezug von … in Überlegungen	**Doppelspalt**	2 / 6	9 / 13	**6 / 6**
	Interferometer / Strahlteiler	**6 / 6**	5 / 13	0 / 6

Tab. 1: Überblick über den Einbezug von DSE und MI zur Erläuterung des Wesenszugs zur statistischen Deutung der Quantenphysik durch N = 25 Teilnehmende an der Interviewstudie.

In der Literatur findet man zusätzlich empirische Ergebnisse, die indizieren, dass die Vermittlung von Welcher-Weg-Information (via Polarisation) und Einzelphotoneninterferenz im Kontext Mach-Zehnder-Interferometer Lernende beim Transfer der Konzepte auf den Kontext des DSE unterstützt (Maries & Singh, 2020). Daher stellen wir zusätzlich die folgende Forschungsfrage:

3. *Hat die Reihenfolge der Präsentation der beiden Schlüsselexperimente (DSE & MI) einen Einfluss auf die entwickelten Vorstellungen Lernender zur QP?*

Ausblick. Die hier berichteten Ergebnisse stellen Beobachtungen im Rahmen einer explorativen Interviewstudie dar und sind nur in kondensierter Form erläutert. Wir nutzten diese Beobachtungen zur Formulierung konkreter Forschungsfragen, deren Klärung nun in einer Laborstudie verfolgt wird (vgl. Abb. 1).

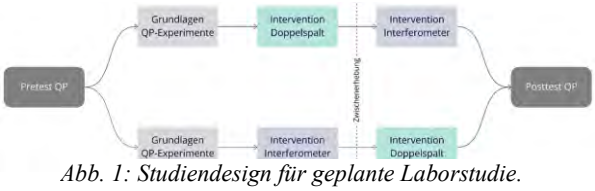


Abb. 1: Studiendesign für geplante Laborstudie.

[5] Hypothese: Lernende, die mit dem DSE über quantenphysikalische Konzepte gelernt haben, weisen nach der Intervention stärker mechanistisch geprägte Vorstellungen auf als Lernende, die mit dem MI gelernt haben.
[6] Hypothese: Lernende, die mit dem DSE über quantenphysikalische Konzepte gelernt haben, weisen nach der Intervention stärker deterministisch geprägte Vorstellungen auf als Lernende, die mit dem MI gelernt haben.

Literatur

Bitzenbauer, P. (2021). Effect of an introductory quantum physics course using experiments with heralded photons on preuniversity students' conceptions about quantum physics. *Physical Review Physics Education Research*, 17, 020103.

Bitzenbauer, P. (2020). Quantenoptik an Schulen—Studie im Mixed-Methods Design zur Evaluation des Erlanger Unterrichtskonzepts zur Quntenoptik. Berlin: Logos Verlag.

Kalkanis, G, Hadzidaki, P. & Stavrou, D. (2003). An instructional model for a radical conceptual change towards quantum mechanics concepts, *Science Education*, 87, 257.

Küblbeck, J. & Müller, R. (2003). *Die Wesenszüge der Quantenphysik: Modelle, Bilder, Experimente*, Köln: Aulis-Verlag Deubner.

Leisen, J., Fries, D. & Luggen-Hölscher, J. (2000). Quantenphysik / Mikroobjekte. *Handreichung zum neuen Lehrplan Physik in der S II. PZ-Information*, 2/2000.

Mannila, K., Koponen, I. T. & Niskanen, J. A. (2002). Building a picture of students' conceptions of wave- and particle- like properties of quantum entities, *European Journal of Physics*, 23, 45.

Maries, A., Sayer, R. & Singh, C. (2020). Can students apply the concept of "which-path" information learned in the context of Mach–Zehnder interferometer to the double-slit experiment?, *American Journal of Physics*, 88, 542-550.

Mashhadi, A. & Woolnough, B. (1999). Insights into students' understanding of quantum physics: visualizing quantum entities, *European Journal of Physics*, 20, 511.

Sayer, R., Maries, A. & Singh, C. (2017). A quantum interactive learning tutorial on the double-slit experiment to improve student understanding of quantum mechanics, *Physical Review Physics Education Research*, 13(1), 010123.

Scholz, R., Weßnigk, S. & Weber, K.-A. (2020). A classical to quantum transition via key experiments, *European Journal of Physics*, 41, 055304.

Thacker, B. A. (2003). A study of the nature of students' models of microscopic processes in the context of modern physics experiments, *American Journal of Physics*, 71, 599.

VDI Technologiezentrum GmbH (2021). Agenda Quantensysteme. https://www.quantentechnologien.de/fileadmin/public/Redaktion/Dokumente/PDF/Publikationen/Agenda_Quantensysteme_2030_bf_C1.pdf

Waitzmann, M., Scholz, R. & Weßnigk, S. (2020). Schlüsselexperiment und Forschendes Lernen – Ein Zugang zur Quantenphysik? In: S. Habig (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Wien 2019*. (S. 701). Universität Duisburg-Essen.

Weber, K.-A., Friege, G. & Scholz, R. (2020). Quantenphysik in der Schule – Was benötigen Lehrkräfte? Ergebnisse einer Delphi-Studie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 26(1), 173-190.

Christiane Richter[1]
Michael Komorek[1]

[1]Universität Oldenburg

Rückwärtsplanung und Lesson Study

„If the teacher's lens can be changed to seeing learning through the eyes of students, this would be an excellent beginning." J. Hattie, 2009, S. 252

Es ist ein hervorragender Start der Professionalisierung von Lehramts-Studierenden, sie dabei zu unterstützen, Perspektivwechsel vorzunehmen und fachliches Lernen mit den Augen ihrer Schüler:innen zu interpretieren. Dies ist nicht nur aus Sicht der konstruktivistischen Lerntheorie angezeigt, sondern wird auch durch Meta-Studien, wie sie Hattie (2013) vertritt, nahegelegt. Dieser Beitrag befasst sich mit dem Planungsverhalten von Physik-Lehramtsstudierenden und ihren Möglichkeiten, Lernziele und Methoden an die Bedürfnisse und Fähigkeiten der Lernenden zu adaptieren.
In der Begleitung des schulischen Fachpraktikums sollen die Studierenden einen Paradigmenwechsel von alleiniger *Lehrorientierung* in der Unterrichtsplanung hin zur vertieften *Lernorientierung* erreichen. Kern unseres Seminarkonzepts ist die Verknüpfung einer kritischen Sachanalyse mit dem Herausarbeiten und Berücksichtigen der Lernvoraussetzungen der Schüler:innen (gemäß dem Modell der Didaktischen Rekonstruktion; Duit, Gropengießer, Kattmann, Komorek & Parchmann, 2012). Zudem nutzen wir als Strukturierungshilfe die Basismodelle nach Oser (Oser & Patry, 1990; Krabbe, Zander & Fischer, 2015) mit ihren spezifischen Lernschrittfolgen. Da diese aber trennscharf zwischen Oberflächen- und Tiefenstruktur des Unterrichts zu differenzieren erlauben, unterstützen wir die Studierenden darin, explizit zwischen den angezielten kognitiven Prozessen und den Schülerhandlungen, die die Kognitionen bezwecken sollen, zu unterscheiden und dies auch bei ihren Unterrichtsplanungen zugrunde zu legen. Der Planungsprozess orientiert sich daher am Konzept der *Rückwärtsplanung* (vgl. Richter & Komorek, 2017), wonach die Planung bei den kognitiven Zielen startet und die Handlungen dafür instrumentalisiert. So trivial das klingen mag, so wenig entspricht diese Reihenfolge der subjektiven studentischen Sicht auf Planungen.
Zu beforschen gilt nun, inwiefern Rückwärtsplanung in Kombination mit Basismodellen aufseiten der Schüler:innen tatsächlich beabsichtigte Lernprozesse anregt. Als diagnostisches Instrument nutzen die Studierenden das Konzept der Lesson Study, bei der empirische Evidenzen als explizites Feedback hinsichtlich der Planungsgüte genutzt wird. Lesson Study ist eine Form der Unterrichtsforschung mit Fokus auf den kognitiven Prozessen der Schüler:innen, die durch die Interpretation von Beobachtungsdaten hinsichtlich der Schülerhandlungen von den Studierenden selbst modelliert werden (Mewald, 2019a).
In dem Studienformat SchAU ^{plus} können Studierende mit Hilfe der Lesson Study selbsttätig reflektieren, in welcher Weise ihre Rückwärtsplanung die angezielten Prozesse auf Schülerseite hervorgerufen hat. Rückwärtsplanung und Lesson Study bilden damit eine komplementäre Einheit von Entwicklung und Diagnostik.

Rückwärtsplanung

Ausgehend vom Unterrichtsgegenstand formulieren die Studierenden im Fachpraktikum zu jedem Lernschritt (des gewählten Basismodells) bestimmte Ziele, d. h. welche kognitiven Pro-

zesse bei den Lernenden ablaufen sollen. Erst danach überlegen sie, welche Schülerhandlungen geeignet sind, diese Kognition auszulösen. Durch diese explizite Trennung zwischen Kognition und Aktion sollen Studierenden für die Unterscheidung von Sicht- und Tiefenstruktur sensibilisiert werden; zumal sie oft allein auf die Sichtstruktur ihres Unterrichts fixiert sind, also ihre eigenen Handlungen und die der Schüler:innen. Die Tiefenstruktur, die Ebene der kognitiven Prozesse, ist für Novizen noch zu wenig im Blick, denn sie unterliegen dem 'didaktischen Kurzschluss', wonach die beabsichtigte Kognition automatisch ausgelöst wird, wenn nur die Handlungen wie erwartet abläuft (vgl. Reusser et al. 1998; Seidel, 2003). Um diesen Kurzschluss zu unterbrechen, sollen die Studierenden ihren Unterricht auf seine kognitive Wirksamkeit hin untersuchen (Meentzen & Stadler, 2010).

Lesson Study

Die Lesson Study ist eine kollaborative Form der Unterrichtsforschung, bei der Dozent:in und Studierender Unterricht und eine Forschungsfrage gemeinsam planen. Ein gemeinsames Verständnis vom Lehr-Lern-Prozess bildet die Grundlage jeder Lesson Study. Der Fokus liegt auf den Lernprozessen der Schüler:innen, nur zweitrangig auf der Lernleistung.

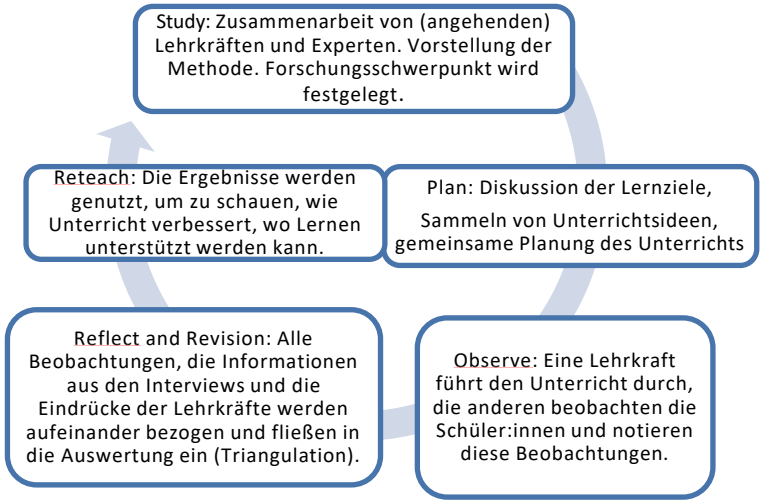


Abb. 2 Zyklischer Verlauf einer Lesson Study in Anlehnung an C. Mewald, 2019

Die offenen Beobachtungen der Studierenden, die auf Kärtchen notiert werden, bilden die zentrale Datenquelle der Lesson Study. Aus den beobachteten und schon während der Beobachtung codierten Lernhandlungen, die im Kontext zum Unterrichtsgeschehen (Zeitleiste) notiert werden, werden dann Rückschlüsse zu Motivation, Vorstellungen, Verständnis etc. der Schüler:innen gezogen. In der Lesson Study steht das Verstehen eines Lernproblems im Fokus, deshalb werden diese durchaus subjektiv geprägten Beobachtungsdaten gemeinsam interpretiert (vgl. Mewald, 2019b). Die Ergebnisse werden in einem Lernaktivitätsdiagramm dargestellt. Auf der Y-Achse wird der Aktivitätsgrad des Lernenden (Reproduzieren, reorganisieren, transferieren (vgl. Knoblauch, 2017) gegen den Ablauf des Unterrichtsgeschehens (X-Achse) aufgetragen. Die Beschreibung der Lernaktivitäten inkl. der Visualisierung in Lernaktivitätskurven offenbaren, an welchen Stellen des Unterrichts Lernprobleme auftreten

und geben Anregungen, wie sich der Unterricht weiterentwickeln ließe. Zur Wirksamkeit der Lesson Study vgl. Rzejak (2019).

SchAU plus

Rückwärtsplanung und Lesson Study werden im Modulformat SchAU plus kombiniert. Dieses Format findet für Studierende als Wahlpflichtangebot zum Ende ihres Masterstudiums statt. Es ist zwischen Schulpraktikum und Referendariat eine weitere Möglichkeit, Unterricht zu planen, durchzuführen und zu reflektieren. SchAU steht für die Kombination von **Sch**ulbesuchen, der Exkursion zu **A**ußerschulischen Lernorten und der Nutzung des LehrLernLabors physiXS an der **U**niversität. SchAU wurde im Projekt OLE+ der Qualitätsoffensive Lehrerbildung entwickelt (s. Abb. 2).

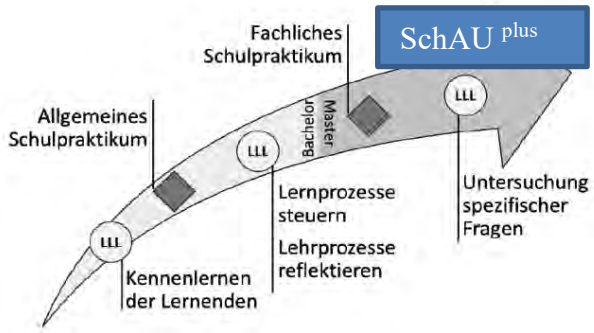


Abb. 2 Das LehrLernLabor-Curriculum der Physik-Lehrerbildung der UOL, Smoor 2018, S.278

Im SoSe 2020 wurde das Format zum ersten Mal mit 20 Studierenden durchgeführt. Die Gruppen hatten dabei freie Wahl der Methoden und des Basismodells. Dies hatte neben der direkten Auswertung der eigenen Lesson Study auch den Vorteil, verschiedene Wege zum gleichen Ziel und deren Umsetzung beobachten zu können. Der Professionalisierungsfortschritt der beteiligten Studierenden zeigte sich u.a. an einem Fallbeispiel, in dem aufgezeigt werden konnte, dass die Ziele der einzelnen Lernschritte nur zum Teil oder gar nicht erreicht wurden. Unterrichtsstruktur, klare Aufgabenstellungen und Möglichkeiten des Einübens des Konzepts waren nicht gegeben. Trotz dieses eher vernichtenden Urteils war dieses Format für die Studierenden ein wichtiger Schritt in Richtung reflexive Professionalisierung. Selbst zu sehen und zu beobachten, wie Schüler:innen auf das eigene Lehrerhandeln reagieren, war für viele Studierende ein Augenöffner! Sie haben gesehen, dass das eigene transmissive Handeln überdacht werden muss, hin zum handlungsorientierten Arbeiten. Sie konnten erkennen, dass Kontexte mit Lebensweltbezug Schüler:innen zur Mitarbeit motivieren und dass strukturierte Aufgabenstellungen und Methoden Schüler:innen enorm helfen.

Fazit

Bewirkt diese Art der Planung von Unterricht nun, dass Lernprozesse angeregt und am Laufen gehalten werden? Ja und Nein! Studierende haben Schwierigkeiten sich auf diese Art der Unterrichtsplanung einzulassen und schaffen es oft nicht, Unterricht lernergerecht zu planen. Die Lesson Study macht dies sichtbar, an dieser Stelle durch eigene Unterrichtsforschung und Selbstreflexion. Die Kombination beider Methoden hat sich dabei als zielführend herausgestellt, da Studierende den direkten Vergleich von Planung und Beobachtung haben. Schwachstellen werden aufgedeckt und können korrigiert werden. Die Reflexionskompetenz und damit auch die Planungskompetenz der Studierenden werden gefördert und gefordert. Das Feedback der Studierenden macht Mut weiterzumachen!

Literatur

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: Sense Publishers.

Hattie, J. (2009). Visible Learning. London: Routledge.

Hattie, J. (2013) Lernen sichtbar machen. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren GmbH

Knoblauch, R. (2017): Lesson Study - kooperative Weiterentwicklung des Lehrens und Lernens. PÄDAGOGIK, 3/2017, S. 34 - 39.

Komorek, M. Fischer, A., Moschner, B. (2013) Fachdidaktische Strukturierung als Grundlage für Unterrichtsdesigns. In: Komorek, M. & Prediger, S (Hrsg.): Der lange Weg zum Unterrichtsdesign- Zur Begründung und Umsetzung fachdidaktischer Forschungs- und Entwicklungsprogramme. Sammelband in der Reihe Fachdidaktische Forschungen der GFD. Münster: Waxmann.

Krabbe, H.; Zander, S.; Fischer, H. E. (2015): Lernprozessorientierte Gestaltung von Physikunterricht. Materialien zur Lehrerfortbildung. Ganz In - Materialien für die Praxis. Münster: Waxmann.

Meentzen, U. & Stadler, M. (2010): Wie Lehrkräfte bei der Reflexion über ihren Unterricht unterstützt werden können. In: F. Müller, A. Eichenberger, M. Lüders, M. & J. Mayr (Hrsg.). Lehrerinnen und Lehrer lernen. Münster: Waxmann.

Mewald, C. (2019a); Lesson Study – Definitionen und Grundlagen. In C. Mewald & E Rauscher (Hrsg.) Lesson Study - Das Handbuch für kollaborative Unterrichtsentwicklung und Lernforschung. Innsbruck: Studien-Verlag.

Mewald, C. (2019b); Die Beobachtungen in der Lesson Study. In C. Mewald & E. Rauscher (Hrsg.). Lesson Study - Das Handbuch für kollaborative Unterrichtsentwicklung und Lernforschung. Innsbruck: Studien-Verlag.

Oser, F. & Patry, J.-L. (1990). Choreographien unterrichtlichen Lernens: Basismodelle des Unterrichts. (Berichte zur Erziehungswissenschaft Nr. 89). Freiburg (CH): Pädagogisches Institut der Universität Freiburg.

Rzejak, D. (2019). Zur Wirksamkeit von Lesson Study: Ein systematisches Review empirischer Studien. In C. Mewald & E.Rauscher (Hrsg.). Lesson Study Das Handbuch für kollaborative Unterrichtsentwicklung und Lernforschung. Innsbruck: StudienVerlag.

Reusser, K., Pauli, C. & Zollinger, A. (1998). Mathematiklernen in verschiedenen Unterrichtskulturen - eine Videostudie im Anschluss an TIMSS. Beiträge zur Lehrerbildung, 16(3), 427 - 438.

Richter, C. & Komorek, M. (2017). Backbone - Rückgrat bewahren beim Planen. In: S. Wernke & K. Zierer (Hrsg.). Die Unterrichtsplanung: Ein in Vergessenheit geratener Kompetenzbereich?! Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Seidel, T. (2003). Lehr-Lernskripts im Unterricht. Münster: Waxmann.

Sophia Chroszczinsky[1]
Burkhard Priemer[1]
Amy Masnick[2]

[1]Humboldt-Universität zu Berlin
[2]Hofstra University New York

Der Einfluss des inhaltlichen Kontextes auf die Einschätzung der Qualität von Messdaten

Einleitung

Lernende zeigen vielfältige Schwierigkeiten beim fachgerechten Umgang mit Daten, die z. B. aus Experimenten stammen können und u. U. den eigenen Erwartungen widersprechen (Kanari & Millar, 2004; Kok et al, 2019; Lubben & Millar, 1996; Masnick et al., 2017). Vor diesem Hintergrund liegt unser Erkenntnisinteresse darin, den Einfluss der Eigenschaften von Daten - wie z. B. der Varianz eines Datensatzes - und von inhaltlichen Kontexten - wie z. B. einem physikalischen Themenbereich - auf den Umgang mit Daten von Lernenden zu untersuchen. Umgang bedeutet hier, aus einem Vergleich von Datensätzen Schlüsse zu ziehen.

Theoretischer Hintergrund

Schulz et al. (2018) haben gezeigt, dass Studierende nichtnaturwissenschaftlicher Fächer bestimmte Eigenschaften von Daten oder Datensätzen, z. B. kleinere Varianzen, als „besser" empfinden und entsprechende Datensätze deshalb bevorzugen. Allerdings können diese eher intuitiven Entscheidungen auch zu fachlich falschen Schlüssen führen (Kok et al., 2019). Ferner wurde auch beobachtet, dass Lernende beim Umgang mit Daten zum Teil nicht-rationale Begründungen heranziehen (Chinn & Brewer, 1998; Ludwig et al., 2019; Masnick & Morris, 2008). Das lässt darauf schließen, dass Lernende über statistische Vor-Vorstellungen verfügen und Entscheidungen auf Basis dieser treffen. Aber Lernende haben nicht nur statistische Vor-Vorstellungen zu Daten, sondern auch zu inhaltlichen Kontexten (z. B. Schecker et al., 2018), was sich z. B. beim Aufstellen einer Hypothese zu einem Experiment zeigt. Es konnte beobachtet werden, dass eher fachlich korrekte Schlussfolgerungen aus Daten gezogen werden, wenn Daten und Kontexte rational ausgewertet werden (Ludwig et al., 2019) oder Daten vorher aufgestellte Hypothesen stützen (Kanari & Millar, 2004). Ergänzend wurde in der Studie von Masnick et al. (2017) beobachtet, dass wenn Daten eine Hypothese stützten, eher datenbasierte Argumentationen auftreten. Wenn die Daten eine Hypothese von der fachlichen Perspektive her allerdings nicht stützen, dann ist bei Lernenden häufiger eine kontextualisierte Argumentation zu beobachten (Masnick et al., 2017) und die Daten werden eher unter dem Einfluss eines *Confirmation Biases* entsprechend der aufgestellten Eingangshypothese interpretiert (Kanari & Millar, 2004). Um zu diesem Themenfeld am Beispiel des Vergleichs von zwei Datensätzen - ein Datensatz steht für eine bestimmte Messmethode - beizutragen, wurden folgende Forschungsfragen untersucht.

Forschungsfragen

- FF1: Welche Unterschiede zeigen sich bei der Wahl eines „bevorzugten" Messverfahrens, wenn zwei Datensätze ohne Kontext bzw. zwei Datensätze mit Kontext präsentiert werden?
- FF2: Welche Unterschiede zeigen sich bei der Wahl eines „bevorzugten" Messverfahrens, wenn zwei Kontexte ohne Datensätze bzw. zwei Kontexte mit Datensätzen präsentiert werden?

Methode

Die Forschungsfragen wurden im Rahmen einer größeren, fragebogenbasierten empirischen Studie (Pre-Registrierung bei AsPredicted im Mai 2020) beantwortet. Die Daten wurden zwischen September und Dezember 2020 erhoben. Bei den Teilnehmenden handelte es sich um Studierende nicht-physikalischer und nicht-statistischer Fachrichtungen aus den USA und Deutschland. Insgesamt wurden 125 vollständige Datensätze generiert und ausgewertet (USA: 101, Deutschland: 24). Das Durchschnittsalter der Teilnehmenden betrug 21,5 Jahre (USA: 19,2 Jahre, Deutschland: 31,1 Jahre). Die Studierenden sollten zunächst ohne inhaltlich beschriebene Kontexte zwei Datensätze, bestehend aus je sechs Messwerten inklusive angegebenem Mittelwert und Standardabweichung, die zu zwei fiktiven Messmethoden gehören, miteinander vergleichen und sich für den für sie „besseren" Datensatz entscheiden. Anschließend wurden den Teilnehmenden zwei unterschiedliche Methoden zur Bestimmung der Durchschnittsgeschwindigkeit eines Fahrrads (ohne Daten) vorgestellt. Die Teilnehmenden sollten nun ohne Daten bewerten, welches Messverfahren sie für „besser" halten. Abschließend haben die Studierenden fiktive Messdaten (dieselben wie im ersten Teil der Studie) zu den Messverfahren erhalten und sollten sich nun auf Grundlage der Daten erneut für eines der beiden Messverfahren entscheiden.

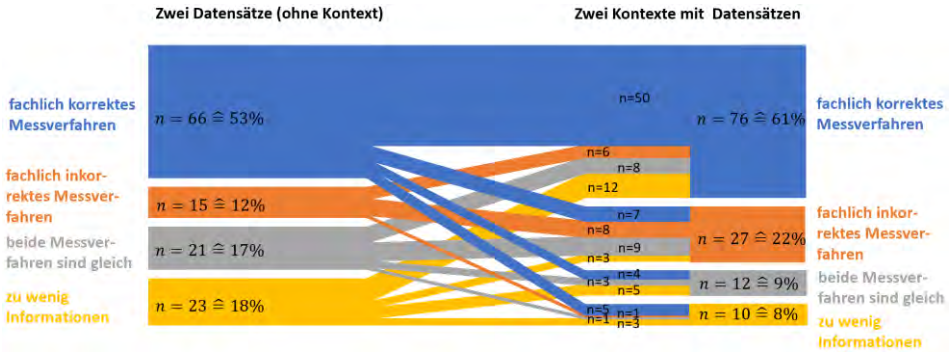


Abb. 1: Entwicklung der Entscheidungen der Teilnehmenden für ein Messverfahren ohne Kontext bzw. mit Daten und Kontext

Ergebnisse

Auf der linken Seite der Abb. 1 wird zunächst dargestellt, wie viele der Teilnehmenden welche datenbasierte (kontextlose) Entscheidung für ein Messverfahren getroffen haben. Die Korrektheit wurde auf Basis der kleineren Standardabweichung beurteilt. Weiterhin sind in Abb. 1 die Entscheidungswechsel der Teilnehmenden zu erkennen, wenn sich später mit Hilfe von Daten und inhaltlichem Kontext entschieden werden musste. Diese spätere datenbasierte Entscheidung im Kontext wird auf der rechten Seite von Abb. 1 dargestellt. Es ist zu erkennen, dass knapp über die Hälfte der Teilnehmenden (53%) bei der rein datenbasierten Wahl eines Messverfahrens den aus fachlicher Perspektive korrekten Datensatz ausgewählt hat. Wenn sich mit Daten und Kontext entschieden werden musste, ist zu erkennen, dass dies 61% der Teilnehmenden korrekt tun. Wenn man diese beiden Verteilungen statistisch mit Hilfe des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Tests vergleicht, dann ist festzustellen, dass es keine signifikanten Unterschiede bei der Wahl des Messverfahrens mit Kontext (Mdn=2, Skala von 0 bis 2) und ohne Kontext (Mdn=2) gibt (T=622, p=.53, r=-.04). Wenn nur die Teilnehmenden einbezogen werden, die sich nicht für die fachlich korrekte Messreihe entschieden haben, fällt die Wahl

eines Messverfahrens mit Kontext (*Mdn*=1, Skala von 0 bis 2) signifikant besser aus als ohne Kontext (*Mdn*=0) (*T*=92, *p*<.01, *r*=-.36). Die Effektstärke ist als mittelgroß einzustufen. In Abb. 1 fällt auch auf, dass die Teilnehmenden, die ohne den Kontext angegeben haben, entweder zu wenig Informationen für eine Entscheidung zur Verfügung zu haben oder angeben haben, dass beide Messverfahren gleich gut geeignet sind, mehrheitlich mit Kontext eine davon abweichende Entscheidung treffen.

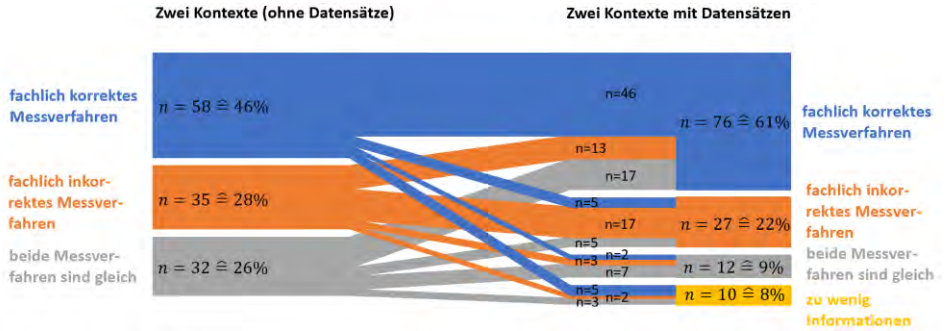


Abb. 2: Entwicklung der Entscheidungen der Teilnehmenden für ein Messverfahren im Kontext ohne Daten bzw. mit Daten und Kontext

Abb. 2 ist analog zu Abb. 1 aufgebaut. Es wurde lediglich die linke Seite der Abbildung ausgetauscht, damit nun erkennbar wird, welche Erwartungen die Teilnehmenden zu den Kontexten hatten, ohne dass Daten zur Beurteilung zur Verfügung standen. Es ist zu erkennen, dass 46% der Teilnehmenden auch ohne Daten die korrekte Erwartung bzgl. des „besseren" Messverfahrens hatten. Wenn diese Verteilungen statistisch mit Hilfe des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Tests verglichen werden, ist festzustellen, dass sich die Wahl eines Messverfahrens mit Daten (*Mdn*=2, Skala von 0 bis 2) signifikant verbessert im Vergleich zur datenlosen Vermutung (*Mdn*=0) (*T*=230,5, *p*<.01, *r*=-.24). Die Effektstärke ist allerdings als schwach einzustufen. Wenn auch hier die Teilnehmenden aus dem Test herausgelassen werden, die zuvor schon die fachlich korrekte Erwartung an das Ergebnis hatten, dann ist ebenfalls festzustellen, dass sich die datenbasierte Wahl im Kontext (*Mdn*=1, Skala von 0 bis 2) signifikant verbessert im Vergleich zur datenlosen Vermutung (*Mdn*=0) (*T*=0, *p*=<.01, *r*=-.48). Hier handelt es sich um einen starken Effekt. Auch in Abb. 2 ist auf die deskriptiv beobachtbare Tendenz hinzuweisen, dass sich die Teilnehmenden, die zuvor angaben, dass sich beide Messverfahren gleich gut eignen, mehrheitlich mit den neuen Informationen in Form von Daten zu einer Neubewertung der Situation kommen, da nur 7 der 32 Teilnehmenden bei der Entscheidung bleiben.

Diskussion

Das Hinzufügen von Informationen in Form von Daten bzw. Kontext verändert die Auswahl für ein Messverfahren insgesamt nicht stark. Aber Studierende, die zuvor „falsche" oder eher „ausweichende" Antworten gegeben haben, beurteilen die Datensätze mit mehr Informationen etwas besser als zuvor. Das heißt, dass die hinzugefügten neuen Informationen für diese Studierenden hilfreich bei der Beurteilung von Datensätzen zu sein scheinen. Diese Effekte müssen allerdings noch genauer untersucht werden. Denn die Ergebnisse der Studie werden dadurch limitiert, dass lediglich ein Inhaltsbereich als Kontext vorgegeben worden ist und die Gelegenheitsstichprobe einen recht kleinen Umfang hatte. Die Studie befindet sich aktuell in weiterer Auswertung.

Literatur

Chinn, C. A. & Brewer, W. F. (1998). An Empirical Test of a Taxonomy of Responses to Anomalous Data in Science. Journal of Research in Science Teaching, 35 (6), 623-654

Kanari, Z. & Millar, R. (2004). Reasoning from Data: How Students Collect Data and Interpret Data in Science Investigations. Journal of Research in Science Teaching, 41 (3), 748-769

Kok, K. Priemer, B., Musold, W. & Masnick, A. (2019). Students' conclusions from measurement data: The more decimal places, the better? Physics Review Physics Education Research 15, 010103. https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.15.010103

Lubben, F. & Millar, R. (1996). Children's ideas about the reliability of experimental data. International Journal of Science Education, 18 (8), 955-968

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

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. (2008). Investigating the Development of Data Evaluation: The Role of Data Characteristics. Child Development, 79 (4), 1032-1048

Schecker, H., Wilhelm, T. Hopf, M & Duit, R. (2018). Schülervorstellungen und Physikunterricht. Heidelberg: Springer Spektrum.

Schulz, J., Priemer, B. & Masnick, A. (2018). Student's preferences when choosing data sets with different characteristics. Paper presented at 10th International Conference on Teaching Statistics

Karel Kok[1]
Burkhard Priemer[1]

[1]Humboldt-Universität zu Berlin

Evaluating students' justifications in a data comparison problem

State of the Field

Judging the quality of (experimental) data is becoming more and more important (Holmes et al., 2015; Chinn & Malhotra, 2002). Measurement uncertainties are an aspect of this data quality (Millar et al., 1994) and research shows that many students have problems when reasoning with measurement uncertainties (see e.g., Hull et al., 2020). The focus of this contribution lies in the comparison of data sets for which measurement uncertainties play a vital role (Kok et al., 2019; Kramer et al., 2017). Students' ability to compare data sets has been investigated before (e.g., Masnick & Morris, 2008; Kapur, 2012; Kung & Linder, 2006). What was not analyzed in these studies, however, is what students actually do when comparing data sets. An analysis of their given justifications (bridging the gap between claim and evidence) could bring this to light, giving more insight into students' understanding about measurement uncertainties. An analysis of justifications has been successfully done by Ludwig et al. (2019). The authors looked at the type of justifications–more rational or more intuitive–students give when supporting or rejecting a hypothesis in the light of anomalous data. Again, the authors did not look at how students actually do data evaluations.

Research Question

The work presented here is part of a PhD project and will focus on the results of the analysis of justifications in a data comparison problem. The research question addressed here is:

RQ How does the quality of students' justification in a data comparison problem change with increased teaching of concepts regarding measurement uncertainties?

Study Design

To answer the research question, a digital learning environment (DLE) was developed, based on the subject matter model by Priemer and Hellwig (2018). The DLE consists of five steps, addressing different conceptual pieces of knowledge (see Tab. 1). The chosen quantification of the uncertainty in step IV is the min-max interval to keep the calculation mathematically simple (Hellwig, 2012, p. 124). Participants are randomly assigned to one of three groups: A, B, or C. Depending on the group, participants will go through a different number of steps.

Step	Concept	Group
I	Sources of Uncertainty	A
II	Relevance and Meaning of Measurement Uncertainties	B
III	Calculation and Meaning of the Mean Value	C
IV	Calculation and Meaning of the Measurement Uncertainty	
V	Comparing Measurement Results	

Tab. 1 The different steps that make up the DLE and which group goes through which steps

The effect of the DLE is measured in a pre-post design. The pre- and post-test each contain (among other items) a data comparison problem.

Due to the restrictions of the Covid-pandemic, the study was conducted online between April and August 2020. Participation was voluntary and participants worked alone by themselves. A total of 342 participants from grade levels 8 through 12 participated of which $N = 154$ remained that filled in the pre- and post-test and spend more than 5 minutes on the DLE. The average time spend on the DLE was about 60 min, the pre- and post-test each took 10 min.

In the data comparison problem, participants are introduced to a hypothetical skateboard competition in which they play the role of the jury. To participate, each skateboard should have a similar rolling capacity. To determine this, each skateboard is rolled down an incline six times and the rolling times are measured. The same is done for a reference skateboard. The data is shown to the participants (see Tab. 2), and the participants are asked: Based on this data, do you allow the participant's skateboard to the competition? Explain your answer.

Participant Skateboard (s)	Reference Skateboard (s)
1.530	1.548
1.573	1.534
1.522	1.520
1.548	1.571
1.583	1.523
1.538	1.526

Tab. 2 The data that was shown to participants in the data comparison problem

Coding the justifications

Upon analysis, the justifications each showed a similar pattern. Participants base their decision on the data (or not), compare a certain quantity, and check whether a certain criterion is met (or not). For example: *"No. The time the contestant's skateboard takes is on average 1.549 s, the jury skateboard takes 1.537 s. Thus, the contestant's skateboard takes longer."* This justification is based on the data, compares the mean value, and checks whether one mean is larger than the other. Based on this, a coding manual has been developed inductively through several rounds of identification, coding, discussion, and revision. The result is a manual of hierarchical codes for the comparison and criterion, as well as a yes/no (da.yes/da.no) code for whether or not the decision is based on the data. The hierarchy is based on the point and set-paradigms by Lubben et al. (2001) as well as the sophistication and correctness—together *quality*—that can be achieved using this particular comparison or criterion. A sample of 30 justifications has been double coded by the authors, a weighted Cohen's Kappa shows almost perfect agreement: $\kappa_{dat} = 1.0$, $\kappa_{comp} = .93$, $\kappa_{crit} = .99$.

The comparison codes are (from low to high): *Unclear*, compared quantity is unclear; *single measurement*, a comparison of a single measurement; *uncertainties*, a comparison of the measurement uncertainty; *pairs*, a comparison of pairs of measurements; *mean value*, a comparison of the mean values; *deviations*, a new set of deviations is built and evaluated on its own; *sets*, a comparison of the set as a whole, or within and between summarizing quantities; *uncertainty intervals*, a comparison of the uncertainty interval.

The criterion codes are (from low to high): *Unclear*, the deciding criterion is unclear, absent, or irrelevant; *duplicates*, the deciding criterion is the presence (or absence) of duplicates; *larger*, a quantity is larger/smaller than the other; *counts*, the number of occurrences of something; *closeness*, how "close" one quantity is to the other; *overlap*, two intervals/ranges overlap (or not).

Results

The results of the pre-test show no difference in distributions of comparison or criterion code between groups A, B, and C ($p > .1$), indicating homogeneity between groups.

Figure 1 shows the results of the post-test. The results of the pre-test are combined and added for reference in gray. In contrast to the pre-test, the post-test code distributions are significantly different between groups A, B, and C with large effect sizes ($\chi^2(14) = 53.36$, $p < .001$, $w = .59$, $\chi^2(12) = 47.47$, $p < .001$, $w = .56$ resp.). In general, what can be seen is an increasing shift towards higher quality codes between groups, as well as a stepwise increase in both the interval comparison and the overlap criterion codes between groups.

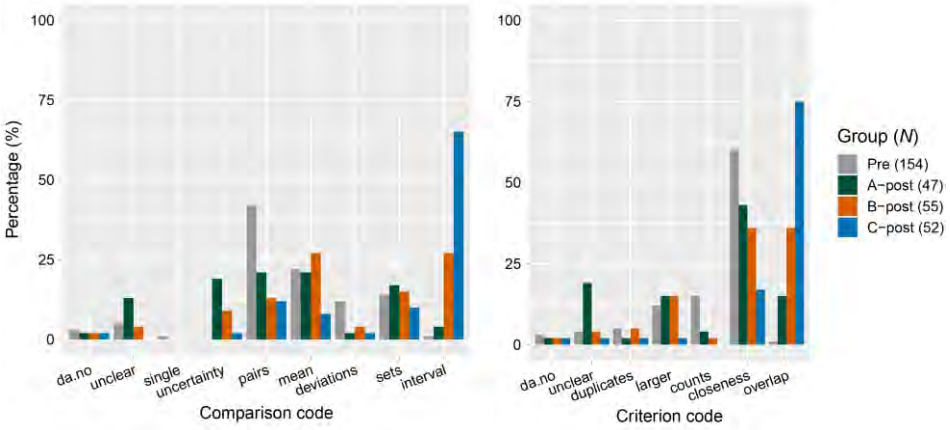


Fig. 1 The percentage distribution of the comparison and criterion codes of the (combined) pre-test (gray) and the post-test (A, green; B, orange; C, blue). "da.no" indicates that the justification was not based on the data. Hierarchy of codes is from left to right.

The differences between the comparison code distributions of each group's individual pre- and post-test are all highly significant with large effect sizes.
In group A, the pairwise comparison has decreased and the codes are distributed more or less evenly over all other codes (13–22 %), including the unclear code. For group B the pairwise comparison decreased even further. The dominant codes are the mean and interval (both 27 %). In group C nearly all codes have decreased in favor of the interval code (65 %).

The differences between the criterion code distributions of each group's pre- and post-test are all significant, the effect sizes are medium for group A and large for B and C.
The dominant criterion code for group A is closeness (60 %). Remarkable is here, again, the increase in the unclear code. In group B, closeness decreased further but remains, together with the overlap code, the dominant criterion code (both 36 %). In group C, the closeness criterion decreases even further and the overlap criterion is by far the dominant code (75 %).

When looking at the influence of grade level on the distributions of codes, no significant differences in the code distributions between grade levels can be found in the pre-test, ($p > .1$) for both the comparison and the criterion code distributions. In the post-test, the same holds for the criterion code. For the comparison code this difference is just significant with a medium to strong effect size, ($p = .04$, $w = .47$). However, no gradual shift towards higher quality comparison codes can be seen with increasing grade level but rather, the difference appears erratic without any meaningful pattern.

Conclusion
First of all, the coding of the justifications allows for a quick overview of what students actually do when they are comparing data sets. The hierarchy of the codes gives a measure of students' ability to compare data sets.
From the stepwise increase in interval comparison and overlap criterion codes between groups A, B, and C, we conclude that increased teaching about measurement uncertainties leads to higher quality justifications (RQ).
Lastly, the quality of these justifications in both the pre- and the post-test is the same for grade levels 8 through 12. This means that the topic of measurement uncertainties can be successfully introduced as early as 8th grade.

Literature

Chinn, C. A. and 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

Hellwig, J. (2012). *Messunsicherheiten verstehen: Entwicklung eines normativen Sachstrukturmodells am Beispiel des Unterrichtsfaches Physik* Doctoral Thesis, Ruhr-Universität

Holmes, N. G., Wieman, C. E., and Bonn, D. A. (2015). Teaching critical thinking. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 112*(36):11199–11204 https://doi.org/10.1073/pnas.1505329112

Hull, M. M., Jansky, A., and Hopf, M. (2020). Probability-related naïve ideas across physics topics. *Studies in Science Education*, pages 1–39 https://doi.org/10.1080/03057267.2020.1757244

Kapur, M. (2012). Productive failure in learning the concept of variance. *Instructional Science, 40*(4):651–672 https://doi.org/10.1007/s11251-012-9209-6

Kok, K., Priemer, B., Musold, W., and Masnick, A. (2019). Students' conclusions from measurement data: The more decimal places, the better? *Physical Review Physics Education Research, 15*(1):010103 https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.15.010103

Kramer, R. S. S., Telfer, C. G. R., and Towler, A. (2017). Visual Comparison of Two Data Sets: Do People Use the Means and the Variability? *Journal of Numerical Cognition, 3*(1):97–111 https://doi.org/10.5964/jnc.v3i1.100

Kung, R. L. and Linder, C. (2006). University students' ideas about data processing and data comparison in a physics laboratory course. *Nordic Studies in Science Education, 2*(2):40–53 https://doi.org/10.5617/nordina.423

Lubben, F., Campbell, B., Buffler, A., and Allie, S. (2001). Point and set reasoning in practical science measurement by entering university freshmen. *Science Education, 85*(4):311–327 https://doi.org/10.1002/sce.1012

Ludwig, T., Priemer, B., and Lewalter, D. (2019). Assessing Secondary School Students' Justifications for Supporting or Rejecting a Scientific Hypothesis in the Physics Lab. *Research in Science Education*, *51*(3):1–26 https://doi.org/10.1007/s11165-019-09862-4

Masnick, A. M. and Morris, B. J. (2008). Investigating the Development of Data Evaluation: The Role of Data Characteristics. *Child Development, 79*(4):1032–1048 https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2008.01174.x

Millar, R., Lubben, F., Got, R., and Duggan, S. (1994). Investigating in the school science laboratory: Conceptual and procedural knowledge and their influence on performance. *Research Papers in Education, 9*(2):207–248 https://doi.org/10.1080/0267152940090205

Priemer, B., & Hellwig, J. (2018). Learning About Measurement Uncertainties in Secondary Education: A Model of the Subject Matter. *International Journal of Science and Mathematics Education, 16*(1), 45–68. https://doi.org/10.1007/s10763-016-9768-0

Henrike Spiecker[1] [1]FAU Erlangen-Nürnberg
Philipp Bitzenbauer[1]

Unterrichtskonzept zur Optik mit self-made Flüssigkeitslinsen

Hürden und Probleme im einführenden Optikunterricht

Das Sehen ist eng an individuelle Erfahrungen gebunden und Sprechweisen zum Sehvorgang sind tief im alltäglichen Sprachgebrauch verankert: etwa, wenn wir davon sprechen, „einen Blick“ auf etwas zu „werfen“ (Haagen-Schützenhöfer & Hopf, 2018, S. 91). Schülervorstellungen im Bereich der Optik, die darauf zurückzuführen sind, sind gut beforscht (vgl. Wiesner, 1986). Diese Schülervorstellungen haben wir deswegen genauso als Anlass und Ausgangspunkt für die Entwicklung eines neuen Unterrichtskonzepts zur Optik im Anfangsunterricht Physik genommen, wie die umfassend untersuchten Schülervorstellungen zur Linsenabbildung oder die häufige Überbetonung quasimechanischer Lichtmodelle im Optikunterricht:

- *Dominanz quasimechanischer Lichtmodelle:* Lernende deuten optische Erscheinungen primär aus ihrer Erfahrung des Tastens heraus, auch, da im gängigen Optikunterricht mechanische Analogien dominieren (Grebe-Ellis, 2006). Insbesondere wird der Modellcharakter von *Lichtstrahlen* nicht offensichtlich (Haagen-Schützenhöfer & Hopf, 2020).
- *Schülervorstellungen zum Sehvorgang:* Lernende denken, das Auge sende beim Sehen *aktiv* etwas aus, das die Umgebung abtastet. Licht sei lediglich zur Beleuchtung eines betrachteten Objekts notwendig, müsse jedoch nicht zwingend weiter ins Auge gelangen. (Wiesner, 1986).
- *Schülervorstellungen zur Linsenabbildung:* Lernende bemerken, dass im reellen Bild der Sammellinse *oben* und *unten* vertauscht wird; der Wechsel der rechten und linken Bildhälfte bleibt häufig jedoch unklar (Haagen-Schützenhöfer & Hopf, 2018). Lernende stellen sich vor, dass Bilder als Ganzes durch die Sammellinse wandern. Dementsprechend wird oft gedacht, dass eine Blende das Bild am Schirm verkleinern oder beschneiden müsse (Wiesner, 1994).

Anforderungen an ein neues Unterrichtskonzept

Um die oben beschriebenen Hürden im Optikunterricht in einem neuen Unterrichtskonzept zu adressieren, haben wir drei Design-Kriterien für das neue Curriculum formuliert. Alle Design-Kriterien werden im Folgenden dargelegt.

- *Design-Kriterium 1: Optische Erscheinungen sollen weitgehend ohne Zuhilfenahme quasimechanischer Lichtmodelle beschrieben werden.* Hierfür beziehen wir uns auf die *Optik der Bilder* (Maier, 1986). Dabei handelt es sich um ein Konzept der phänomenologischen Optik. Für die *Optik der Bilder* sind kurze Versuche charakteristisch, die die *Eingebundenheit* des Beobachters betonen: Wechselt dieser seinen Ort, ändern sich die Bedingungen des optischen Phänomens. So beobachtet man etwa für einen flacheren Blick auf eine Wasseroberfläche eine stärkere Hebung des Grundes. Optische und haptische Wahrnehmung sollen klar voneinander unterschieden und erst anschließend wieder zueinander in Beziehung gesetzt werden (Grebe-Ellis, 2006). Dies gilt insbesondere dann, wenn der tatsächliche Ort eines Objektes und der Ort seines Bildes voneinander abweichen.

- *Design-Kriterium 2: Konsequente Thematisierung des Sehvorgangs.* Gemäß dem Sender-Empfänger-Streukonzept wird der Sehvorgang zum Ausgangsthema des Optikunterrichts erhoben. Dieses wird im weiteren Unterricht konsequent angewendet und mithilfe einer piktografischen Darstellung (s. Abb. 1) expliziert: Ein *selbstleuchtender Sender* gibt Licht in alle Raumrichtungen ab. Ein Teil gelangt zum *mithellenden Sender*, an dem das Licht nach allen Seiten gestreut wird, also auch in Richtung des *Empfängers* Auge (Haagen-Schützenhöfer & Hopf, 2020).

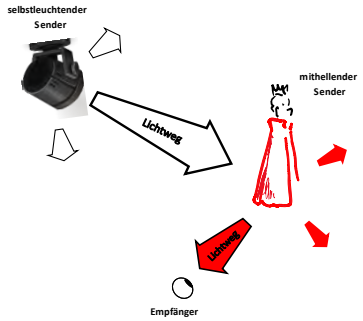


Abb. 1: Graphische Darstellung zum Sender-Empfänger-Streukonzept.

- *Design-Kriterium 3: Schülervorstellungen zur Linsenabbildung soll präventiv begegnet werden.* Im Zentrum des Konzepts steht der Einsatz von Flüssigkeitslinsen in verschiedenen Schülerexperimenten. Die Linsen und ein Inventar optischer Komponenten (s. Abb. 2) werden mit Anleitung von den Lernenden selbst hergestellt: Auf einem Kabelkanal als Schiene können die einzelnen Reiter frei bewegt werden (vgl. Dvořák, 2011). Für die Reiter werden aus der Decke des Kanals schmale Segmente geschnitten und eine Foldback-Klammer aufgeklebt. Die plankonvexe Flüssigkeitslinse wird von den Lernenden aus Plastikfolie und der gekrümmten Fläche einer PET-Flasche gefertigt und mit einer beliebigen Flüssigkeit befüllt (vgl. Gore, 2012).

Erlanger Unterrichtskonzept zur Optik mit self-made Flüssigkeitslinsen

Das neue Unterrichtskonzept kann in fünf Doppelstunden unterrichtet werden und ist für den Anfangsunterricht Physik entwickelt worden. Die Schülerinnen und Schüler unterscheiden in den ersten Unterrichtsstunden zunächst reine *Sehdinge* (z.B. Spiegelbilder) von reinen *Tastdingen* (z.B. Ertasten eines rauen Schals) und trennen somit gedanklich beide Wahrnehmungsformen voneinander. Im Anschluss wird das Sender-Empfänger-Streukonzept eingeführt und durch zahlreiche Selbstversuche im Sinn der *Optik der Bilder* angereichert. „Lauschendes Wahrnehmen“ (von Mackensen, 1992), also das umgebungsoffene *Empfangen* von Bildern, betont die Passivität der dem Sehsinn zugrundeliegenden reellen Abbildung des Linsensystems Auge und soll dazu beitragen, dass die Schülervorstellung des *aktiven Auges* umgangen wird. Das Sehen bedarf dabei einer geraden Sichtverbindung zum betrachteten Objekt. Diese Geradlinigkeit der Lichtwege wird in den folgenden Unterrichtsstunden eingeschränkt: Lichtwege erfahren an der Grenzfläche zwischen zwei durchsichtigen Medien eine Richtungsänderung. In Bildern gedacht, entspricht dies einer Verschiebung des Bildortes gegenüber dem tatsächlichen Ort und wird als Hebung bezeichnet. In der Folge wird mithilfe eines Wasserprismas, das immerzu ein gehobenes, also verschobenes Bild der Umgebung zeigt (s. Abb. 4), in einer Versuchsreihe Schritt für Schritt zum vergrößerten Bild der

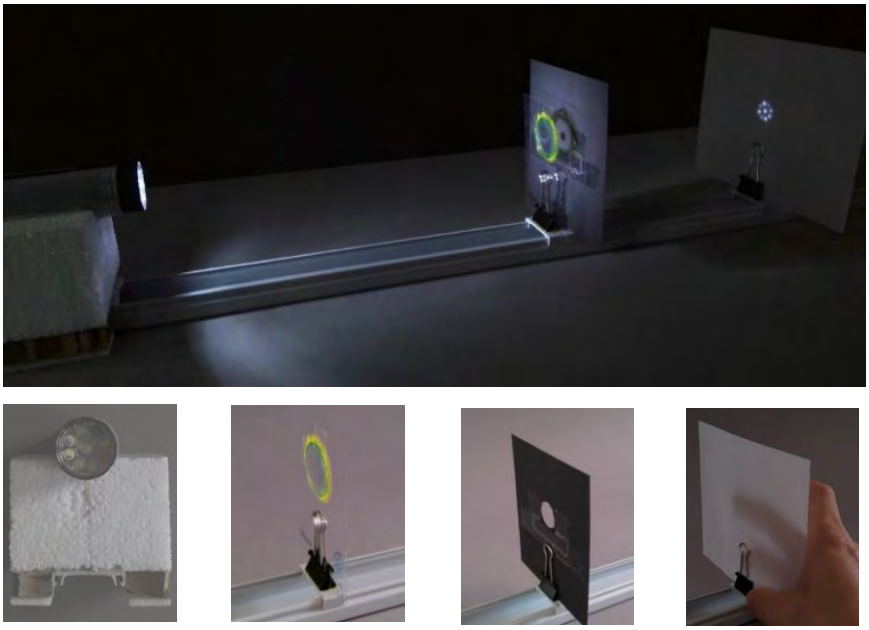


Abb. 2: Das optische Inventar, das die Lernenden im Rahmen des Unterrichtskonzepts selbst herstellen: 9-LED-Lampe auf Reiter, Flüssigkeitslinse, Blende, transparenter Schirm. Auf diese Weise kann sowohl im Unterricht im Schülerexperiment als auch zu Hause experimentiert werden.

Flüssigkeitslinse übergeleitet (vgl. von Mackensen, 1992, S. 122ff.). Die Lernenden untersuchen dann zunächst jene Bilder, die ihre selbstgebastelten Flüssigkeitslinsen beim Durchblick zeigen (s. Abb. 5) und erkunden im Anschluss die reelle Abbildung eigenständig mithilfe des self-made Inventars (s. Abb. 2). Abschließend wird der Sehvorgang vom Beginn der Sequenz aufgegriffen: Mithilfe einer Wasserlinse, die in ihrer Krümmung stufenlos variiert werden kann (s. Abb. 6), erhält man ein Modell des Auges (vgl. Uchida, 2019). Die Lernenden vergleichen abschließend die Akkommodation ihrer eigenen Augen mit der im Modell und identifizieren die Linsenabbildung als das Prinzip, das dem Sehen zugrunde liegt.

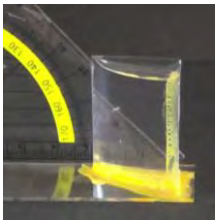


Abb. 4: Wasserprisma

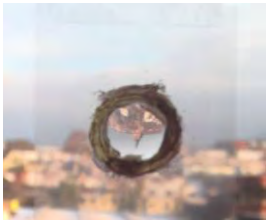


Abb. 5: Wasserlinse.

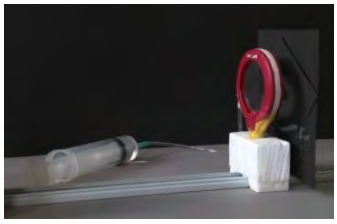


Abb. 6: Self-made Linse mit variablem Krümmungsradius.

Ausblick

Eine Akzeptanzbefragung mit einzelnen Lernenden im Rahmen einer Laborstudie ist in Planung. Dabei werden die Kernideen des Konzepts mit einzelnen Schülerinnen und Schülern behandelt, um das Unterrichtskonzept auf Grundlage der Ergebnisse zu optimieren. Langfristig ist eine umfassende Evaluation des Konzepts im Feld geplant.

Literatur

Dvořák, L. (2011). A do-it-yourself optical bench. The Physics Teacher, 49, 452.

Gore, G. R. (2012). Another way to experiment with images formed by lenses. The Physics Teacher, 50, 314.

Grebe-Ellis, J. (2006). Phänomenologische Optik: eine „Optik der Bilder“. Teil 2: Polarisation sehen. chimica didactica, 32(97), 137-182.

Haagen-Schützenhöfer, C. & Hopf, M. (2018). Schülervorstellungen zur geometrischen Optik. In H. Schecker, T. Wilhelm, M. Hopf, & R. Duit (Eds.), Schülervorstellungen und Physikunterricht. Berlin: Springer Spektrum. 89-114

Haagen-Schützenhöfer, C. & Hopf, M. (2020). Design-based research as a model for systematic curriculum development: The example of a curriculum for introductory optics. Physical Review Physics Education Research, 16, 1-24.

Mackensen, M. v. (1992). Klang, Helligkeit, Wärme. Pädagogische Forschungsstelle Kassel.

Maier, G. (1986). Optik der Bilder. Verlag der Kooperative Dürnau.

Uchida, S. (2019). A Variable Focal Length Lens Made from a Food Preservation Lid. The Physics Teacher, 57, 173-175.

Wiesner, H. (1986). Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten im Bereich der Optik. Naturwissenschaften im Unterricht - Physik, 34(13), 25-29.

Wiesner, H. (1994). Ein neuer Optikkurs für die Sekundarstufe I, der sich an Lernschwierigkeiten und Schülervorstellungen orientiert. Naturwissenschaften im Unterricht - Physik, 5(22), 7-15.

Katharina Nave[1]
Rüdiger Tiemann[1]
[1]Humboldt-Universität zu Berlin

Charakterisierung situativer mentaler Modelle in der Chemie und die Bildung von Hypothesen

Problemstellung

Schüler:innen sollen im Rahmen der Kompetenzorientierung des naturwissenschaftlichen Unterrichts in der Lage sein, Hypothesen zu bilden, die sich auf eine Fragestellung oder Phänomen beziehen. Dies wurde für alle naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächer im Sinne eines hypothetisch-deduktiven Erkenntnisgewinnungsprozess festgelegt (KMK, 2005). Um eine Hypothese bilden zu können, muss zuerst die Problemsituation (Frage, Phänomen) verstanden werden. Allerdings deuten empirische Befunde hier auf deutliche Defizite hin (Scherer, Koppelt, & Tiemann, 2014) und als Folge auch auf Schwierigkeiten beim Aufstellen von Hypothesen (Baur, 2015, 2018; Hammann, Phan, Ehmer, & Bayrhuber, 2006). In dieser Arbeit wurde somit der Frage nachgegangen, mit welchen mentalen Prozessen das Verstehen beschrieben werden kann. Hierzu liefert die Chemiedidaktik bislang kaum Befunde. Darüber hinaus fehlen daher ebenso Maßnahmen, welche die Lernende aus dieser Perspektive beim Verstehen und bei der Hypothesenbildung unterstützen. Diesbezüglich wird in diesem Promotionsvorhaben auf übergeordnete Befunde der Kognitionspsychologie zurückgegriffen (Johnson-Laird, 1983, 2006, 2010; Seel, 1991, 2003) die davon ausgehen, dass Lernende mentale Modelle einer Problemsituation bilden und diese zum Verstehen heranziehen. Mentale Modelle können nach dieser Theorie als Mittel des Verstehens und Erklärens aufgefasst werden und dienen zur Erklärung von Informationsverarbeitung sowie dem logischen Schließen (Johnson-Laird, 1983, 2006, 2010; Knauff & Knoblich, 2017; Seel, 1991, 2003). Mit Übertragung auf die Didaktik der Naturwissenschaften könnten sie folglich als Voraussetzung für Erkenntnisgewinnung gesehen werden. Somit besteht das Ziel des Promotionsvorhaben darin, eine domänenspezifische Operationalisierung mentaler Modelle vorzunehmen und geeignete Maßnahmen abzuleiten, die Lernende beim Bilden mentaler Modelle und damit auch bei der Hypothesenbildung unterstützen.

Theorie

Für die Beschreibung eines mentalen Modells dient in dieser Arbeit ein mathematikdidaktischer Modellbegriff, der ein Modell anhand von vier Komponenten (*Elements*, *Relations*, *Operations* und *Rules*) beschreibt (Lesh, Hoover, Hole, Kelly, & Post, 2000). Dieses Modellverständnis wurde um kognitionspsychologische Erkenntnisse erweitert (Dörner, 1987, 1989; Ifenthaler, 2006; Johnson-Laird, 1983, 2006, 2010; Knauff & Knoblich, 2017; Seel, 1991, 2003, 2006, 2017) z.B.:

- mentale Modelle dienen als Mittel des Verstehens und Erklärens
- sie erklären Informationsverarbeitung
- sind notwendige Bestandteile von Problemlösen und Erkenntnisgewinnung
- sind situationsspezifisch (externale Einflüsse)
- sind personenspezifisch (internale Einflüsse)

Zudem konnte quantitativ gezeigt werden, dass sich der naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnungsprozess anhand des Modellbegriffes von Lesh et al. (2000) prinzipiell beschreiben lässt (Rost, 2021). Jedoch wurde auch deutlich, dass eine stärkere konzeptuelle Verankerung in der Kognitionspsychologie und der Naturwissenschaftsdidaktik notwendig ist

(Nave & Tiemann, 2018). Diese Überlegungen werden in einem **si**tuativen **M**odell**b**ildungs**a**nsatz (SIMBA) zusammengeführt (siehe Abb. 1).

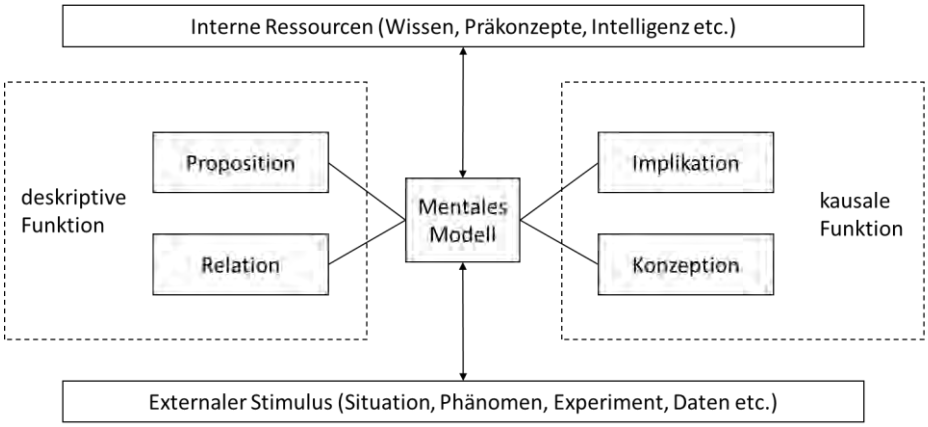


Abbildung 1 Situativer mentaler Modellbildungsansatz (SIMBA) (Tiemann, unpublished).

In dem hier beschriebenen Promotionsvorhaben wurden die SIMBA-Komponenten weiter ausdifferenziert und anhand der Betrachtung einer makroskopischen, submikroskopischen und symbolischen Ebene konkretisiert (Johnstone, 1991).

Forschungsfragen

Zunächst müssen chemische Phänomene ausgewählt werden, die ein mentales Modell bei Proband:innen initiieren (FF1). Für die Untersuchbarkeit des SIMBA-Modells müssen ferner konkrete Operatoren formuliert und anhand chemischer Fachinhalte die Reliabilität des Konstrukts überprüft werden (FF2). Im Hinblick auf den externen Stimulus stellt sich zudem die Frage, ob sich ein mentales Modell je nach chemischen Fachinhalt unterscheidet, oder ob die SIMBA-Komponenten dennoch für eine übergeordnete Beschreibung geeignet sind (FF3). Zudem ist zu klären, inwieweit Lernende die SIMBA-Komponenten zum Aufbau einer Hypothese heranziehen (FF4).

Design & Methoden

Die Umsetzung erfolgte in mehreren Teilschritten, die sich an qualitativen, deskriptiven Methoden orientieren. Der erste Schritt ist gekennzeichnet durch die Entwicklung von Testinstrumenten (interaktive Videos zur Initiierung eines mentalen Modells für drei Themengebiete, Hypothesentraining, Interviewleitfaden und weiteres) und deren Validierung sowie die Durchführung von Vorstudien und Anpassung der Instrumente. In einem zweiten Schritt wurden im Rahmen der Hauptstudie 18 Schüler:innen der Jahrgangsstufe 11 an drei Berliner Gymnasien befragt. Den Proband:innen wurden zuerst die Videos gezeigt und daraufhin eine Fragestellung gegeben. Sie erstellten eine Concept Map, als externalisierte und verkürzte Form eines mentalen Modells, die sie wiederum zur Generierung einer Hypothese heranzogen. Im Anschluss wurden sie in Form eines Leitfadengestützten Interviews nach ihren individuellen Vorgehensweisen befragt. In einem dritten Schritt erfolgte die Datenaufbereitung und Auswertung nach allgemeinen Richtlinien und Gütekriterien qualitativer Forschung (Döring & Bortz, 2016; Flick, 2010; Kuckartz, 2018; Mayring, 2015, 2016; Rädiker & Kuckartz, 2019).

Ergebnisse

In dem Promotionsvorhaben wurden drei interaktive Videos (Nowack, 2019) zu drei verschiedenen Themengebieten (saurer Regen, Zünd- und Explosionsgrenzen, Louche-Effekt) entwickelt (FF1) und die SIMBA-Komponenten anhand eines ausführlichen, deduktiv entwickelten Kategoriensystems konkret und valide operationalisiert. Hierfür wurden zum einen die Concept Maps (k_n=.73) herangezogen und zum anderen die Interviews, in denen die SIMBA-Komponenten in unterschiedlichen Teilbereichen des Kategoriensystems zur Anwendung kamen (I. Chronologisches Vorgehen zum Aufstellen der Concept Maps k_n=.80, II. Besonders wichtige Informationen zum Verstehen k_n=.57, II. Vorgehen zum Aufstellen einer Hypothese k_n=.75). Auch zur Auswertung der Hypothesen wurden die SIMBA-Komponenten in einem weiteren Kategoriensystem herangezogen (Nutzen der SIMBA-Komponenten zum Aufstellen einer Hypothese k_n=.83). Somit lässt sich eine Anwendbarkeit des Kategoriensystems zur Operationalisierung der SIMBA-Komponenten auf drei unterschiedliche Datentypen feststellen, was neben den guten Intercoderrealiabilitäten für eine starke externe Validität des Manuals spricht (Döring & Bortz, 2016) (FF2). Analysiert man mithilfe des Kategoriensystems den Einbezug der SIMBA-Komponenten in die Concept Maps hinsichtlich des Themengebietes so fällt auf, dass es zwar innerhalb eines Themengebiets vereinzelt ähnliche Nutzungsmuster zwischen den Proband:innen gibt, zwischen den Themengebieten unterscheidet sich die Nutzung der SIMBA-Komponenten jedoch stark. Diese Befunde konnten anhand von Ähnlichkeitsmatrixen visualisiert werden (Rädiker & Kuckartz, 2019). Werden die Concept Maos als verkürzte und externalisierte Form mentaler Modelle aufgefasst, so stützen die Ergebnisse eine Personen- und Situationsspezifität (FF3). Darüber hinaus konnte die Architektur einer Hypothese mithilfe der SIMBA-Komponenten beschrieben werden. Hiermit kann nachvollzogen werden, welche Komponenten das Verständnis bei den Proband:innen bestimmen und welche davon in der konkreten Formulierung einer Hypothese münden (FF4). Auffällig ist, dass die Proband:innen vor allem die SIMBA-Komponente Proposition in der Differenzierung makroskopisch in die Bildung einer Hypothese einbezogen. Dies konnte für alle drei Themenbereiche festgestellt werden. Die weitere Nutzung der SIMBA-Komponenten scheint allerdings abhängig vom Themengebiet zu sein. Eine Triangulierung der Daten (Ergebnisse der Concept Maps, Interviews und Hypothesen) zeigt, welche SIMBA-Komponenten bei der Bildung eines mentalen Modells genutzt wurden, welche dann als besonders wichtig erachtet wurden, um das Phänomen zu verstehen und welche folglich in die Formulierung einer Hypothese einflossen. Hierbei zeichnet sich für alle drei Themenbereiche ein heterogenes Bild. So wurden die SIMBA-Komponenten, die zum Aufbau eines mentalen Modells genutzt wurden, nicht ausschließlich als besonders wichtig von den Proband:innen bezeichnet, um das Phänomen zu verstehen. Auch unterschieden sich diese von den SIMBA-Komponenten, die zur Formulierung der Hypothese genutzt wurden.

Zusammenfassend ist zu sagen, dass in diesem Promotionsvorhaben eine übergeordnete und reliable Operationalisierung eines mentalen Modells erarbeitet werden konnte. Darüber hinaus konnten erste Implikationen gesammelt werden, die Lernende beim Verstehen einer chemischen Problemsituation unterstützen könnten. Beispielsweise gab ein Großteil der Proband:innen an, dass die Concept Map half, weil hierdurch Informationen geordnet und visualisiert wurden. Somit könnte durch die Nutzung von Concept Maps und geeigneten Prompts, die zur Identifizierung der SIMBA-Komponenten führen, ein Training erstellt werden, das Schüler:innen beim Verstehen von chemischen Phänomenen und Fragestellungen unterstützt.

Literatur

Baur, A. (2015). Problembereiche von Schüler/innen bei der experimentellen Methode. In U. Gebhard, M. Hammann, & B. Knäulmann (Eds.), *Abstractband: Bildung durch Biologieunterricht* (pp. 32-33).

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

Döring, N., & Bortz, J. (2016). *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften* (Vol. 5). Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.

Dörner, D. (1987). *Problemlösen als Informationsverarbeitung* (Vol. 3). Stuttgart: Verlag W. Kohlkammer.

Dörner, D. (1989). *Die Logik des Misslingens: Strategisches Denken in komplexen Situationen*. Hamburg: Rowohlt Verlag.

Flick, U. (2010). Gütekriterien qualitativer Forschung. In G. Mey & K. Mruck (Eds.), *Handbuch Qualitative Forschung in der Psychologie* (Vol. 1). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Hammann, M., Phan, T. T. H., Ehmer, M., & Bayrhuber, H. (2006). Fehlerfrei Experimentieren. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht MNU, 59*(5), 292-299.

Ifenthaler, D. (2006). *Diagnose lernabhämgiger Veränderung mentaler Modelle - Entwicklung der SMD-Technologie als methodologisches Verfahren zur relationalen, strukturellen und semantischen Analyse individueller Modellkonstruktionen.* Albert-Ludwigs-Universität Freiburg im Breisgau, Deutschland.

Johnson-Laird, P. N. (1983). *Mental models. Towards a cognitive science of language, inference, and consciousness*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Johnson-Laird, P. N. (2006). Mental Models, Sentential Reasoning, and Illusory Inferences. In C. Held, H. Knauff, & G. Vosgerau (Eds.), *Mental Models and the Mind* (pp. 27-51). Amsterdam, Boston: Elsevier.

Johnson-Laird, P. N. (2010). Mental models and human reasoning. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America PNAS, 107*(43), 18243-18250.

Johnstone, A. H. (1991). Why is Science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning, 7*, 75-83.

KMK. (2005). Bildungsstandards im Fach Chemie für den mittleren Schulabschluss. from Luchterhand

Knauff, M., & Knoblich, G. (2017). Denken und Problemlösen. In J. Müssler & M. Rieger (Eds.), *Allgemeine Psychologie* (Vol. 3). Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.

Kuckartz, U. (2018). *Qualitative Inhaltsnalayse: Methoden, Praxis, Computerunterstützung* (Vol. 4). Weinheim, Basel: Beltz Verlag.

Lesh, R., Hoover, M., Hole, B., Kelly, H., & Post, T. (2000). Principles for developing thought-revealing activities for students and teachers. In A. Kelly & R. Lesh (Eds.), *Handbook of Research Design in Mathematics and Science Education*. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse* (Vol. 12). Weinheim, Basel: Beltz Verlag.

Mayring, P. (2016). *Einführug in die qualitative Sozialforschung* (Vol. 6). Weinheim, Basel: Beltz Verlag.

Nave, K., & Tiemann, R. (2018). *Mentale Modellbildung: Verstehen und charakterisieren von Problemlöseprozessen in der Chemie*. Paper presented at the Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik GDCP, Kiel. https://www.gdcp-ev.de/wp-content/tagungsbaende/GDCP_Band39.pdf

Nowack, T. (2019). *Erstellung eines Erhebungsinstruments zur Bestimmung eines situativen Mentalen Modells anhand von Videoversuchen.* (Masterarbeit). Humboldt-Universität zu Berlin, Berlin.

Rädiker, S., & Kuckartz, U. (2019). *Analyse qualitativer Daten mit MAXQDA*. Wiesbaden: Springer VS.

Rost, M. (2021). *Modelle als Mittel der Erkenntnisgewinnung im Chemieunterricht der Sekundarstufe I: Entwicklung und quantitative Dimensionalitätsanalyse eines Testinstruments aus epistemologischer Perspektive.* (Doktorarbeit). Humboldt Universität zu Berlin, Berlin.

Scherer, R., Koppelt, J., & Tiemann, R. (2014). Developing a computer-based assessment of complex problem solving in Chemistry. *International Journal of STEM Education, 1*(2).

Seel, N. (1991). *Weltwissen und mentale Modelle*. Göttingen, Toronto, Zürich: Hogrefe Verlag für Psychologie.

Seel, N. (2003). *Psychologie des Lernens: Lehrbuch für Pädagogen und Psychologen* (Vol. 2). München, Basel: Ernst Reinhardt Verlag.

Seel, N. (2006). Mental Models in Learning Situations. *Advances in Psychology, 138*(1), 85-107.

Seel, N. (2017). Model-based learning: a synthesis of theory and research. *Educational Technology Research and Development, 65*, 931-966.

Michael Komorek[1]
Imke Ahrenholtz[1]
Jonathan Naber[1]
Kai Bliesmer[1]
Christin Sajons[1]

[1]Universität Oldenburg

Bedarfe hinsichtlich non-formaler MINT-Bildung erheben

Im vom BMBF geförderten MINT-Cluster AHOI_MINT (vgl. BMBF, 2019) werden non-formale, außerschulische MINT-Bildungsangebote charakterisiert und die Bedarfe von Kindern, Jugendlichen und Eltern hinsichtlich von MINT-Angeboten erhoben. Mithilfe problemzentrierter qualitativer Interviews, die biografische und episodische Elemente enthalten, wird erfragt, welche Erfahrungen die Teilgruppen mit non-formalen Bildungsangeboten haben, welche Wünsche nach Inhalten und Formaten bestehen und welche Bedingungen erfüllt sein müssen, damit sie vorhandene oder neue Angebote aufsuchen.

Ausrichtung des MINT-Clusters und Forschungsfeld

Wie im Beitrag von Aurin u. a. in diesem Band dargestellt, setzt der BMBF-MINT-Cluster AHOI_MINT auf die Verknüpfung non-formaler und schulischer MINT-Bildung. Begleitforschung ist in den Cluster integriert. Vier Leitlinien charakterisieren den Cluster:

a) Es sollen im Cluster solche Angebote geöffnet, angepasst oder neu entwickelt werden, die bei Kindern und Jugendlichen explizit Problemlösefähigkeiten und komplexes Denken fördern; sie sollen lernen, kreative Ideen auch in unscharfen naturwissenschaftlich-technischen Aufgabenstellungen selbstbestimmt zu entwickeln. Die thematischen, teilweise konfliktbehafteten Felder bei AHOI_MINT sind u. a. Küstenveränderung, Meer und Ozean; Energieversorgung; Klimawandel und Klimaanpassung; abnehmende Biodiversität; Naturerleben und Umweltschutz; moderne Technologien und Digitalisierung. Kennzeichnend für die Angebote im Cluster sind (oder sollen es nach Weiterentwicklung sein): Kontextualisierung: Sinnstiftende naturwissenschaftlich-technische oder gesellschaftliche Kontexte werden mittels narrativer Anker angeboten. Diese sollen 10-16jährige motivieren, sich mit fachlichen Inhalten zu befassen und weiterzulernen (Lewalter & Geyer, 2009). Einsatz von Problemlöseaufgaben: Diese werden kontextualisiert eingesetzt, um Selbstkonzept und Wahrnehmung von Selbstwirksamkeit (Reusser, 2005) zu fördern. Unterstützung selbstbestimmten Handelns: Benötigte Freiräume werden geboten, eigene Entscheidungen werden gemäß Selbstbestimmungstheorie von Deci & Ryan (2012) explizit gefördert.

b) In der Netzwerkstruktur sollen Kinder und Jugendliche die regionalen Angebote längerfristig und in inhaltlicher Kombination nutzen können und dadurch individualisierte Lernpfade beschreiten. Dabei sollen die Lernorte sie individuell beraten. Gerade Firmenbesichtigungen und Praktika zum Zwecke der Berufsorientierung sollen Teil der Lernpfade sein.

c) AHOI_MINT verbindet Einzelangebote und kleinere bereits bestehende Netze zu einem Gesamtnetz mit komplementär verknüpften Angeboten, damit die Lernpfade ermöglicht werden und sich die Anbietenden vernetzen können (vgl. Sajons & Komorek, 2020; Komorek & Sajons, 2021). Alle Angebote werden auf der Seite www.ahoi-mint.de einer großen Gruppe von Kindern und Jugendlichen zugänglich gemacht.

d) Schließlich werden die pädagogisch Verantwortlichen der Lernorte und Schulen selbst als Zielgruppe des Clusters aufgefasst, indem im Netzwerk gemeinsame Hospitationen und Reflexionen der verschiedenen MINT-Angebote und Fortbildungen stattfinden.

Am Cluster AHOI_MINT wirken (Ende 2021) rund 70 Partner in der Region Oldenburg und Nordwest Niedersachsen aus den Kategorien außerschulische MINT-Lernstandorte; Schulen mit MINT-Angeboten am Nachmittag; Kommunen, Verbände und MINT-affine Firmen; universitäre und weitere Forschungsinstitute mit.

Empirische Begleitforschung
Alle Clusteraktivitäten werden wissenschaftlich begleitet. Design-based Research (vgl. Reinmann 2005) wurde als Forschungsrahmen gewählt, weil er gut zur Weiterentwicklung vorhandener Angebote passt und es erlaubt, generalisiertes Wissen in spezifischen Lernkontexten zu erheben. Zentrale Frage bei der Gestaltung und Anpassung von MINT-Angeboten ist, ob die Angebote zu den Bedarfen von Kindern, Jugendlichen und Eltern passen. Dazu wurden im Sommer 2021 Befragungen von Familien dazu durchgeführt, welche Erfahrungen, Bedarfe und Wünsche sie hinsichtlich non-formaler MINT-Bildung haben, denn Erkenntnisse hierzu liegen kaum vor und sind nicht nur für den Cluster bedeutsam.

Forschungsfragen
Die Forschungsfragen zielen auf die persönlichen Sichtweisen der Familien ab:
- Was verstehen die Kinder/Jugendliche bzw. Eltern unter MINT-Angeboten? Welche Merkmale werden von Ihnen genannt? (gemeinsames Begriffsverständnis zum Interviewbeginn aufbauen)
- Welche Erfahrungen mit MINT-Angeboten wurden wo und wie gesammelt?
- Welche Erwartungen an MINT-Angebote bestehen? Welche Funktion sollen sie erfüllen?
- Welches Image besteht hinsichtlich non-formaler MINT-Angebote?
- Welche Wünsche bestehen hinsichtlich der Inhalte und Formate von zukünftigen MINT-Angeboten? Welche Bereitschaft besteht, Angebote zu nutzen?

Erhebungsmethode, Sample und Auswertung
Als zu den Forschungsfragen passende Methode wurde ein Qualitatives Interviews gewählt, das explizit episodische und biografische Anteile umfasst (nach Witzel & Reiter, 2012; Methfessel & Schön, 2014). Die Herausforderungen bestehen darin, eine geeignet Stichprobe von Familien zu finden, die verschiedene Kategorien abdeckt, was sozioökonomischen Hintergrund, Bildungsstand der Eltern, Schulformen der Kinder, Migrationshintergrund, Lokalisation Stadt/Land, bestehenden Förderbedarf etc. angeht. Das Dilemma zwischen benötigten Tiefeninformationen und gleichzeitiger Repräsentativität konnte in der Studie bislang noch nicht optimal in den Griff bekommen werden. Eine zweite Welle von Interviews speziell mit bildungsbenachteiligten Familien wird folgen. Befragt wurden 15 Familien mit Kindern/Jugendlichen im Alter von 10 bis 16 Jahren. Kinder und Eltern wurden nach einer kurzen Einführung getrennt voneinander mit angepassten Leitfäden befragt. In den Interviews wurden Fotos von typischen Situationen non-formalen Lernens als Stimuli eingesetzt. Zwar besteht dann ein gewisses Problem der Lenkung, was aber hinzunehmen ist, weil im Gegenzug episodisches und biografisches Wissen aktiviert wird. Zudem wurden die Kategorien der vorhandenen MINT-Angebote als Stimuli genutzt. Diese Kategorien sind Ergebnis einer Dokumentenanalyse von 140 erhobenen MINT-Angeboten der Region, in der die Befragten leben. Ausgewertet wurden die Interviews mittels Qualitativer Inhaltsanalyse nach Kuckartz (2018), unterstützt durch MAXQDA. Dazu wurden die Interviews zunächst vollständig transkribiert. Deduktive Kategorien, die bereits zur Entwicklung der Leitfäden geführt haben, wurden durch induktive Kategorien aus dem Datencorpus ergänzt. Dabei wurde zunächst entlang der deduktiven Kategorien ausgewertet (aktueller Stand der Studie), bevor entlang der induktiven Kategorien über das gesamte Material ausgewertet wird.

Leitfaden: Hauptfragen für Kinder/Jugendliche (10-16 Jahre)
- Zum MINT-Konzept: Beschreibe, was du auf den Fotos erkennst, was dort passiert? Was ist das Gemeinsame aller Situationen auf den Fotos?
- Zu eigenen Erfahrungen: Welche dieser Situationen auf den Bildern hast du schon erlebt? Erzähl, was du dort erlebt und getan hast. Was fandest du gut, was nicht so gut? Welche ähnlichen Situationen hast du schon erlebt? An welchem ähnlichen Ort warst du schon?

- Zum Image von MINT: Für wen sind solche Angebote und Themen gut geeignet? Wer würde dahin gehen? Wer interessiert sich dafür? Was interessiert dich persönlich an Naturwissenschaften, Technik, …? Inwiefern könnte solch ein Ort auch zu einem Treffpunkt am Nachmittag für dich und deine Freunde werden?
- Zu Wünsche und Visionen: Wie müsste das perfekte Angebot aussehen? Was wünscht du dir? Was müsste erfüllt sein, damit du ein solches Angebot wie auf diesen Bildern nutzt? Was hältst du davon, wenn es bei solchen Angeboten auch Wettkämpfe/Wettbewerbe gibt?

Falldarstellung

Die Auswertung ist nicht abgeschlossen, deswegen sollen hier lediglich einige der aufgestellten induktiven Kategorien an einem Fall verdeutlichen, dass Eltern differenzierte Erfahrungen haben und Erwartungen formulieren, die gut zu den Zielen des Clusters passen.

- **Kategorien „Motivation der Teilnahme der Kinder durch die der Eltern".** *Ich finde es selber toll. Noch kann ich die Kinder vorschieben. Ich muss mir bald ein anderes Alibi dann suchen. Also tatsächlich eigenes Interesse und ich finde es einfach toll, dass Kinder oder Jugendliche halt eben Fragen stellen.* [#7_0:13:02]
- **Kategorie „Aktive, regionale Suche zur gemeinsamen Freizeitgestaltung".** *Wir gucken, was es so an Angeboten gibt. Und wenn es halt in [Wohnort] nicht ist, dann halt darüber hinaus, bis zu einem gewissen Umkreis. Was kann man machen im Rahmen zum Beispiel der Sommerferien oder halt am Wochenende.* [#7_0:12:01]
- **Kategorien „Non-formale Erfahrungen als Anlass für familiäre Diskussionen".** *Wenn Fragen kommen, versuchen wir halt diese Fragen auch mitzunehmen und anschaulicher zu erklären. Das ist was anderes wie im Unterricht natürlich.* [#7_0:12:40]
- **Kategorien „Selbsttätigkeit und Problemlösen statt Wissensvermittlung".** *Probleme lösen und vor allem auch Präsentieren, Mitteilen, sowas halt. […] Eigenes Verhalten im Alltag kritisch durchdenken. Natur erkunden, Phänomene untersuchen. Ich würde es* [Mathematik anwenden] *jetzt nicht stramm nur auf die Mathematik anwenden wollen, aber an sich sonst, allgemein praktisch anwenden ist immer super, wenn Mathematik dabei mitläuft, man dürfte es vielleicht nicht in den Vordergrund stellen*. [#7_0:15:21]
- **Kategorien „Betreute offene Experimentierumgebung gewünscht".** *Ich würde mir tatsächlich mehr Mitmach-Aktionen wünschen. Also Sachen, wo man wirklich Zeit hat, wo man ausprobieren kann und im Idealfall vielleicht noch jemand Lust hat, das zu erklären. Es gibt ja jetzt hier in der Region so eine Art Krimi-Tour. Wenn man das jetzt analog aufbauen würde. Dass man sagt: Das und das ist die Problemstellung und wie lösen wir das jetzt?* [#7_0:39:03] […] *Wo aber halt eine gewisse Betreuung halt einfach da ist. Also so eine beiläufige Hilfestellung, ohne dass man es merkt.* [#7_0:39:59]

Verwertung der Ergebnisse

Die Interviewergebnisse werden im Cluster und darüber hinaus für folgende Zwecke benötigt. Erkannte Unterschiede in den Perspektiven von Kindern/Jugendlichen und Eltern sind hilfreich bei der adressatenspezifischen Darstellung und Bewerbung der Angebote auf der Website. Weiße Flecken auf der Angebotslandkarte, was regionale, inhaltliche oder methodischen Verteilungen angeht, unterstützen die Neugestaltung und Ausrichtung von MINT-Angeboten durch die anbietenden Partner. Hierbei geht es auch um die generelle Weiterentwicklung der Bildungsregion. Sehr wichtig ist der Abgleich zwischen den Angeboten und der Nachfrage, insbesondere was die Differenzierung der Angebote nach speziellen Nutzergruppen angeht (Migrant:innen, besonders Begabte, Mädchen, generell Bildungsbenachteiligte, Kombinationen aus diesen Gruppen). Und da derzeit in einer parallelen Studie Stakeholder der Region aus Wirtschaft, Politik, Wissenschaft, Kultur, Medien nach Ihrer Sicht auf non-formale MINT-Bildung befragt werden, ist auch hier der Abgleich mit den vorhandene Angeboten und den Bedarfen der Familien möglich.

Literatur

BMBF (2019). *MINT-Aktionsplan.* Berlin: BMBF. Online verfügbar [17.10.21] unter https://www.bmbf.de/SharedDocs/Publikationen/de/bmbf/pdf/mit-mint-in-die-zukunft.pdf;jsessionid=816E4349E605A106BAE1FA42687884B8.live382?__blob=publicationFile&v=2

Deci, E. L. & Ryan, R. M. (2012). Motivation, personality, and development within embedded social context: An overview of self-determination theory. In: R. M. Ryan (Ed.) *Oxford handbook of human motivation,* 85-107. Oxford: University Press.

Kuckartz, U. (2018). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung.* Weinheim: Beltz Juventa.

Komorek, M. & Sajons, C. (2021). Komplementäre Vernetzung außerschulischer Lernangebote. In C. Maurer, K. Rincke & M. Hemmer (Hrsg.), *Fachliche Bildung und digitale Transformation. Fachdidaktische Forschung und Diskurse* (Fachtagung der Gesellschaft für Fachdidaktik 2020), S. 169-172. Regensburg, Universität Regensburg. Online verfügbar [Zugriff: 17.10.2021] unter: https://www.pedocs.de/volltexte/2021/21659/pdf/Maurer_Rincke_Hemmer_2021_Fachliche_Bildung.pdf

Lewalter, D. & Geyer, C. (2009). Motivationale Aspekte von schulischen Besuchen in naturwissenschaftlich-techni-schen Museen. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft 12*, 28-44.

Methfessel, B. & Schön, B. (2014). Biographisch orientierte Lehr-Lernprozesse als „Brücke“ zwischen lebensweltlichen Erfahrungen und systematischen Lehr-Lernprozessen. *Haushalt in Bildung & Forschung 3,* 91-108.

Reinmann, G. (2005). Innovation ohne Forschung? Ein Plädoyer für den Design-Based Research-Ansatz in der Lehr-Lernforschung. *Unterrichtswissenschaft 33*, 52-69.

Reusser, K. (2005). Problemorientiertes Lernen – Tiefenstruktur, Gestaltungsformen, Wirkung. *Beiträge zur Lehrerbildung, 23* (2), 159-182.

Sajons, C. & Komorek, M. (2020). Complementary networking of out-of-school learning environments. In O. Levrini & G. Tasquier (Eds.), Electronic Proceedings of the ESERA 2019 Conference. The beauty and pleasure of understanding: engaging with contemporary challenges through science education, Part 9 (co-ed. J. Dillon & A. Zeyer) (pp. 1072-1078). Bologna: Alma Mater Studiorium – University of Bologna. Online verfügbar [Zugriff: 17.10.2021]. unter: https://www.dropbox.com/s/xs4ubcjuok1usxo/Strand%2009%20ok%20new.pdf?dl=0

Witzel, A. & Reiter, H. (2012). The Problem-centred Interview. London: SAGE Publications.

Florian Trauten[1]
Carolin Eitemüller[1]
Maik Walpuski[1]

[1]Universität Duisburg-Essen

Lernwirksamkeit automatisierter Feedback-Loops in einem E-Lernsetting zur Allgemeinen Chemie

Theoretischer Hintergrund

Die Studienabbruchforschung hat für die Studieneingangsphase belegt, dass Studierende – insbesondere in MINT Fächern – mit Leistungsproblemen zu kämpfen haben, die häufig schon sehr früh zum Studienabbruch führen. Bereits jetzt werden knapp ein Viertel aller Studienabbrüche in den MINT Studiengängen durch Leistungsprobleme verursacht und bei 80 % aller Studienabbrüche im MINT Sektor kommt diesen mindestens eine „eher große" Rolle zu (Heublein et al., 2017). So liegen für Chemiestudiengänge in Deutschland alarmierende Abbruchquoten von mittlerweile 47 % vor (Heublein, Richter & Schmelzer, 2020) was eindeutig auf ein Performance-Problem hindeutet.

Zugleich befinden sich die Studierenden zu Beginn ihres Studiums in einer schwierigen Umbruchsphase (Trautwein & Bosse, 2017). Die Loslösung vom früheren Umfeld (Phase eins), Adaption neuer Normen und Verhaltensmuster (Phase zwei) und die schließlich die dritte Phase, in der auf eins und zwei aufbauende Prozesse zu sozialer Einbindung (Tinto, 1988) stehen hier im Fokus. In der letzten Phase wird „die Kontaktaufnahme zu anderen Studierenden und zu Lehrenden zu einem entscheidenden Faktor für den Verbleib an der Hochschule" (Sarcletti & Müller, 2011, S. 237). In dieser Zeit der sozialen Umorientierung und dann folgender Einbindung in Sozialstrukturen ist das Anfangsverhältnis zu Mitstudierenden tendenziell schon durch Distanziertheit geprägt. Gleichzeitig ändert sich auch das Verhältnis in Bezug auf die Hochschullehrenden hinsichtlich der Kommunikation. Feedback und der Rat der Lehrenden müssen nun aktiv eingefordert werden (Heublein et al., 2017; Rost, 2018). Feedback stellt aber einen der bedeutendsten Einflussfaktoren auf Lern- und Motivationsprozesse dar (Hattie & Timperley, 2007), und da insbesondere von späteren Studienabbrechenden im Verhältnis zu späteren Absolvierenden signifikant weniger Feedback eingefordert wird, gibt es hier deutliche Indizien für ein Feedback-Problem in dieser Umbruchsphase. Dass sich die Wahrscheinlichkeit für einen Studienabbruch erhöht, wenn Leistungsprobleme nicht im ersten Studienjahr überwunden werden (Heublein et al., 2017), aber durch bestehende Hochschullernangebote Lücken im Vorwissen nicht geschlossen werden (Averbeck, 2020), zeigt gleichermaßen die Verbindungsstelle dieser beiden Problembereiche, wie auch einen Ansatzpunkt für eine Intervention auf.

Das Modul *Allgemeine Chemie* findet sich an nahezu allen Universitäten im ersten Semester des Studiengangs Chemie wieder und ist unter anderem dazu konzipiert, um ein Grundlagenverständnis für das weitere Studium zu vermitteln bzw. dieses zu festigen. Damit kommt diesem Modul eine Schlüsselrolle bei der möglichen Aufarbeitung von fachlichen Defiziten zu, weshalb es gewählt wurde, um in dieser entscheidenden Phase den Studierenden räumlich, zeitlich und vor allem auch personenunabhängiges externes Feedback zur Verfügung zu stellen und so dabei zu helfen, Lücken im Vorwissen zu schließen.

Die Konstruktion adäquaten Feedbacks stellte jedoch eine Hürde dar. Dass Feedback kompatibel zum Vorwissen sein muss (Hattie & Timperley, 2007) erscheint fast trivial. Es wirkt plausibel, dass Lernende mit geringem Vorwissen eher durch erklärendes als durch korrektives Feedback profitieren (Krause, Stark & Mandl, 2009; Moreno, 2004), da das Finden von Fehlern bereits Vorwissen voraussetzt (Schuhmacher, 2008). Gleichermaßen erscheint vor dem Hintergrund des Expertise Reversal Effektes (Chen, Kalyuga & Sweller, 2017) ebenfalls plausibel, dass im Falle hohen Vorwissens korrektives Feedback lernwirksamer sein könnte (Smits, Boon, Sluijsmans & van Gog, 2008). Studien, die sich mit

der Lernwirksamkeit von Feedbackumfang bzw. Feedbackkomponenten in Abhängigkeit vom Vorwissen beschäftigen, lassen allerdings aktuell keine gesicherten Erkenntnisse zu (z. B. Fyfe, Rittle-Johnson & DeCaro, 2012; Narciss, 2006), weil sie sich hinsichtlich Stichprobe, Feedbackmaßnahme und/oder Aufgabenbereich stark voneinander unterscheiden. Für chemienahe Kontexte deuten jedoch einige Studien darauf hin, dass Studierenden entsprechend des Niveaus an Vorwissen auch mit differenten Feedbackkomponenten begegnet werden muss (z. B. Albacete & VanLehn, 2000; Narciss & Huth, 2006).
Vor dem Hintergrund dieser Forschungslücke wurden zwei Typen von Online-Lernaufgaben entwickelt, die bei gleicher Aufgabenstellung differente Feedbackkomponenten aufweisen. Der zugrundeliegende Feedbackalgorithmus beruht auf dem dreistufigem Bug-Related-Tutoring-Feedback Algorithmus von Narciss (2006), in dem die Lernenden rekurrierend auf die gemachten Fehler in zwei Feedback-Loops Fehlerort und Hinweise zum Lösungsverfahren erhalten. Folgt dem dritten Lösungsversuch keine korrekte Lösung, wird eine detaillierte Musterlösung der Aufgabe präsentiert. Im Kontrast dazu wurde ein ebenfalls dreistufiger Korrektiver Feedback Algorithmus entwickelt, der lediglich aufzeigt, dass Fehler gemacht wurden. Erfolgt nach dem dritten basalen Feedback keine korrekte Lösung der Aufgabe, so wird das korrekte Ergebnis ohne weitere Erklärung präsentiert.

Ziele und Fragestellung

Über diesen systematischen Vergleich sollten weitere Erkenntnisse in Bezug auf die lernförderliche Wirkung von Feedbackkomponenten gewonnen werden, die dazu beitragen sollen, die oben erwähnte Forschungslücke zu schließen.
Die zugrundeliegende Forschungsfrage ist die folgende:

> Wie wirken sich die beiden unterschiedlichen Feedback-Algorithmen (BRT-Feedback vs. KOR-Feedback) in Abhängigkeit vom fachspezifischen Vorwissen auf den Studienerfolg von Erstsemesterstudierenden in der Allgemeinen Chemie aus?

Theoriegeleitet ergeben sich die folgenden Hypothesen:

- H1: Studierende mit *geringem* fachspezifischem Vorwissen profitieren in ihrem Studienerfolg stärker durch ein Training mit einem BRT-Feedback-Algorithmus als Studierende mit hohem Vorwissen (Krause et al., 2009; Schuhmacher, 2008).
- H2: Studierende mit *hohem* fachspezifischem Vorwissen profitieren in ihrem Studienerfolg stärker durch ein Training mit einem KOR-Feedback-Algorithmus als Studierende mit geringem Vorwissen (Narciss & Huth, 2006; Smits et al., 2008)

Forschungsdesign

Die feedbackgestützten Online-Aufgaben wurden in der Webapplikation JACK (Pobel & Striewe, 2019; Striewe, 2016) realisiert, da sich diese Aufgaben als externes Tool in der Lernplattform Moodle einbetten lassen und sich dieses Tool daher sehr gut für einen webbasierten Übungsbetrieb eignet. Im Rahmen von drei Interventionsstudien über die Wintersemester 2018-2020 mit Prä-Post-Vergleichsgruppendesign wurden die feedbackgestützten Aufgaben hinsichtlich der Lernwirksamkeit geprüft. Hierzu wurden die Studierenden in der ersten Semesterwoche entsprechend der Chemie-Kurswahl in der Oberstufe, die als guter Prädiktor für Vorwissen gilt (Averbeck, 2021), in zwei Vorwissensniveaus eingeteilt, die dann jeweils zufällig auf die beiden Algorithmen verteilt wurden, wodurch sich eine 2x2-Matrix ergibt. Mit einem unabhängigen Fachwissenstest in Anlehnung an Freyer (2013) und Averbeck (2021) wurde zu Beginn das Vor- und zum Ende des Semesters das Chemie Fachwissen erhoben. Als weitere Outcome-Variable wurden der Klausurerfolg am Ende des ersten Semesters sowie semesterbegleitend weitere Kontrollvariablen wie z. B. Mathematikfähigkeiten und Aufgaben-Logfiles erfasst.

Ergebnisse

Aufgrund der großen Varianz hinsichtlich der Nutzung der Lernaufgaben konnten über die Jahre $N = 165$ Probanden erhalten werden, die hinreichend viele Aufgaben bearbeitet haben. Diese verteilen sich relativ gleichmäßig auf die vier Interventionsgruppen.

Um das Vorwissen zu kontrollieren, wurde zunächst ein Regressionsmodell gerechnet ($F(1, 120) = 257.7$, $p < .001$). Zudem wurde damit die prädiktive Kraft von Vorwissen auf das Fachwissen am Ende des Semesters repliziert (Averbeck, 2020). Im Anschluss daran wurde das Modell sukzessive um die Prädiktoren der Feedbackbedingungen (BRT/KOR) und die ehemalige Kurswahl in der Oberstufe (Leistungskurs J/N) erweitert. Erst die Interaktion zwischen Kurswahl und Feedbackgruppe führte zu einer signifikanten Verbesserung der Varianzaufklärung des Modells ($F(4, 117) = 69.73$, $p < .001$) von 1.4 % ($p < .05$).

Tabelle 1: Regressionen zum Fachwissenserwerb und Modellvergleich

Variable	Modell 1			Modell 2		
	B	β	SE	B	β	SE
Konstante	0.806 ***		0.0602	0.883 ***		0.114
Allg. Ch. Vorw. Prä	0.916 ***	0.826 ***	0.057	0.859 ***	0.775 ***	0.060
Feedback-Gruppe				0.080	0.038	0.149
Kurswahl				0.034	-0.017	0.148
FB-Gruppe x Kurswahl				-0.464 *	-0.186 *	0.214
R^2	0.680			0.694		
ΔR^2				0.014 *		

So ergibt sich ein signifikanter Nachteil im Lernzuwachs für die Gruppe der Studierenden, die keinen Leistungskurs in der Oberstufe belegt haben und den KOR-Algorithmus erhielten. Die Regressionskoeffizienten der anderen Feedbackgruppen weisen keine statistisch signifikanten Unterschiede auf.

Fazit

Der BRT-Algorithmus führt für Studierende, die keinen Leistungskurs in der Oberstufe hatten, zu einem Vorteil im Lernzuwachs. Ein Nachteil durch BRT-Feedback bzw. ein genereller Vorteil des KOR-Feedbacks lässt sich für ehemalige Leistungskursschüler nicht ausmachen. Eine Interaktion mit dem Vorwissen auf Basis des Tests (Averbeck, 2020; Freyer, 2013) und der Feedbackgruppe ließ sich hingegen nicht finden. Allerdings ist hier anzuführen, dass der Test nur abrufbares Chemie-Faktenwissen misst, den Vorteil an effektiver Lernzeit und damit auch die Menge an potentiell besprochenen Inhalten dabei aber nicht erfasst. Dieser Faktor geht aber möglicherweise in der Kurswahl auf, was auf Basis der Ergebnisse plausibel erscheint. In dem Fall könnten die feedbackgestützten Aufgaben als Strukturierungshilfe dienen, um bei gleicher Lernzeit die Inhalte komplett neu zu erlernen, anstatt sich nur wiedererinnern und diese aufarbeiten zu müssen.

Literatur

Albacete, P. L. & VanLehn, K. A. (2000). Evaluating the Effectiveness of a Cognitive Tutor for Fundamental Physics Concepts. *Proceedings of the Annual Meeting of the Cognitive Science Society*, *22*(22). Verfügbar unter: https://escholarship.org/uc/item/0166b7p0

Averbeck, D. (2020). *Zum Studienerfolg in der Studieneingangsphase des Chemiestudiums* (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 308). Berlin: Logos.

Chen, O., Kalyuga, S. & Sweller, J. (2017). The Expertise Reversal Effect is a Variant of the More General Element Interactivity Effect. *Educational Psychology Review*, *29*(2), 393–405. https://doi.org/10.1007/s10648-016-9359-1

Freyer, K. (2013). *Zum Einfluss von Studieneingangsvoraussetzungen auf den Studienerfolg Erstsemesterstudierender im Fach Chemie* (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 156). Berlin: Logos.

Fyfe, E. R., Rittle-Johnson, B. & DeCaro, M. S. (2012). The effects of feedback during exploratory mathematics problem solving: Prior knowledge matters. *Journal of Educational Psychology*, *104*(4), 1094–1108. https://doi.org/10.1037/a0028389

Hattie, J. & Timperley, H. (2007). The Power of Feedback. *Review of Educational Research*, *77*(1), 81–112. https://doi.org/10.3102/003465430298487

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

Heublein, U., Richter, J. & Schmelzer, R. (2020). *Die Entwicklung der Studienabbruchquoten in Deutschland*. https://doi.org/10.34878/2020.03.DZHW_BRIEF

Krause, U.-M., Stark, R. & Mandl, H. (2009). The effects of cooperative learning and feedback on e-learning in statistics. *Learning and Instruction*, *19*(2), 158–170. https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2008.03.003

Moreno, R. (2004). Decreasing Cognitive Load for Novice Students: Effects of Explanatory versus Corrective Feedback in Discovery-Based Multimedia. *Instructional Science*, *32*(1/2), 99–113. https://doi.org/10.1023/B:TRUC.0000021811.66966.1d

Narciss, S. (2006). *Informatives tutorielles Feedback. Entwicklungs- und Evaluationsprinzipien auf der Basis instruktionspsychologischer Erkenntnisse* (Pädagogische Psychologie und Entwicklungspsychologie, Bd. 56). Dresden, Techn. Univ., Habil.-Schr., 2005. Münster: Waxmann.

Narciss, S. & Huth, K. (2006). Fostering achievement and motivation with bug-related tutoring feedback in a computer-based training for written subtraction. *Learning and Instruction*, *16*(4), 310–322. https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2006.07.003

Pobel, S. & Striewe, M. (2019). Domain-Specific Extensions for an E-Assessment System. In M. A. Herzog, Z. Kubincová, P. Han & M. Temperini (Hrsg.), *Advances in Web-Based Learning – ICWL 2019* (Bd. 11841, S. 327–331). Cham: Springer International Publishing.

Rost, F. (2018). *Lern- und Arbeitstechniken für das Studium* (Lehrbuch, 8., vollständig überarbeitete und aktualisierte Auflage). Wiesbaden: Springer VS.

Sarcletti, A. & Müller, S. (2011). Zum Stand der Studienabbruchforschung. Theoretische Perspektiven, zentrale Ergebnisse und methodische Anforderungen an künftige Studien. *Zeitschrift für Bildungsforschung*, *1*(3), 235–248. https://doi.org/10.1007/s35834-011-0020-2

Schuhmacher, R. (2008). Der produktive Umgang mit Fehlern. Fehler als Lerngelegenheit und Orientierungshilfe. In R. Caspary (Hrsg.), *Nur wer Fehler macht, kommt weiter. Wege zu einer neuen Lernkultur* (Herder-Spektrum, Bd. 5892, Orig.-Ausg, S. 49–72). Freiburg im Breisgau: Herder.

Smits, M. H., Boon, J., Sluijsmans, D. M. & van Gog, T. (2008). Content and timing of feedback in a web-based learning environment: effects on learning as a function of prior knowledge. *Interactive Learning Environments*, *16*(2), 183–193. https://doi.org/10.1080/10494820701365952

Striewe, M. (2016). An architecture for modular grading and feedback generation for complex exercises. *Science of Computer Programming*, *129*, 35–47. https://doi.org/10.1016/j.scico.2016.02.009

Tinto, V. (1988). Stages of Student Departure: Reflections on the Longitudinal Character of Student Leaving. *The Journal of Higher Education*, *59*(4), 438. https://doi.org/10.2307/1981920

Trautwein, C. & Bosse, E. (2017). The first year in higher education—critical requirements from the student perspective. *Higher Education*, *73*(3), 371–387. https://doi.org/10.1007/s10734-016-0098-5

Renan Vairo Nunes[1] [1]Goethe-Universität Frankfurt am Main
Friederike Korneck[1]

MINT-Personal: Arbeitssituation von Lehrkräften im MINT-Bereich

In zwei Erhebungen mittels Online-Fragebögen wird die Arbeitssituation und -zufriedenheit von Lehrkräften im MINT-Bereich untersucht (vgl. Vairo Nunes et al., 2021a). Ziel der Studie ist es, anhand der Ergebnisse Verbesserungsbedarfe und -potentiale am Arbeitsplatz Schule aufzuzeigen und bildungspolitische Empfehlungen zu erarbeiten, die die Berufsbedingungen von MINT-Lehrkräften bzw. die MINT-Unterrichtsversorgung künftig verbessern würden. Die erste Erhebung erfolgte im Frühjahr 2021. Im Folgenden werden bestehende Befunde zur Lehrkräftezufriedenheit thematisiert. Danach wird die Stichprobe der ersten Erhebung beschrieben. Schließlich wird auf erste Ergebnisse der Studie eingegangen.

Theoretischer Hintergrund

Seit Jahrzehnten lässt sich bei der Befragung von Lehrkräften eine mittelhohe bis hohe Zufriedenheit verzeichnen (vgl. Gehrmann, 2004). Neuere Untersuchungen weisen ebenso auf hohe Zufriedenheit bei Lehrkräften hin, etwa in der van Dick'schen Erhebung, deren Instrument *Job Diagnostic Survey (JDS)* auch in der vorliegenden Studie verwendet wird (vgl. van Dick et al., 2001), oder in der forsa-Befragung zur Lehrkräftezufriedenheit aus dem Jahr 2016. In Letzterer gaben 91 % der 1001 Befragten an, dass sie gerne bis sehr gerne zur Arbeit gehen (vgl. forsa, 2016, S. 4). Dabei differieren die Ergebnisse zwischen den unterschiedlichen Schulformen. „Sehr gern" gehen 45 % der Gymnasiallehrkräfte und 38 % der Grundschullehrkräfte zur Arbeit, während dies nur für 29 % der Förder-/Sonderschullehrkräfte und 25 % der Hauptschullehrkräfte zutrifft. Schulformunterschiede sind auch in anderen Studien zu finden (u. a. Merz 1979, 1980, zit. n. van Dick, 2006; Mußmann et al., 2020).
Bislang fehlen jedoch Vergleichsstudien, die den Berufsschulbereich, der vom Lehrkräftemangel besonders betroffen ist (vgl. Klemm, 2018), mitberücksichtigen. Auch fehlt es an fachspezifischen Erhebungen, obwohl Daten hierzu äußerst wertvoll für die Entwicklung von Strategien der MINT-Lehrkräftegewinnung wären. In der MINT-Personal-Studie werden genau diese Lücken geschlossen, indem auf MINT-Lehrkräfte an allgemein-/berufsbildenden Schulen (LaAllg/LaB) fokussiert wird. Für die Untersuchung der Arbeitssituation/-zufriedenheit wurde der o. g. JDS auf die Projektziele angepasst (vgl. Abb. 1; Vairo Nunes et al., 2021b).

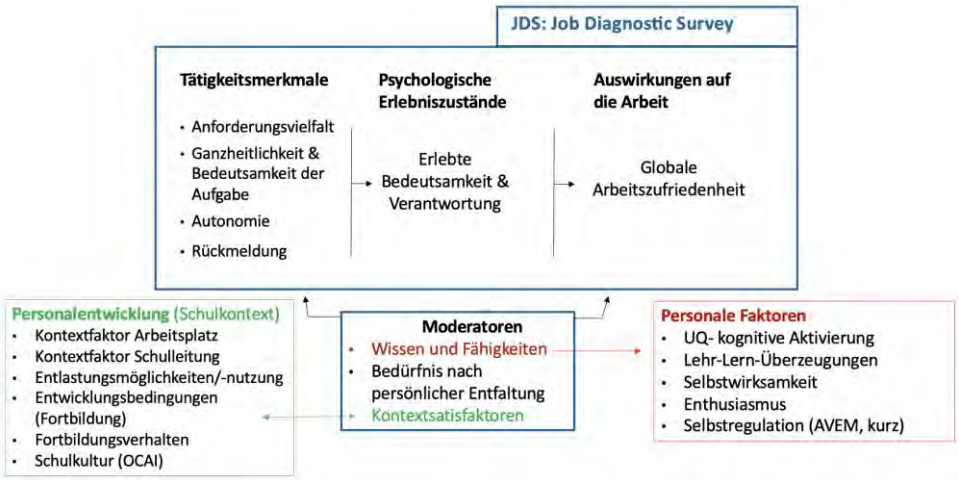


Abb. 1: Adaption des JDS für die Befragung von MINT-Lehrkräften (in Anl. an van Dick et al., 2001).

Die vorliegende Faktorenstruktur ergab sich aus explorativen Faktorenanalysen. Eine ausführlichere Beschreibung der Erhebungsinstrumente findet sich in Vairo Nunes et al. (2021b).

Stichprobenbeschreibung

An der ersten Erhebung nahmen 1382 Lehrkräfte teil (LaAllg = 1139, LaB = 243), knapp die Hälfte davon wurden über Berufsverbände erreicht. Wie man Tab. 1 entnehmen kann, weisen die hohen Anteile von Quer-/Seiteneinsteigenden bei den LaB (24,1 % bzw. 14,6 %) auf den besonders starken MINT-Lehrkräftemangel an Berufsschulen hin. Die LaB sind häufiger männlich (63,4 %) und älter. Die meisten von ihnen gehören zur Altersgruppe 50-59, die LaAllg hingegen zur Altersgruppe 40-49. Die Teilnehmenden sind berufserfahrene Lehrkräfte, die mehrheitlich über 7-18 Berufsjahre verfügen (LaAllg = 44,9 %, LaB = 43,9 %), viele von ihnen sogar 19-30 Berufsjahre (LaAllg = 29,1 %, LaB = 30,8 %). Die meisten Lehrkräfte unterrichten in der Sekundarstufe I und II oder nur in der Sekundarstufe II, sind verbeamtet und in einer Besoldungsstufe ab A13/E13 eingeordnet. Es konnten Teilnehmende aus dem ganzen MINT-Spektrum gewonnen werden (vgl. Abb. 2).

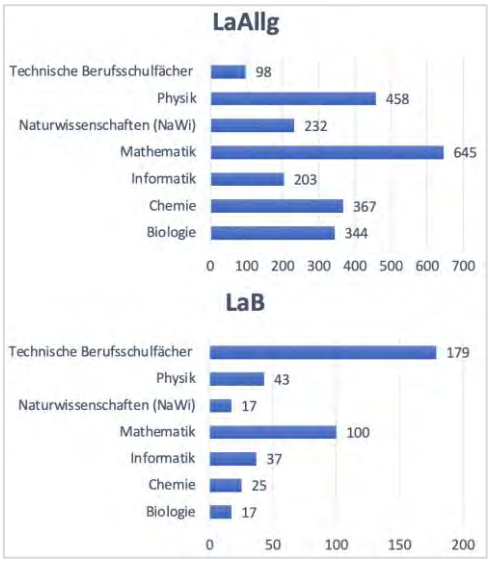


Abb. 2: Darstellung der MINT-Fächer. Abgebildet wird die Häufigkeit der Nennungen, wobei jede Lehrkraft mehr als ein Fach angeben durfte

*Tab. 1: Tabellarische Beschreibung ausgewählter Stichprobenmerkmale, in Prozent. Legende: LAA = Lehramtsabsolvent*innen, QE = Quereinsteigende, SE = Seiteneinsteigende*

Merkmal	Schultyp	Antwortkategorien (kursiv), alle Angaben in Prozent				
Lehramtszugang		*LAA*	*QE*	*SE*		
	LaB	61,3	24,1	14,6		
	LaAllg	85,2	8,8	6,0		
Geschlecht		*Weiblich*	*Männlich*	*Divers*		
	LaB	29,6	63,4	0,4		
	LaAllg	50,6	48,9	0,5		
Altersgruppe		*< 30 J.*	*30-39 J.*	*40-49 J.*	*50-59 J.*	*>= 60 J.*
	LaB	1,8	19,7	24,1	43,0	11,4
	LaAllg	7,6	31,7	36,7	12,5	11,5
Unterrichtserfahrung (in Jahren)		*1-3 J.*	*4-6 J.*	*7-18 J.*	*19-30 J.*	*31-40 J.*
	LaB	5,1	9,7	43,9	30,8	10,5
	LaAllg	6,4	10,5	44,9	29,1	9,1

Schulstufeneinsatz		*Nur Sek I*	*Nur Sek II*	*Sek I und II*	*LK für Fachpraxis*	*Weiß ich nicht*
	LaB	1,6	68,7	22,2	12,8	0
	LaAllg	22,9	5,0	68,8	2,2	1,4
Dienstverhältnis		*Beamte*r*	*Angestellte*r*			
	LaB	83,8	16,2			
	LaAllg	83,9	16,1			
Besoldung		*A11/E11*	*A12/E12*	*A13/E13*	*A14/E14*	*A15/E15*
	LaB	4,9	1,5	44,6	34,4	14,6
	LaAllg	1,9	6,1	48,1	25,5	18,4

Ergebnisse zur Wahrnehmung der Arbeitssituation
Der Frageblock zur Arbeitssituation wurde von 1132 Lehrkräften beantwortet. Die ermittelten Skalenwerte sowohl für LaB als auch LaAllg werden in Abb. 3 grafisch dargestellt.

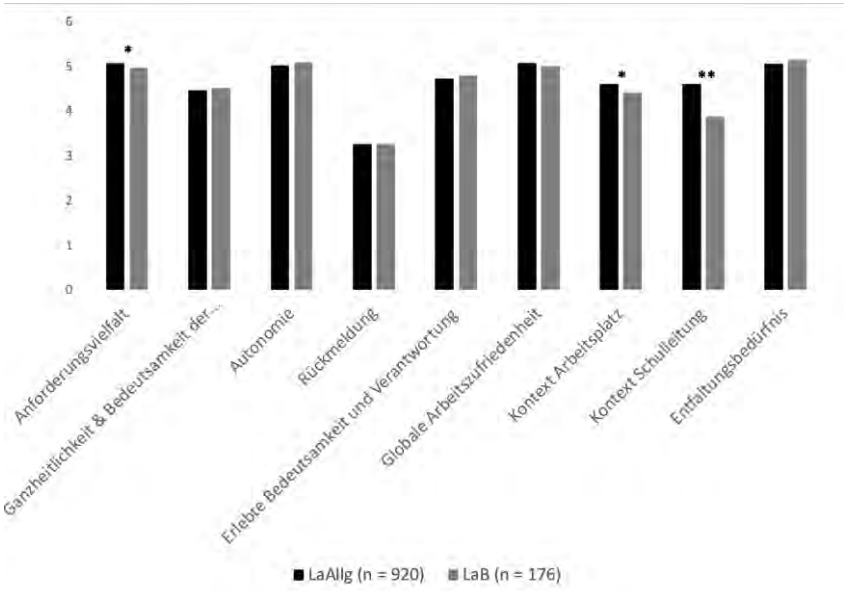


Abb. 3: Ergebnisse zur Wahrnehmung der Arbeitssituation, LaAllg und LaB im Vergleich

Im Vergleich zwischen LaB und LaAllg zeigen sich lediglich bzgl. der Anforderungsvielfalt und beim Kontextfaktor Arbeitsplatz kleine signifikanten Unterschiede zugunsten der LaAllg. Etwas auffälliger ist der hochsignifikante Unterschied in der Wahrnehmung des Kontextfaktors Schulleitung, der ebenso bei den LaAllg höher ausgeprägt ist (vgl. Abb. 3). Das bedeutet, dass Berufsschullehrkräfte weniger zufrieden mit dem Verhältnis zur Schulleitung bzw. der Menge an Unterstützung durch die Schulleitung sind.
Die Ergebnisse zeigen, dass die Lehrkräfte dieser Stichprobe berufszufrieden sind und dass sich LaAllg und LaB in der Wahrnehmung ihrer Arbeitssituation wenig unterscheiden. In Folgeanalysen sollen weitere Zusammenhänge im adaptierten JDS genauer untersucht und die aktuell vorliegende Faktorenstruktur geprüft werden.

Literatur

forsa Politik- und Sozialforschung. (2016). Zufriedenheit im Lehrerberuf. Ergebnisse einer repräsentativen Lehrerbefragung. Abgerufen am 15.08.2021 von: https://www.vbe.de/fileadmin/user_upload/VBE/Service/Meinungsumfragen/2016_02_11_Berufszufriedenheit_Auswertung.pdf

Gehrmann, A. (2004). Lehrerprofessionalität im Vergleich. In U. Carle & A. Unckel (Hrsg.), Entwicklungszeiten: Forschungsperspektiven für die Grundschule (S. 123–128). VS Verlag für Sozialwissenschaften. https://doi.org/10.1007/978-3-663-09944-4_15

Klemm, K. (2018). Dringend gesucht: Berufsschullehrer: Die Entwicklung des Einstellungsbedarfs in den beruflichen Schulen in Deutschland zwischen 2016 und 2035. https://doi.org/10.11586/2018042

Mußmann, F., Hardwig, T., Riethmüller, M., Klötzer, S., & Peters, S. (2020). Arbeitszeit und Arbeitsbelastung von Lehrkräften an Frankfurter Schulen 2020: Ergebnisbericht. Kooperationsstelle Hochschulen und Gewerkschaften der Georg-August-Universität Göttingen. https://doi.org/10.3249/UGOE-PUBL-7

Vairo Nunes, R., Korneck, F., Berger, J., Ziegler, B., Rönnebeck, S., & Parchmann, I. (2021a). Arbeitssituation und Professionalisierungswege von MINT-Lehrkräften. In S. Habig (Hrsg.), Naturwissenschaftlicher Unterricht und Lehrerbildung im Umbruch? GDCP virtuelle Jahres-tagung 2020 (Bd. 41, S. 633–636). Universität Regensburg.

Vairo Nunes, R., Korneck, F., Berger, J., Ziegler, B., Rönnebeck, S., & Parchmann, I. (2021b). Entwicklung eines Testinstruments zur Untersuchung der Arbeitssituation von MINT-Lehrkräften. In J. Grebe-Ellis & H. Grötzebauch (Hrsg.), PhyDid B, Didaktik der Physik, Beiträge zur virtuellen DPG-Frühjahrstagung 2021 (S. 203–207).

van Dick, R., Schnitger, C., Schwartzmann- Buchelt, C., & Wagner, U. (2001). Der Job Diagnostic Survey im Bildungsbereich. Zeitschrift für Arbeits-und Organisationspsychologie, 45(2), 74–92. https://doi.org/10.1026//0932-4089.45.2.74

van Dick, R. (2006). Stress und Arbeitszufriedenheit bei Lehrerinnen und Lehrern. Zwischen „Horrorjob“ und Erfüllung (2., Edition). Tectum Wissenschaftsverlag.

Daniel Rehfeldt[1]
Martin Brämer[1]
Volker Brüggemann[1]
Hilde Köster[1]

[1]Freie Universität Berlin

Lehrkräftemangel: Studien- und Berufswahlmotive – ein personenzentrierter Ansatz

Der derzeitige Lehrkräftemangel hat vielerorts zu recht drastischen Maßnahmen geführt: Die Zahl der Studienplätze für das Lehramt sind an den Universitäten stark gestiegen, in den Schulen werden mehr Quer- und Seiteneinsteigende eingestellt (Lucksnat, Richter, Klusmann, Kunter & Richter, 2020), hohe Gehaltsstufen und Jobsicherheitsversprechen von Anfang an sollen (insbesondere in Berlin) dafür sorgen, dass die Absolvent:innen nicht in andere Bundesländer abwandern (Hensel, 2020, S. 3; Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Familie, 2021). Außerdem können die Studierenden bereits im Studium auf Jobs an Schulen hoffen (ebd.). Damit liegen also nunmehr völlig neue potentielle Studier- und Berufsanreize für Studienanfänger:innen vor, von denen wir annehmen, dass diese auch einen Einfluss auf die Motivlage für die Wahl des Studiengangs und auf das Studierverhalten nehmen.

Für uns stellte sich daher in Hinblick auf die Weiterentwicklung des Studiengangs, neuer Lehr-Lernformate (Brämer, Rehfeldt, Bauer & Köster, 2020; Rehfeldt et al., 2020) und einer Anpassung der Studienberatung – die Frage, welche Studien- und Berufswahlmotive bei den Studierenden in den durch die beschriebenen Anreize beeinflussten Kohorten ab 2018 vorliegen. Da Studien- und Berufswahlmotiven eine hohe Relevanz für das erfolgreiche Absolvieren des Lehramtsstudiums und für die Ausübung des späteren Berufs zugeschrieben wird (Hanfstingl & Mayr, 2007; Kunter et al., 2008; Watt & Richardson, 2008), und Studien zeigen, dass Studierende mit dem Berufsziel Lehramt bezogen auf die Motivlage keine homogene Gruppe darstellen (Billich-Knapp, Künsting & Lipowsky, 2012; König, Rothland & Schaper, 2018), dienen uns die Studien- und Berufswahlmotive als Grundlage für eine Typisierung der Lehramtsstudierenden.

Erwartungs-Wert-Ansatz der Studien- und Berufswahlmotive

Den theoretischen Hintergrund für unsere Untersuchung bildet der Erwartungs-Wert-Ansatz der Studien- und Berufswahlmotive nach Watt & Richardson (2007, vgl. Abb. 1). Zur Erwartungs-Komponente zählen hier beispielweise Aufgaben-Anforderungen und Privilegien (z. B. Lohn) des zu wählenden Jobs oder die eigene wahrgenommene Lehrfähigkeit (Selbstwahrnehmung). Die Wert-Komponente des Modells lässt sich in zwei Bereiche unterteilen: persönlicher Nutzen (z. B. Jobsicherheit) und sozialer Nutzen (z. B. Kinder prägen). Das Motiv ‚Ausweichkarriere' betrifft das stark extrinsische Motiv, das Lehramtsstudium bzw. den Beruf aus Verlegenheit oder als Notlösung zu wählen.

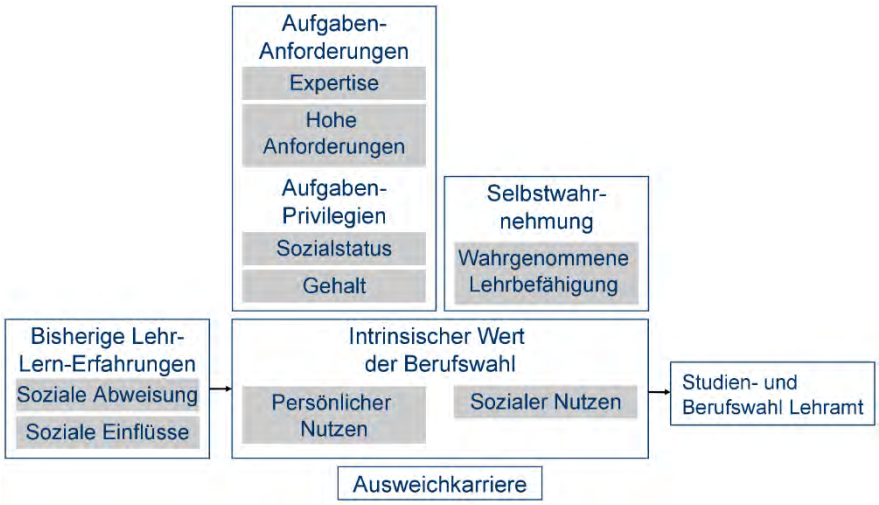


Abb. 1: Erwartungs-Wert-Ansatz der Studien- und Berufswahlmotive (eigene Darstellung nach Watt & Richardson, 2007)

Replikationsstudie

Im Bereich der Studien- und Berufswahlmotive von Studierenden der Grundschulpädagogik liegt mit der Studie von Billich-Knapp et al. (2012) eine Arbeit vor, die sich als Grundlage für die Beantwortung unserer Frage eignet. Billich-Knapp und Kolleg:innen untersuchten bei N = 209 Grundschullehramtsstudierenden in Kassel die Studien- und Berufswahlmotivprofile. Es wurden u. a. die Motive *Pädagogisches Interesse, Fähigkeitsüberzeugung, Nützlichkeitsaspekte* und *Geringe Schwierigkeit* erhoben. Ausgewertet wurde über eine latente Profilanalyse. Ergebnis war eine 3-Profile-Lösung mit einem günstigen, einem weniger günstigen und einem motivational ungünstigen Motivprofil. Billich-Knapp et al. (2012) bezeichnen letzteres als das *nutzenorientiert-pragmatische* Profil. Die Studierenden mit diesem Profil (11%) zeigen eine geringe Zustimmung zu den Motiven *Pädagogisches Interesse* und *Fähigkeitsüberzeugung.* Zustimmung erfahren dagegen *Nützlichkeit* und *Geringe Schwierigkeit*. Es zeigten sich zudem ungünstige Ausprägungen in weiteren studier- und berufsrelevanten Variablen, wie Leistungsmotivation, Lernzielorientierung und Studienzufriedenheit (Billich-Knapp et al., 2012, S. 712).

Bei unserer Studie handelt es sich in wesentlichen Bereichen um eine Replikationsstudie (Plucker & Makel, 2021).

Forschungsfrage und Methoden

Zur Forschungsfrage *„Welche Studienwahl-Motivkonstellationen weisen Erstsemester-Studierendengruppen der Grundschulpädagogik ab 2018 auf?“* wurden Grundschullehramtsstudierende im Studienfach Sachunterricht an der Freien Universität Berlin untersucht. Es konnten N = 501 gültige Datensätze für die Profilbildung gewonnen werden (2019/2020).

Die Stichprobe weist hohe Ähnlichkeit mit der Stichprobe von Billich-Knapp et al. (2012) auf (Rehfeldt, Brämer, Brüggemann & Köster, eingereicht), und es wurden dieselben FEMOLA-Skalen wie bei Billich-Knapp et al. (2012) eingesetzt. Erhoben wurden die Motive *Pädagogisches Motiv, Geringe Schwierigkeit, Nützlichkeit* und *Fähigkeitsselbsteinschätzung. Letztere wurde* unter Verwendung der Skalen zur *Lehrkräfte-Selbstwirksamkeitserwartung* nach Pfitzner-Eden (2015) untersucht, da diese testevaluierter und umfangreicher ausfallen.

Als Auswertungsmethode kam analog zur Studie von Billich-Knapp et al. (2012) die latente Profilanalyse zum Einsatz (z. B. Marsh, Lüdtke, Trautwein & Morin, 2009). Diese testet vielfältige Typen-Modellierungen und berechnet die optimale Lösung für die vorliegenden Daten.

Ergebnisse

Das Modell mit der insgesamt besten Passung umfasste drei Studierendenprofile, Profil 2 (10%) ist als motivational ungünstig zu bezeichnen (Profil 1: 58%, Profil 3: 32%). Abbildung 2 zeigt den deskriptiven Vergleich der drei Profile.

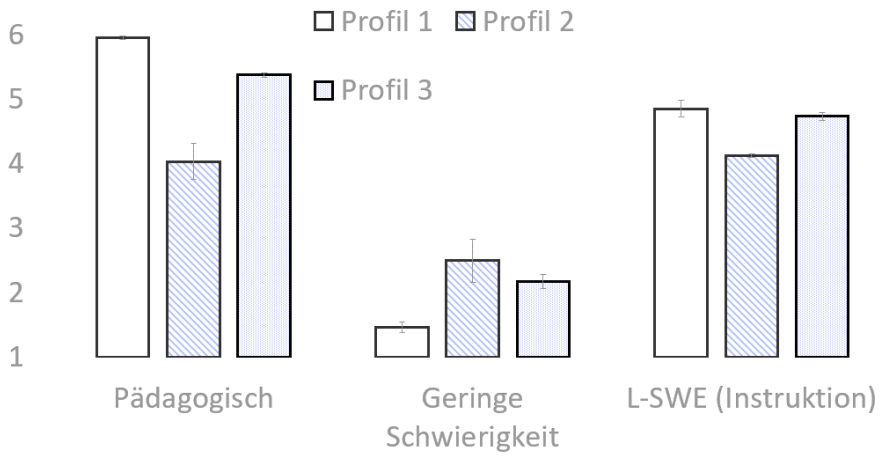


Abb. 2: Deskriptiver Vergleich der drei Motivprofile nach den Studien- und Berufswahlmotiven ‚Pädagogisches Motiv', ‚Geringe Studienschwierigkeit' und ‚Lehrkräfte-Selbstwirksamkeitserwartung'.

Studierende mit dem als motivational ungünstig zu bezeichnenden Profil 2 studieren aufgrund eher extrinsischer Motive, wie einer erwarteten geringen Schwierigkeit des Studiums. Die klassischen Aspekte der Skala *Nützlichkeit* wie berufliche Sicherheit oder Vereinbarkeit mit der Familie besitzen keine diskriminierende Relevanz. Gerade in der für den Lehrberuf an Grundschulen als so wichtig erachtete Bereich der Pädagogik trifft weniger auf das Interesse dieser Gruppe, und die Studierenden weisen auch ein geringeres Zutrauen in ihre Lehrfähigkeit auf.

Eine Replikation der Studienergebnisse von Billich-Knapp und Kolleg:innen (2012) ist somit gelungen und lieferte in manchen Bereichen analoge Ergebnisse.

Für das motivational ungünstige Profil stellt sich auf Basis dieser festigenden Ergebnisse erneut und insbesondere die Frage nach einer Notwendigkeit für Interventionen in der Studienberatung oder im Studienkonzept. Es ist davon auszugehen, dass für diese Studierendengruppe erhöhte Motivations- und Leistungsprobleme in Studium und Lehrberuf zu erwarten sind.

Ausblick

Die drei Motivprofile werden in einem kommenden Beitrag (Rehfeldt et al., eingereicht) ausführlicher beschrieben und, um einschlägige neue Konstrukte erweitert, näher analysiert. Es werden die beiden günstigeren zwei Motivprofile betrachtet, inferenzstatistische Unterschiede analysiert, die Analyse um multiple Regressionen zur Aufklärung von potentiellen Unterschieden im wissenschaftlichen Denken und der Praxiserfahrung der Studierendenprofile erweitert und somit die Replikation der Billich-Knapp-Studie um neue, studienberatungsrelevante Erkenntnisse erweitert sowie replizierbare Erkenntnisse gefestigt.

Literatur

Billich-Knapp, M., Künsting, J. & Lipowsky, F. (2012). Profile der Studienwahlmotivation bei Grundschullehramtsstudierenden. *Zeitschrift für Pädagogik*, *58*(5), 696–719.

Brämer, M., Rehfeldt, D., Bauer, C. & Köster, H. (2020). Vorerfahrungen, Interessen und Selbstwirksamkeitserwartungen von Grundschullehramtsstudierenden und -lehrkräften bezüglich informatischer Inhalte. *PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung* (S. 97–105). Bonn. Zugriff am 16.3.2021. Verfügbar unter: http://www.phydid.de/index.php/phydid-b/article/view/1092

Hanfstingl, B. & Mayr, J. (2007). Prognose der Bewährung im Lehrerstudium und im Lehrerberuf. *Journal für Lehrerinnen- und Lehrerbildung*, *2*(7), 48–56.

Hensel, I. (2020). *Recht und Geschlecht als gewerkschaftliche Strategien. Mit Hilfe der Geschlechterkategorie in der mittelbaren Diskriminierung zu einer Höherbesoldung von Grundschullehrer*innen?* (J. Koch, E. Kocher & K. Weber, Hrsg.). Frankfurt (Oder): Europa-Universität Viadrina. Zugriff am 5.10.2021. Verfügbar unter: https://opus4.kobv.de/opus4-euv/frontdoor/index/index/docId/610

König, J., Rothland, M. & Schaper, N. (Hrsg.). (2018). *Learning to Practice, Learning to Reflect?* Wiesbaden: Springer Fachmedien.

Kunter, M., Tsai, Y.-M., Klusmann, U., Brunner, M., Krauss, S. & Baumert, J. (2008). Students' and mathematics teachers' perceptions of teacher enthusiasm and instruction. *Learning and instruction*, *18*(5), 468–482. Elsevier.

Lucksnat, C., Richter, E., Klusmann, U., Kunter, M. & Richter, D. (2020). Unterschiedliche Wege ins Lehramt – unterschiedliche Kompetenzen? *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 1–16. Hogrefe AG.

Marsh, H. W., Lüdtke, O., Trautwein, U. & Morin, A. J. (2009). Classical latent profile analysis of academic self-concept dimensions: Synergy of person-and variable-centered approaches to theoretical models of self-concept. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, *16*(2), 191–225. Taylor & Francis.

Pfitzner-Eden, F. (2015). *Evaluation of a teacher preparation program using the development of teacher self-efficacy as an outcome - a longitudinal study*. Berlin: Dissertation am Fachbereich Erziehungswissenschaft und Psychologie der Freien Universität Berlin.

Plucker, J. A. & Makel, M. C. (2021). Replication is important for educational psychology: Recent developments and key issues. *Educational Psychologist*, *56*(2), 90–100.

Rehfeldt, D., Brämer, M., Brüggemann, V. & Köster, H. (eingereicht). Typisierung von Studierenden der Grundschulpädagogik über Studienwahlmotive in Zeiten des Lehrkräftemangels. *Lehrerbildung auf dem Prüfstand*.

Rehfeldt, D., Klempin, C., Brämer, M., Seibert, D., Rogge, I., Lücke, M. et al. (2020). Empirische Forschung in Lehr- Lern-Labor-Seminaren – Ein Systematic Review zu Wirkungen des Lehrformats. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, *34*(3–4), 149–169.

Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Familie. (2021). Einstellung von Lehrkräften. Zugriff am 26.2.2021. Verfügbar unter: https://www.berlin.de/sen/bildung/fachkraefte/einstellungen/lehrkraefte/

Watt, H. M. & 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.

Watt, H. M. & Richardson, P. W. (2008). Motivations, perceptions, and aspirations concerning teaching as a career for different types of beginning teachers. *Learning and instruction*, *18*(5), 408–428.

Ingrid Krumphals[1] [1]Pädagogische Hochschule Steiermark
Rosmarie de Wit[2] [2]Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

Wetterprognosetexte – Wie verständlich sind die verwendeten Begriffe?

Informationen zum Wetter sind schon lange Teil unseres Alltags. Wir konsumieren Wetterberichte aus Fernsehen, Radio, Zeitung oder seit geraumer Zeit auch aus dem Internet durch diverse Homepages, Social Media oder auch Wetterapps. Dabei spielt das Interpretieren des Wetterberichts und damit das Ableiten von Handlungen eine zentrale Rolle und beeinflusst unser Alltagsleben wesentlich. Zum Beispiel wird die Kleidung oder auch das verwendete Transportmittel (bspw. Fahrrad oder öffentliches Verkehrsmittel) dem Wetter angepasst. Adäquate Interpretationen von Wetterwarnungen können sogar lebensrettend sein, dies wurde vor allem durch die kürzlichen Hochwasser in West- und Mitteleuropa und die Flutkatastrophen 2021 noch deutlicher. Ein adäquates Verständnis in Bezug auf Wetterberichte ist damit für unsere Gesellschaft unerlässlich. Um dieses Verständnis zu fördern, ist es sinnvoll über den Ausgangspunkt bzw. Status quo ausreichend Information zu haben. So soll in der vorliegenden Studie ein erster Überblick hinsichtlich des Verständnisses bzw. der Vorstellungen von Österreicher*innen zu grundlegenden, in Wetterprognosetexten relevanten Begriffen, gewonnen werden.

Theoretischer Rahmen

Wetterberichte sind in den Medien nicht mehr wegzudenken und haben dort bspw. täglich ihre eigene Sendezeit oder Seite in der Zeitung. So können Wetterprognosetexte in der Funktionalstilistik auch dem Kommunikationsbereich „Presse und Publizistik“ zugeordnet werden (Fleischer, Michel & Starke, 1993), wobei konkret wissenschaftliche Informationen verständlich für die breite Öffentlichkeit aufbereitet werden sollen (siehe u.a. Keul 1980).
Die bisherige Forschungslage zu Wetterprognosetexten (vor allem im deutschsprachigen Raum) findet sich auch hauptsächlich in der Linguistik (z. B. Krycki, 2001, 2006, 2009; Rath, 1968) und Medien und Kommunikationswissenschaft (z. B. Klauser, 1998; Scharfe, 1998). Dabei stehen besonders textlinguistische und funktionalstilistische Aspekte sowie Darstellungsformen in den Medien im Vordergrund. Diese Studien geben daher kaum Aufschluss über die (fachliche) Verständlichkeit der Wetterprognosetexte bzw. die aus den Texten abgeleiteten Interpretationen in der breiten Öffentlichkeit.
Ein weiterer Zugang zu Hinweisen bzgl. Verständlichkeit von Wetterprognosetexten könnte die Vorstellungsforschung liefern, welche auch ein breites Bild zu Vorstellungen zum Thema Wetter zeichnet. So finden sich bspw. Vorstellungen zu Phasenübergängen oder Wolken (z. B. Rappaport, 2009; Wilhelm & Schiel, 2016). Vorstellungen zu bzw. das Verständnis von Begrifflichkeiten im Kontext von Wetterprognosetexten sind insbesondere im deutschen Sprachraum derzeit jedoch kaum erforscht.

Ziel & Studiendesign

Übergeordnetes Ziel in der vorliegenden Studie ist, einen Überblick zu erhalten, wie einzelne, wichtige Begriffe im Kontext von Wetterprognosetexten bei den Leser*innen verstanden werden.

Diesem Ziel folgend, wurde ein Fragebogen von Vorhersagemeteorolog*innen der ZAMG (Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik – meteorologischer und geophysikalischer Dienst Österreichs) erstellt. Die drei in das Projekt involvierten Meteorolog*innen der ZAMG einigten sich auf insgesamt 29 Begriffe (zeitlich, örtlich, fachlicher Natur), zu welchen Sie genauere Informationen zu vorherrschenden Vorstellungen bzw. dem Verständnis der Wetterprognosetextleser*innen erheben wollten. Dem Fragebogen voran wurde auch eine qualitative Vorstudie (Kurzinterviews mit n = 9) gestellt, um u.a. den Antworthorizont in den Items angemessen abdecken zu können. Der finale Fragebogen umfasste 95 geschlossene Items und 22 optionale, tlw. offene Items. Die optionalen Items deckten genauere Informationen zu einzelnen Begriffen oder Anmerkungen ab. Ein Beispielitem findet sich in Abb. 1. Demografische Daten wurden am Ende des Fragebogens erfragt. Der Fragebogen wurde Ende 2020 Online umgesetzt (10 Wochen verfügbar) und über die ZAMG beworben.

Was stellen Sie sich unter dem Begriff **Hochdruckgebiet** vor, wenn Sie diesen in unseren ZAMG Wettertexten lesen.
Kreuzen Sie an, ob bzw. wie sehr Sie den folgenden Aussagen zustimmen.

	stimme sehr zu	stimme zu	weiß nicht	stimme wenig zu	stimme nicht zu
Ein Hochdruckgebiet verbinde ich mit sonnigem Wetter.	☐	☐	☐	☐	☐
…	…	…	…	…	…

Abb. 1: Beispielitem zum Begriff Hochdruckgebiet

Stichprobe

Insgesamt zeigten n = 1674 Interesse am Fragebogen (sie starteten die erste Seite), davon begannen n = 1302 Personen mit dem ersten Befragungsteil (den Zeitbegriffen auf Seite 2 des Fragebogens). Vollständig ausgefüllt wurde der Fragebogen schlussendlich von n = 855 Personen. In Bezug auf die Altersverteilung konzentriert sich die Stichprobe großteils auf 21-50-Jährige (siehe Abb. 2). Hinsichtlich des höchsten Bildungsabschlusses findet sich in der Stichprobe mit 53 % ein Übermaß an Akademiker*innen (siehe Abb. 2) im Vergleich zur generellen Akademikerquote in Österreich. Erstsprache Deutsch kreuzten 98.5 % an und bzgl. des Geschlechts gaben 37 % weiblich, 62 % männlich und 0.5 % divers an (0.6 % gaben keine Antwort).

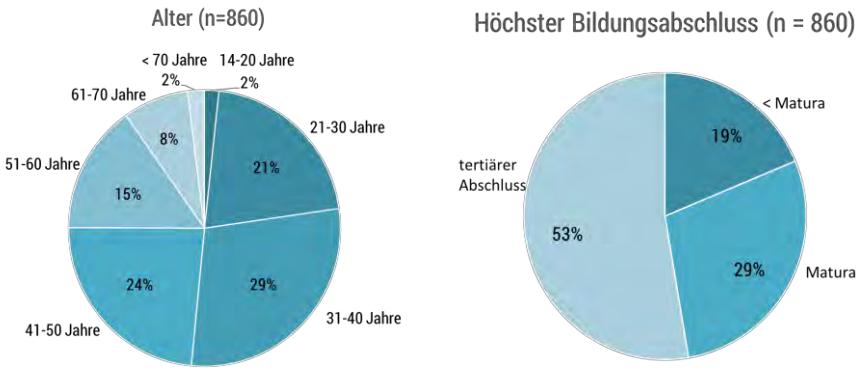


Abb. 2: Stichprobe – Altersverteilung und höchster Bildungsabschluss

Ausgewählte Ergebnisse

In Bezug auf die Begriffe Hoch- und Tiefdruckgebiet zeigen die Daten, die in der Gesellschaft alltäglichen Erwartungen: Ein Hochdruckgebiet wird mit schönem, sonnigem Wetter und ein Tiefdruckgebiet mit schlechtem und eher regnerischem Wetter verbunden. Dies muss aus meteorologischer Sicht nicht immer zutreffen (Steinacker, 2021) wobei die am Projekt beteiligten Vorhersagemeteorolog*innen mit diesen Begriffen durchaus die verbreitete Schön- und Schlechtwettervorstellungen auszulösen intendieren.

In Bezug auf „starke Bewölkung“, das einen Bedeckungsgrad von 6/8 (75%) angibt, stimmten knapp 77 % der befragten Personen zu, dass der Himmel etwa 80% mit Wolken bedeckt ist. Jedoch stimmten auch 69 % der Befragten der Aussage zu *„Ich denke, wenn Meteorolog*innen von „starker Bewölkung“ schreiben, dann sieht man keine Sonne.“* Zudem zeigen 50 % Zustimmung, dass es kurze sonnige Phasen gibt, insgesamt aber die Wolken überwiegen. Dem steten Wechsel aus Wolken und Sonnenschein stimmen jedoch nur mehr 8 % der Befragten zu. Diese Ergebnisse deuten u.a. darauf hin, dass die befragten Personen bei „starker Bewölkung“ eher einen Himmel ganz ohne Sonne erwarten, auch wenn Meteorolog*innen etwa zu 25 % Sonne prognostizieren.

Zu den zeitlichen Begriffen erhielten die Befragten u.a. im Fragebogen zufällig entweder Items zum Begriff ‚zeitweise‘ oder zum Begriff ‚gelegentlich‘. Die Ergebnisse eines strukturgleichen Items (siehe Abb. 3) zeigen unterschiedliche Nuancen bei den Befragten in deren Interpretationen. So würden die Befragten eher bei „gelegentlichem Regen“ als bei „zeitweisem Regen“ eine Radtour machen, als im umgekehrten Fall. Dabei fällt der Unterschied der beiden Befragten Gruppen sogar signifikant aus ($U = 193437.00$ $Z = -2.802$ $p = .005$). Dieses Ergebnis ist unterwartet, da die beiden Begrifflichkeiten nicht nur von den in das Projekt involvierten Meteorolog*innen als synonym gedeutet wurden, sondern auch abgeleitet aus dem Duden (2021) und dem österreichischen Wörterbuch (2017), als synonym gedeutet werden können.

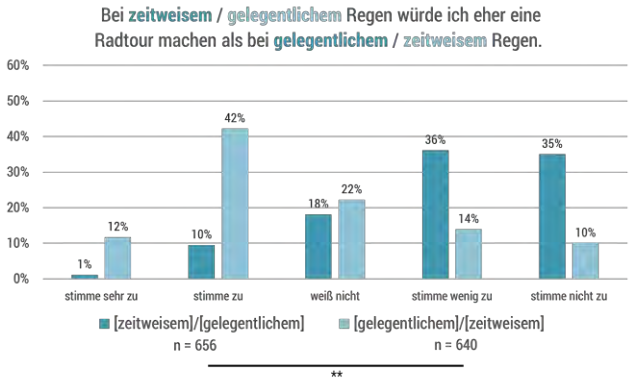


Abb. 3: Ergebnisse zu einem strukturgleichen Item zu den Begriffen zeitweise und gelegentlich

Zusammenfassung & Ausblick

Die Studie gibt einen ersten Einblick in Vorstellungen von Wetterprognosetextnutzer*innen zu einzelnen darin verwendeten Begriffen. Die Ergebnisse zeigen, Hoch- und Tiefdruckgebiet werden mit schönem und schlechtem Wetter verbunden. Zu „starke Bewölkung“ lassen sich jedoch unterschiedliche bzw. nicht vollständig im Einklang stehende Vorstellungen mit den Intentionen der Meteorolog*innen vermuten. Selbst zeitliche Begriffe werden teilweise unerwartet unterschiedlich gedeutet. In weiteren Schritten werden die Daten der Fragebogenerhebung tiefer analysiert und der Fragebogen feinjustiert. Außerdem sind bereits qualitative Arbeiten im Laufen, welche das Verständnis von einzelnen Begriffen und Wettertextpassagen näher untersuchen.

Literatur

Duden (2021). Online verfügbar unter https://www.duden.de/, letzter Zugriff am 20.10.2021

Fleischer, W., Michel, G., Starke, G. (1993). Stilistik der deutschen Sprache. Frankfurt am Main, Berlin, Bern, New York, Wien: Lana.

Klauser, R. (1998). Immer schönes Wetter - zur Bedeutung von Wetterinformationen im Alltag und in den mordernen Medien. In: Werner Wehry (Hg.): Wetterinformation für die Öffentlichkeit - aber wie? Berlin: Dt. Meteorologische Ges. Zweigverein Berlin und Brandenburg; Inst. für Meteorologie Freie Univ. Berlin, S. 129–142.

Krycki, P. (2001): Zur sprachlichen Gestaltung von Wetterberichten in Zeitungen unter besonderer Berücksichtigung der Mittel zum Ausdruck der Modalität des Geltungsgrades. In: Textsorten des Alltags und ihre typischen sprachlichen Mittel. Frankfurt am Main, S. 35–46.

Krycki, P. (2006). Lexikalische Besonderheiten der Wetterberichte. In: Das Deutsche als Forschungsobjekt und als Schulfach. Synchronie–Diachronie–Glottodidaktik. Frankfurt am Main, S. 293–298.

Krycki, P. (2009). Die Textsorten Wettervorhersage im Kommunikationsbereich Wissenschaft und Wetterbericht im Kommunikationsbereich Massenmedien. Eine textlinguistische, systemtheoretische und funktionalstilistische Textsortenbeschreibung. Dissertation. Universität Greifswald.

Österreichisches Wörterbuch (2017). 43. Aufl.: ÖBV.

Rappaport, E. D. (2009). What Undergraduates Think About Clouds and Fog. In: Journal of Geoscience Education 57 (2), S. 145–151.

Rath, R. (1968). „Unvollständige Sätze “im heutigen Deutsch. Eine Studie zur Sprache des Wetterberichts. In: Zur Syntax des Wetterberichts und des Telegrammes. Mannheim: Dudenverlag, S. 9–22.

Scharfe, W. (1998). Wetter in der Tagespresse. In: Werner Wehry (Hg.): Wetterinformation für die Öffentlichkeit - aber wie? Berlin: Dt. Meteorologische Ges. Zweigverein Berlin und Brandenburg; Inst. für Meteorologie Freie Univ. Berlin, S. 81–96.

Steinacker, R. (2021). Unvermeidliches und Vermeidbares im Wetterbericht. In: ÖGM bulletin (1), S. 11–14.

Wilhelm, T., Schiel, M. (2016). Schülervorstellungen zu Wolken in der Grundschule. In: C. Maurer (Hg.): Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Berlin 2015. Regensburg: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, S. 364–366.

Rainer Wackermann[1]
Thomas Schubatzky[2]
Carina Wöhlke[1]
Claudia Haagen-Schützenhöfer[2]
Hannes Kasimir Lindemann[1]
Kai Cardinal[1]

[1]Ruhr-Universität Bochum
[2]Karl-Franzens-Universität Graz

Ergebnisse der Item-Entwicklung für einen Klimawandel-Konzepttest

Der anthropogene Klimawandel ist eine der zentralen Herausforderungen aktueller wie auch zukünftiger Generationen und stellt uns vor beispiellose wirtschaftliche, ökologische und soziale Herausforderungen (Schreiner, Henriksen, & Kirkeby Hansen, 2005). Lernende werden in ihrem späteren Leben mit dem Klimawandel und dessen Auswirkungen in Kontakt kommen. Klar ist, dass ein basales Wissen über die naturwissenschaftlichen Grundlagen des Klimawandels nicht ausreicht, um einzelne Handlungsoptionen sinnstiftend abwägen zu können (Sander & Höttecke, 2018). Wissen über den Klimawandel kann aber als eine zumindest zum Teil notwendige Voraussetzung für adäquate Reaktionen auf den Klimawandel angesehen werden (z.B. Bedford, 2016; Bord, O'Connor, & Fisher, 2000). Um Aussagen über das Verständnis von zentralen fachlichen Inhalten zum Klimawandel zuverlässig treffen zu können, braucht es dafür geeignete Testinstrumente. Concept-Inventories sind dafür prädestiniert, die Vorstellungen und das Wissen einer großen Anzahl von Personen valide erheben zu können (Schecker & Gerdes, 1999), und dadurch Wissenslücken und potenzielle Instruktionsansätze zu identifizieren. Konzepttests gibt es zum Thema Klimawandel zwar schon (z.B. Keller, 2006; Arslan, Cigdemoglu, & Moseley, 2012), aber aktuell keinen für den deutschsprachigen Raum. Dabei stellt sich die Frage, ob bestehende Konzepttests noch valide sind – etwa bei der „Ozonloch-Vorstellung" (Niebert, 2010). Hier meinen Lernende, dass es auf der Erde wärmer werden würde, weil durch das Ozonloch mehr Sonnenlicht einstrahlen könne – in Zeiten eines sich schließenden Ozonlochs eine fragliche Vorstellung. Wir stellen erste Ergebnisse der Item-Entwicklung eines aktualisierten und psychometrisch aufbereiteten, auf Deutsch formulierten Klimawandel-Konzepttests vor.

Pilot-Studie mit übersetztem, australischem CCCI

In einem ersten Schritt wurde ein existierendes Climate Change Concept Inventory (CCCI) aus Australien (Jarret & Tackacs 2019) übersetzt und an n = 338 SchülerInnen am Beginn der Sekundarstufe II (unterschiedliche Schultypen) in der Steiermark (Ö) eingesetzt (Schubatzky, Pichler & Haagen-Schützenhöfer, 2020). Das Instrument bestand aus 30 Multiple Choice Fragen zu acht Inhaltsbereichen. Wie man Abbildung 1 entnehmen kann, waren die Items für die untersuchten SchülerInnen insgesamt zu schwierig, es fehlen leichte Items. Das auf Deutsch übersetzte australische CCCI wurde zusätzlich an n = 33 Studierenden im Lehramt Physik (etwa 3. Semester) angewendet, bei der Personenfähigkeit in Abb. 1 als kleine, hellgraue Balken zu erkennen. Die untersuchten Studierenden zeigten erwartungsgemäß eine etwas höhere Fähigkeit als die SchülerInnen. Bei der Pilotierung fiel ferner auf, dass einige Item-Formulierungen verbesserungswürdig waren, zwei Items offensichtlich missverstanden wurden, und das australische CCCI keine ausgewogene Item-Konzept-Verteilung aufweist.

Basierend auf Literatur und durchgeführter Experteninterviews wurden zudem Lücken bzgl. abgedeckter Konzepte (etwa Unterschied Wetter-Klima) aufgedeckt.

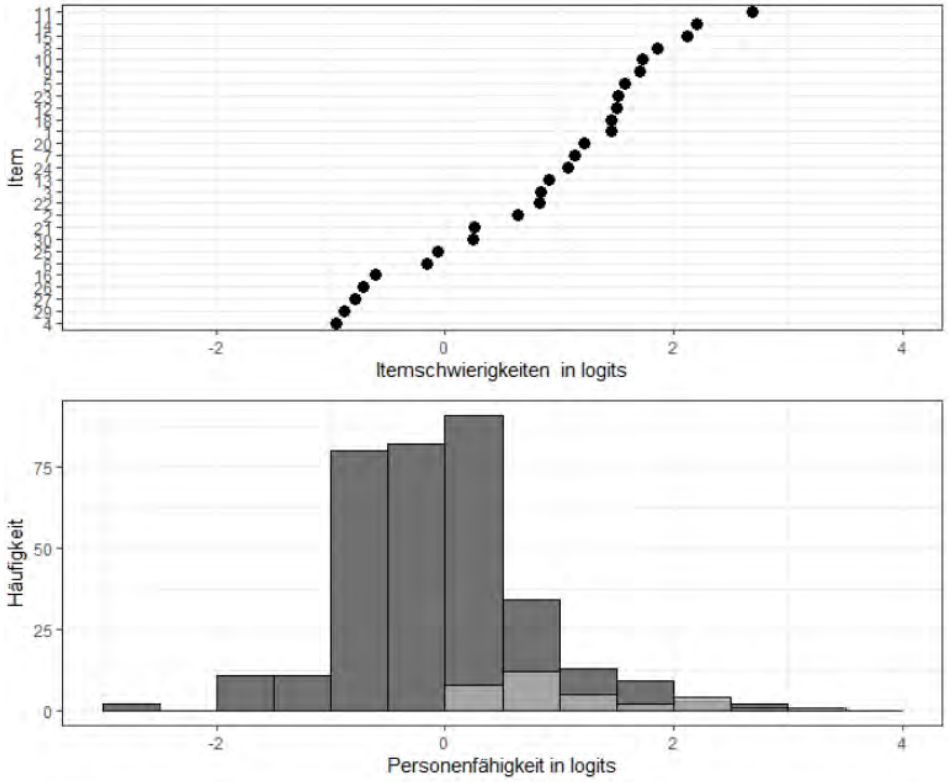


Abb 1. Itemschwierigkeiten und Personenfähigkeiten des übersetzten, australischen CCCIs

Entwicklung eines aktualisierten und optimierten Klimawandel-Konzept-Tests

Nach der Pilot-Studie wurde entschieden, einen aktualisierten und optimierten Klimawandel-Konzept-Test grundlegend zu entwickeln. Unser Vorgehen war dabei ähnlich zu üblichen Entwicklungspfaden von Konzepttests (Nelson et al., 2007). Für die Entwicklung eines dafür geeigneten Multiple-Choice Fragebogens wurden durch Sichtung bestehender Literatur sowie Experteninterviews die folgenden, zentralen fachlichen Inhalte identifiziert: Fakten zur Atmosphäre, Treibhauseffekt, Klima als System, Unterschied Wetter – Klima, und Kohlenstoffkreislauf. Beispielhaft hier die Konzeptualisierung des Konzepts Treibhauseffekt als vierschrittiger Prozess:

- Der praktisch ungehinderte Weg von Sonnenstrahlung auf die Erdoberfläche, mögliche Wechselwirkung mit (weißen) Wolken und reflektierenden Oberflächen
- Die Absorption von Sonnenstrahlung durch dunkle Erdoberfläche, dadurch Erwärmung, und Re-Emission in Form einer anderen Strahlung (Wärmestrahlung)
- Die teilweise Absorption der von der Erdoberfläche emittierten (Wärme-)Strahlung durch Treibhausgase in der Atmosphäre
- Re-Emission von Wärme-Strahlung durch Treibhausgase, dadurch erhöhte Einstrahlung auf die Erde

Der nächste Schritt bestand aus der Entwicklung offener Fragen, anhand derer insgesamt über 40 Interviews geführt wurden, um Distraktoren sowie Attraktoren für die jeweiligen Fragen zu generieren. Beispielitem: Welche Aussage beschreibt den Treibhauseffekt auf der Erde am besten?

a) Sonnenstrahlung durchdringt die Atmosphäre und erwärmt den Erdboden. Vom Erdboden reflektierte Sonnenstrahlen wird von den Treibhausgasen in unserer Atmosphäre wieder zur Erde reflektiert, sodass diese sich stärker erwärmt.
b) Treibhausgase beschädigen die Ozonschicht in unserer Atmosphäre und erzeugen so das Ozonloch. Durch das Ozonloch kann mehr Sonnenstrahlung den Erdboden erreichen und ihn deshalb stärker erwärmen.
c) Treibhausgase in unserer Atmosphäre bündeln die eintreffenden Sonnenstrahlen. Durch die gebündelten Sonnenstrahlen wird die Erde stärker erwärmt.
d) Sonnenstrahlung durchdringt die Atmosphäre und erwärmt den Boden. Von der Erde abgegebene Wärmestrahlung (Infrarotstrahlung) wird von den Treibhausgasen in unserer Erde absorbiert und unter anderem in Richtung Erde wieder abgestrahlt, sodass diese sich stärker erwärmt.

Die richtige Antwort ist hier d). Tatsächlich wurde in 18 explizit zum Treibhauseffektverständnis durchgeführten offenen Interviews mit ProbandInnen von 9. Klasse bis Anfangsjahre Universität sieben Mal eine Ozonloch-Vorstellung als Erklärung für den Treibhauseffekt genannt. Ein bis drei von den sieben ProbandInnen hielten auf Nachfrage an einer Vorstellung ähnlich b) fest. In nachgelagerten Interviews zur Überprüfung der Verständlichkeit der fertigen Fragen und Antwortmöglichkeiten im Konzeptbereich Treibhauseffekt mit zehn größtenteils neuen ProbandInnen wieder zwischen 9. Klasse und Anfangsjahre Universität wurde die Antwortmöglichkeit b) schließlich von zwei ProbandInnen ausgewählt.

Fazit und Ausblick

Als erstes Ergebnis lässt sich damit festhalten, dass auch im Jahre 2021 unter den befragten deutschsprachigen Jugendlichen und jungen Erwachsenen eine Ozonloch-Vorstellung zur Erklärung des Treibhauseffekts existiert. Geplant ist, im Herbst 2021 größere Stichproben (n~150 Personen) mit dem nun fertigen Multiple-Choice-Fragebogen zu befragen, um die Zuverlässigkeit und die Sensitivität des von uns entwickelten CCCIs zu testen.

Literatur

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

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.

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.

Keller, J. (2006). Development of a Concept Inventory Addressing Students' Beliefs and Reasoning Difficulties Regarding the Greenhouse Effect. Dissertation, University of Arizona.

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.

Nelson, M. A., Geist, M. R., Miller, R. L., Streveler, R. A., & Olds, B. M. (2007). How to create a concept inventory: The thermal and transport concept inventory. In Annual Conference of the American Educational Research Association, Chicago, IL.

Niebert, K. (2010). Den Klimawandel verstehen. Eine didaktische Rekonstruktion der globalen Erwärmung (1. Auflage). Oldenburg: Didaktisches Zentrum.

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.

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.

Mientje Lüsse[1]
Verena Pietzner[1]

[1]Universität Oldenburg

Wirkung eines Heimexperimentiersets im Rahmen eines chemischen Citizen-Science-Projektes

Einführung und theoretischer Hintergrund

Citizen Science, wo sich Laien aktiv an wissenschaftlichen Forschungsprojekten beteiligen oder diese sogar selbst durchführen, hat in den letzten Jahren ein großes Wachstum erfahren. Durch den Einbezug der Öffentlichkeit birgt das Konzept Citizen Science den großen Vorteil, relativ leicht den Erhalt großer Datenmengen zu ermöglichen (Bonney et al., 2009). Citizen-Science-Projekte fokussieren häufig Aspekte der Biodiversität (Chandler et al., 2017), was von Vogelbeobachtungen (Sullivan et al., 2017) bis zum Monitoring der Qualität von Gewässern (Jollymore, Haines, Satterfield & Johnson, 2017) reichen kann. Dabei wird zunehmend erkannt, dass das Potenzial von Citizen Science nicht nur in der Bereitstellung von Daten, sondern auch in Aspekten der Bildung liegt (Peter, Diekötter & Kremer, 2019). Die Bildungsmöglichkeiten und -ziele sind hierbei vielfältig, wobei Bildung für nachhaltige Entwicklung und allgemeine Umweltbildung eine besondere Rolle spielen (Fritz et al., 2019). In einigen Studien konnte bereits gezeigt werden, dass die Teilnahme an Citizen-Science-Projekten positive Auswirkungen auf angestrebte Lernergebnisse haben kann (Hiller & Kitsantas, 2014; Peter et al., 2019). Dem gegenüber stehen Studien, die Veränderung hinsichtlich der Einstellungen der Bürger:innen, deren wissenschaftlichen Kenntnissen und Verständnis untersucht haben und keine signifikanten Änderungen feststellen konnten (Brossard, Lewenstein & Bonney, 2005), was zu der Fragestellung führt, inwiefern Bürger:innen in ihrem Lernprozess in Citizen-Science-Projekten weitgreifender unterstützt werden können. Die Art der Unterstützung kann variieren und hängt von vielerlei Faktoren wie beispielsweise der Art der Lernziele, der Anzahl und lokalen Verteilung teilnehmender Bürger:innen aber auch von den Projektkapazitäten ab. Auch wenn in der Literatur bereits von einigen Unterstützungsmöglichkeiten, darunter interaktive, digitale Plattformen (Herodotou, Aristeidou, Sharples & Scanlon, 2018), Schulungsprogramme (Cronje, Rohlinger, Crall & Newman, 2011) und Begleitmaterial zum Lesen und Experimentieren (Kruse, Kiessling, Knickmeier, Thiel & Parchmann, 2020), berichtet wurde, gibt es bisher wenig Studien, welche die Effektivität dieser Unterstützungsmöglichkeiten untersuchen.

Um dieser Forschungslücke zu begegnen, wurde im Nordwesten Deutschlands ein Citizen-Science-Projekt durchgeführt, in welchem sich Schüler:innen und Bürger:innen mit der Nitratbelastung von Gewässern beschäftigen und diese im Rahmen eines Nitratmonitorings untersuchen (Brockhage, Lüsse, Pietzner & Beeken, 2021).

Design und Forschungsfragen

Das Citizen-Science-Projekt gliedert sich in drei Hauptprojektgruppen: die Bürger:innen, Schüler:innen und zuletzt die Universitäten als Projektkoordinatoren (Abb. 1). Der Fokus dieser Studie liegt auf der Stickstoff-Box, einem freiwilligen Angebot für etwa 100 Bürger:innen zur vertieften Erarbeitung des Themas im Rahmen einer Experimentierbox mit Informationsmaterialien und Heimexperimenten. Inhaltlich behandelt die Stickstoff-Box neben Hintergründen zur Stickstoffproblematik die Grundsätze des Stickstoff-Kreislaufs, Aspekte zu Düngung und Ernährung sowie rechtliche Grundlagen.

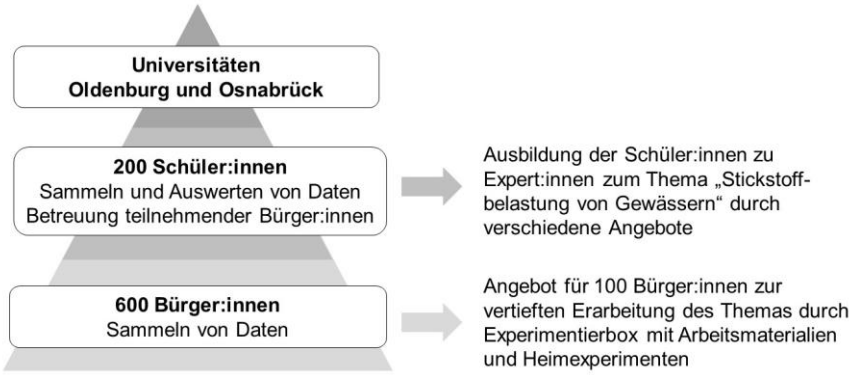


Abb. 1: Aufbau des Citizen-Science-Projektes (verändert nach Brockhage et al., 2021)

Alle Experimente sind thematisch in das begleitende Informationsheft eingebettet und lassen sich mithilfe der in der Box befindlichen Materialien sowie von Haushaltsutensilien durchführen. Im schulischen Kontext haben sich Heimexperimente zu anderen Themenbereichen bereits bewähren können (de Vries, Martin & Paschmann, 2006). Im Citizen-Science-Kontext ist das Potenzial der Nutzung von Heimexperimenten noch nicht erforscht. Auf dieser Grundlage ergeben sich für diese Studie folgende Forschungsfragen:

- Wie bewerten die Bürger:innen den Inhalt und die Qualität der Stickstoff-Box?
- Welchen Einfluss hat die Nutzung der Stickstoff-Box auf das Interesse an Umweltthemen, die Selbstwirksamkeit des Umwelthandelns hinsichtlich der Stickstoffproblematik und die wissenschaftsmethodischen Kompetenzen?
- Inwiefern werden Auswirkungen des Interesses, der Selbstwirksamkeit, der wissenschaftsmethodischen Kompetenzen und die Bewertung des Inhalts und der Qualität der Stickstoff-Box vom Geschlecht, Alter und Bildungsabschluss der Bürger:innen beeinflusst?

Methodik

Es wurde zunächst eine erste Version der Stickstoff-Box an dreizehn am Projekt teilnehmende Schulen geschickt. Daraufhin wurde das Feedback der Lehrer:innen genutzt, um eine optimierte zweite Version der Stickstoff-Box zu konzipieren, die zusammen mit einem Post-Fragebogen 97 Teilnehmer:innen des Nitratmonitorings postalisch zugestellt wurde. Im Rahmen des Fragebogens sollten die Bürger:innen zunächst den Inhalt und die Qualität der Box auf einer fünfstufigen Likert-Skala bewerten und beispielsweise einschätzen inwiefern der Inhalt verständlich war und ihnen geholfen hat, Sachverhalte besser zu erfassen. Außerdem enthielt der Fragebogen bereits validierte Skalen zum Interesse an Umweltthemen (Phillips, Porticella, Bonney & Grack-Nelson, 2015), zur Selbstwirksamkeit des Umwelthandelns (Porticella, Phillips & Bonney, 2017) und zu wissenschaftsmethodischen Kompetenzen (Phillips, Porticella & Bonney, 2017). Diese wurden übersetzt und teilweise entsprechend der Thematik adaptiert. Im Zuge der wissenschaftsmethodischen Kompetenzen wurden beispielsweise konkrete Fertigkeiten, wie das selbstständige Durchführen und Protokollieren von Experimenten oder eine Nitratgehaltbestimmung, berücksichtigt. Auch hier wurde für alle Items eine fünfstufige Likert-Skala von 1 für „stimmt völlig“ bis 5 für „stimmt gar nicht“ verwendet, auf der die Bürger:innen selbst Veränderungen ihrer Denk- und Handlungsweisen einschätzen sollten. Diese Selbsteinschätzung war aufgrund der ausschließlichen Post-

Testung nötig, welche verwendet wurde, um bei der eher niedrigen Teilnehmer:innenzahl von 97 Bürger:innen die Ausfallquote möglichst gering zu halten.

Ergebnisse

Insgesamt haben 36 Bürger:innen (25 männlich, 10 weiblich, 1 k. A.) im Alter von 17 bis 83 Jahren den Post-Fragebogen beantwortet. Für die Datenanalyse wurde IBM SPSS Statistics 27 genutzt und zur Beantwortung der ersten beiden Forschungsfragen deskriptive Analysen durchgeführt. Hinsichtlich der Qualität und des Inhalts der Box wurde ein Mittelwert von 1,75 (SD = 0,51) auf einer Skala von 1 für positive Wahrnehmung bis 5 für negative Wahrnehmung erhalten. Der „Interesse an Umweltthemen" ergab auf einer Skala von 1 für eine starke Zunahme des Interesses bis 5 für keine Interessensveränderung einen Mittelwert von 2,62 (SD = 0,88). Bei der Einschätzung der Bürger:innen zur „Selbstwirksamkeit des Umwelthandelns" lag der Mittelwert bei 2,84 (SD = 0,55) und im Bereich der „Wissenschaftsmethodische[n] Kompetenzen" bei 2,16 (SD = 0,61). Zur Untersuchung möglicher Effekte von Geschlecht, Alter und Bildungsabschluss wurden Mann-Whitney U Tests durchgeführt, wobei hinsichtlich des Geschlechtes keine signifikanten Unterschiede festgestellt wurden. Bei der Betrachtung möglicher Effekte durch das Alter der Bürger:innen wurde die Stichprobe in zwei Altersgruppen (Gruppe A $\leq$ 51 Jahre; Gruppe B $\geq$ 52 Jahre) geteilt und nach Durchführung des Mann-Whitney U Tests ebenfalls keine signifikant unterschiedliche Tendenzen erhalten. Einen signifikanten Unterschied gab es jedoch bei der Bewertung der Stickstoff-Box zwischen Bürger:innen mit (M_{Rank} = 13,02) und ohne akademischen Abschluss (M_{Rank} = 24,95; U = 33.500; Z = −3,364, $p < 0.001$, r = −0.58).

Diskussion und Ausblick

Die Ergebnisse zeigen, dass die Bürger:innen die Stickstoff-Box insgesamt positiv wahrgenommen und bewertet haben, wobei die Bewertung unter den Bürger:innen mit akademischen Abschluss signifikant positiver erfolgte als unter den Bürger:innen ohne akademischen Abschluss. Eine mögliche Ursache könnte in dem Umfang und der Komplexität des Materials liegen. Auf der einen Seite wurde versucht, die Box so einfach und für Laien verständlich wie möglich zu gestalten. Gleichzeitig sollten die Bürger:innen herausgefordert und in ihrem kritischen Denken, sowie in ihrer Kreativität und Entscheidungsfähigkeit bei der Durchführung von Experimenten gefördert werden (Yip et al., 2012). Für zukünftige Nutzung von Experimentierkästen mit Heimexperimenten lässt sich die Empfehlung ableiten, verstärkt auf eine Eignung für eine breit gefächerte Lerngruppe zu achten. Diese Differenzierung ist vor allem im Kontext von Citizen Science herausfordernd, da die Lernvoraussetzungen hier erheblich differenter ausfallen als in schulischen Kontexten.

Hinsichtlich der untersuchten Lernziele wurden lediglich leicht positive Effekte erhalten. Eine mögliche Ursache, die bereits im Vorfeld von einigen Bürger:innen rückgemeldet wurde, könnte darin liegen, dass beispielsweise im Bereich des „Interesse[s] an Umweltthemen" bereits vor Durchführung der Studie ein großes Interesse vorlag, das sich nur bedingt weiter steigern ließ. Aufgrund der geringen Anzahl der Teilnehmer:innen lassen sich bei dieser Fragebogenstudie keine repräsentativen Aussagen treffen, sodass auf Basis dieser ersten Eindrücke bereits leitfadengestützte Interviews durchgeführt werden, welche im Zuge der weiteren Forschung ausgewertet werden. Durch diese Vertiefung sollen nicht nur mehr Informationen bezüglich Wirkung und Lerneffekte der Stickstoff-Box erhalten, sondern auch allgemeine Konzeptions- und Nutzungshinweise für Heimexperimente im Citizen-Science-Kontext abgeleitet werden können.

Literatur

Bonney, R., Cooper, C. B., Dickinson, J., Kelling, S., Phillips, T., Rosenberg, K. V. et al. (2009). Citizen Science: A Developing Tool for Expanding Science Knowledge and Scientific Literacy. *BioScience*, *59*(11), 977–984. https://doi.org/10.1525/bio.2009.59.11.9

Brockhage, F., Lüsse, M., Pietzner, V. & Beeken, M. (2021). Citizen Science & Schule. Wie Schülerprojekte die Forschung zu Themen der Nachhaltigkeit vorantreiben können. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, *32*(183), 8–15.

Brossard, D., Lewenstein, B. & Bonney, R. (2005). Scientific knowledge and attitude change: The impact of a citizen science project. *International Journal of Science Education*, *27*(9), 1099–1121. https://doi.org/10.1080/09500690500069483

Chandler, M., See, L., Copas, K., Bonde, A. M., López, B. C., Danielsen, F. et al. (2017). Contribution of citizen science towards international biodiversity monitoring. *Biological Conservation*, *213*, 280–294. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.09.004

Cronje, R., Rohlinger, S., Crall, A. & Newman, G. (2011). Does Participation in Citizen Science Improve Scientific Literacy? A Study to Compare Assessment Methods. *Applied Environmental Education & Communication*, *10*(3), 135–145. https://doi.org/10.1080/1533015X.2011.603611

De Vries, T., Martin, J. & Paschmann, A. (2006). Heimexperimente - Ein erprobtes Projekt zum Thema Elektrochemie in der Sek. II. *CHEMKON*, *13*(4), 171–179. https://doi.org/10.1002/ckon.200610047

Fritz, S., See, L., Carlson, T., Haklay, M., Oliver, J. L., Fraisl, D. et al. (2019). Citizen science and the United Nations Sustainable Development Goals. *Nature Sustainability*, *2*(10), 922–930. https://doi.org/10.1038/s41893-019-0390-3

Herodotou, C., Aristeidou, M., Sharples, M. & Scanlon, E. (2018). Designing citizen science tools for learning: lessons learnt from the iterative development of nQuire. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, *13*(1), 4. https://doi.org/10.1186/s41039-018-0072-1

Hiller, S. E. & Kitsantas, A. (2014). The Effect of a Horseshoe Crab Citizen Science Program on Middle School Student Science Performance and STEM Career Motivation. *School Science and Mathematics*, *114*(6), 302–311. https://doi.org/10.1111/ssm.12081

Jollymore, A., Haines, M. J., Satterfield, T. & Johnson, M. S. (2017). Citizen science for water quality monitoring: Data implications of citizen perspectives. *Journal of Environmental Management*, *200*, 456–467. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.05.083

Kruse, K., Kiessling, T., Knickmeier, K., Thiel, M. & Parchmann, I. (2020). Chapter 11. Can Participation in a Citizen Science Project Empower Schoolchildren to Believe in Their Ability to Act on Environmental Problems? In I. Parchmann, S. Simon & J. Apotheker (Hrsg.), *Engaging Learners with Chemistry* (S. 225–240). Cambridge: Royal Society of Chemistry. https://doi.org/10.1039/9781788016087-00225

Peter, M., Diekötter, T. & Kremer, K. (2019). Participant Outcomes of Biodiversity Citizen Science Projects: A Systematic Literature Review. *Sustainability*, *11*(10), 2780. https://doi.org/10.3390/su11102780

Phillips, T., Porticella, N. & Bonney, R. (2017). *Skills for Science Inquiry Scale (Custom). Technical Brief Series* (Cornell Lab of Ornithology, Hrsg.). Ithaca NY.

Phillips, T., Porticella, N., Bonney, R. & Grack-Nelson, A. (2015). *Interest in Science and Nature Scale (Adult Version). Technical Brief Series* (Cornell Lab of Ornithology, Hrsg.). Ithaca NY.

Porticella, N., Phillips, T. & Bonney, R. (2017). *Self-Efficacy for Environmental Action Scale (SEEA, Custom). Technical Brief Series* (Cornell Lab of Ornithology, Hrsg.). Ithaca NY.

Sullivan, B. L., Phillips, T., Dayer, A. A., Wood, C. L., Farnsworth, A., Iliff, M. J. et al. (2017). Using open access observational data for conservation action: A case study for birds. *Biological Conservation*, *208*, 5–14. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.04.031

Yip, J., Clegg, T., Bonsignore, E., Gelderblom, H., Lewittes, B., Guha, M. et al. (Hrsg.). (2012). *Kitchen Chemistry: Supporting Learners' Decisions in Science*.

Benjamin Pölloth[1]
Stefan Schwarzer[1]
Hendrik Zipse[2]

[1]Universität Tübingen
[2]LMU München

Wirksamkeit und Nutzung von Online Videos in OC-Laborpraktika

Nicht zuletzt aufgrund der Corona-Pandemie wurde in letzter Zeit eine immer größere Anzahl von Online-Lehrformaten entwickelt. Dabei stellt sich die Frage, ob und wie Online Medien sinnvoll in die Präsenzlehre eingebunden werden können („Blended Learning“). Für die vorliegenden Studie wurde deshalb eine Online-Videobibliothek mit 48 Videos verschiedener Arten („Tutorials“ für grundlegende Arbeitstechniken, „Don’ts“ mit gängigen Fehlern und „Step-by-Step“ Videos für die Durchführung konkreter Experimente) für das Grundpraktikum Organische Chemie (OC) konzipiert und eingesetzt (Pölloth, Teikmane, Schwarzer & Zipse 2020). In einer empirischen Begleitstudie wurde die Nutzung der Online-Videobibliothek und deren Einfluss auf Vorwissen und affektive Faktoren untersucht (Pölloth, Schwarzer & Zipse 2020). Ein besonderer Schwerpunkt wurde auf die Frage gelegt, inwiefern Merkmale der Studierenden wie Geschlecht, Studiengang, Motivation oder Fähigkeitsselbstkonzept die Videonutzung beeinflussen.

Theoretischer Hintergrund

Chemische Laborpraktika stellen komplexe Lernumgebungen für Studierende dar (Johnstone & Wham 1982; Agustian & Seery 2017). Dies gilt insbesondere für Einstiegspraktika, in denen unbekannte Arbeitstechniken mit fremden Geräten genutzt werden, um neue Aspekte der Chemie kennenzulernen. Galloway & Bretz (2016) untersuchten, wie bedeutungsvoll das Lernen im Labor ist, indem sie Studierende bei der Laborarbeit mit Action-Cams filmten. Es zeigte sich, dass viele Studierenden im Nachhinein den Sinn ihrer einzelnen Arbeitsschritte nicht erklären konnten. Vielmehr lag ihr Fokus auf psychomotorischen Aspekten. Einen theoretischen Bezugsrahmen bietet dafür die Cognitive Load Theory nach Sweller (1988). Sie geht davon aus, dass Lernende nur eine begrenzte Anzahl an kognitiven Prozessen gleichzeitig handhaben können. Bezogen auf ein Laborpraktikum könnte also das Erlernen der neuen Arbeitstechniken viele dieser Kapazitäten beanspruchen und somit das Reflektieren über die chemischen Hintergründe erschweren. Eine Möglichkeit, um dennoch bedeutungsvolles Lernen zu ermöglichen, ist eine verbesserte Vorbereitung (Rollnick et al. 2001; Agustian & Seery 2017). Winberg & Berg (2007) konnten so zeigen, dass die Vorbereitung mit Computersimulationen den Fokus der Studierenden während der Laborarbeit auf theoretische Aspekte verschieben kann. Auch andere Studien zeigen positive Effekte für den Einsatz digitaler Medien in Laborpraktika (z.B. Box et al. 2017; Stieff, Werner, Fink & Meador 2018).

Die Online-Video-Bibliothek

Die Online-Video Bibliothek wurde für das OC-Grundpraktikum an der LMU München konzipiert. Die Videobibliothek kann unter https://www.cup.uni-muenchen.de/oc/zipse/vidbibocp/ abgerufen werden. Im Praktikumssaal wurden den Studierenden Tablets bereitgestellt, so dass die Videos auch die Funktion als virtueller Assistent (Cresswell, Loughlin, Coster & Green 2019) erfüllen konnten. Insgesamt standen im Rahmen der Studie 48 Videos dreier Typen zur Verfügung. Für die Konzeption der Videos wurden zunächst klassische Herausforderungen im Praktikum bei erfahrenen Assistent:innen

und Teilnehmenden gesammelt. Darauf aufbauend werden in den Videos des Typs „Tutorials“ grundlegende Arbeitsmethoden der OC detailliert erklärt. „Don’ts“ zeigen in humorvoller Weise typische Fehler und Gefahrenquellen beim Durchführen bestimmter Arbeitsweisen. Für die „Step-by-Step“ Videos wurden einzelne Versuche des Praktikums inkl. aller relevanten Schritte gefilmt und anschließend auf Videoclips mit einer Dauer von unter drei Minuten geschnitten.

Forschungsfragen

Folgenden Forschungsfragen wurde im Rahmen der Studie nachgegangen:

1. Wie oft und wann nutzen Studierende eine Online-Video-Bibliothek in einem organisch-chemischen Praktikum?
2. Wie beeinflussen Merkmale der Studierenden (z.B. Geschlecht, Studiengang, Motivation…) die Nutzung der Video-Bibliothek?
3. Welchen Einfluss hat die Nutzung einer Video-Bibliothek auf das Vorwissen der Studierende und affektive Erfahrungen im Labor?

Methodik und Stichprobe

Die Interventionsstudie wurde im Prä-Post-Design konzipiert. Der Prä-Test wurde vor dem erstmaligen Betreten des Labors und der Post-Test nach zwei Monaten Praktikumszeit durchgeführt. Prä- und Postfragebögen (Paper-Pencil) enthielten vierstufige Likert-Skalen zur Selbsteinschätzung der intrinsischen Motivation für das Laborpraktikum, der Gewissenhaftigkeit und des Fähigkeitsselbstkonzepts in experimenteller Chemie. Die interne Konsistenz der Skalen war dabei befriedigend bis sehr gut (α = 0,68 – 0,85). Der Post-Test enthielt zusätzlich Fragen zur Videonutzung und zur Bewertung der einzelnen Videotypen. Zu drei Zeitpunkten wurde das Wissen zu einzelnen Arbeitstechniken in Know-How-Tests abgefragt. Die Befragung fand jeweils als Paper-Pencil-Tests direkt vor der Einheit statt, in der eine Arbeitstechnik zum ersten Mal eingesetzt wurde. Außerdem wurden die Abrufzahlen der Online-Videos analysiert und personalisiert ausgewertet. Die Stichprobe umfasste 103 Teilnehmende (83 mit vollständigem Prä- und Posttest) aus drei verschiedenen Laborpraktika mit insgesamt 88 B.Sc. Chemiestudierenden und 26 Chemielehramtsstudierenden.

Nutzung der Online-Videobibliothek

Die 48 Videos der Videobibliothek wurden von den 114 Studierenden insgesamt 6231-mal aufgerufen. Es zeigt sich im Vergleich zur Pilotstudie, in der die Videos nur sehr selten genutzt wurden, dass eine klare Vernetzung der Videos mit den einzelnen Laborversuchen ein kritischer Faktor für deren Nutzung ist. Im zeitlichen Verlauf wurden die meisten Videos vor dem Beginn des Praktikums geschaut; der Fokus verschob sich im Laufe des Praktikums von Videos des Typs „Tutorial“ auf Videos des Typs „Step-by-Step“. Allgemein wurden die Videos zum

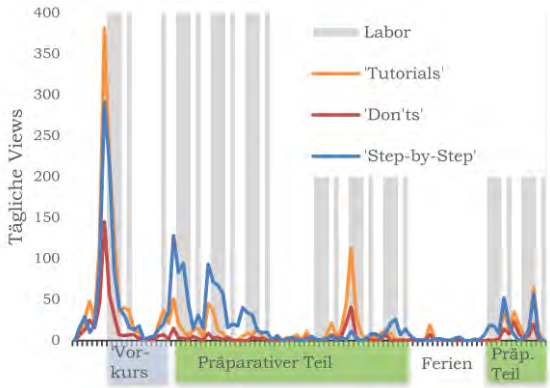


Abb. 1: Tägliche Zugriffszahlen auf die verschiedenen Videoarten im ersten Praktikum (N=76).

größten Ausmaß an praktikumsfreien Tagen genutzt. Nichtsdestoweniger gaben auch 44 % der Studierenden an, die Videos während des Laborpraktikums genutzt zu haben. Die Online-Video-Bibliothek wurde somit sowohl zur Vorbereitung als auch als virtueller Assistent genutzt.

Abhängigkeit der Videonutzung von studentischen Eigenschaften

Bei der Nutzung der Videos zeigten sich deutliche Unterschiede zwischen einzelnen Subgruppen. B.Sc. Studierende nutzten die Online-Video-Bibliothek sehr viel häufiger als Lehramtsstudierende ($t(93) = 5{,}6$, $p < 0{,}001$, $d = 1{,}4$). Auch weibliche Studierende nutzten die Videos signifikant häufiger als männliche Kommilitonen ($t_{Welch}(56) = 4{,}2$, $p < 0{,}001$, $d = 0{,}95$). Mögliche Erklärungsansätze könnten z.B. die unterschiedlichen Selbsteinschätzungen männlicher und weiblicher Studierender im Prä-Test bieten. So schätzen Studentinnen ihr Fähigkeitsselbstkonzept für experimentelles Arbeiten geringer ($t(76) = 2{,}0$, $p = 0{,}048$, $d = 0{,}46$) ihre Gewissenhaftigkeit aber höher ($t(76) = -2{,}0$, $p = 0{,}047$, $d = 0{,}46$) als ihre männliche Kommilitonen ein. Beide Größen korrelieren mit der Videonutzung. Besonders interessant ist dabei, dass im Post-Test keine signifikanten geschlechterbezogenen Unterschiede mehr beobachtet werden konnten. Auch für andere digitale Unterrichtsmethoden wurde eine bevorzugte Nutzung durch weibliche Studierende berichtet (Dousay & Trujillo 2019; Niemeyer & Zewail-Foote 2018). Die relativ geringe Nutzung der Videos durch Lehramtsstudierende könnte sehr wahrscheinlich auf ihre deutlich geringere intrinsische Motivation für experimentelles Arbeiten ($t(93) = 5{,}5$, $p < 0{,}001$, $d = 1{,}4$) im Vergleich zu B.Sc. Studierenden zurückzuführen sein.

Auch bei der Bewertung der verschiedenen Videotypen wurden Einflüsse der studentischen Eigenschaften gefunden: Beispielsweise wurden „Step-by-Step“ Videos insbesondere von Studierende mit einer hohen intrinsischen Motivation und Gewissenhaftigkeit positiv bewertet. Während die Videos allgemein von weiblichen Studierenden besser bewertet wurde, zeigt sich aber gerade bei den „Step-by-Step“ Videos kein signifikanter Zusammenhang zwischen Geschlecht und Bewertung. Die Ergebnisse weisen auf die Individualität der Studierenden hin, die zu sehr verschiedenen Ansprüchen an das Lernmaterial führen.

Einfluss auf Vorwissen und affektive Faktoren

In den Know-How-Tests zeigte sich, dass das Fachwissen der Studierenden zu den einzelnen Arbeitstechniken signifikant höher war, wenn die Videobibliothek genutzt wurde. Ebenso wurde für die Gruppe der Studierenden, die häufig die Videos verwendeten, eine hochsignifikante Steigerung des Fähigkeitsselbstkonzepts im Posttest gemessen, während die Steigerung in der Vergleichsgruppe nicht signifikant war. Als Limitation sollte bei beiden hier berichteten Effekten beachtet werden, dass kein Blindprobendesign vorlag.

Implikationen für die Lehre

Die vorliegende Studie zeigt, dass die Implementierung von Videos in die Präsenzlehre, z.B. zum Aufbau von Vorwissen, eingesetzt werden kann. Dadurch ist eine gezielte Förderung derjenigen Studierendengruppen möglich, die z.B. ihr Fähigkeitsselbstkonzept eher gering einschätzen. Für einen sinnvollen Einsatz ist jedoch eine enge Verzahnung mit den Inhalten der Präsenzlehre nötig.

Literatur

Agustian, H.Y. & Seery, M.K. (2017). Reasserting the role of pre-laboratory activities in chemistry education: a proposed framework for their design. *Chemistry Education Research and Practice*, *18*(4), 518–532.

Box, M.C., Dunnagan, C.L., Hirsh, L.A.S., Cherry, C.R., Christianson, K.A., Gibson, R.J., Wolfe, M.I. & Gallardo-Williams, M.T. (2017). Qualitative and Quantitative Evaluation of Three Types of Student-Generated Videos as Instructional Support in Organic Chemistry Laboratories. *Journal of Chemical Education*, *94*(2), 164–170.

Cresswell, S.L., Loughlin, W.A., Coster, M.J. & Green, D.M. (2019). Development and Production of Interactive Videos for Teaching Chemical Techniques during Laboratory Sessions. *Journal of Chemical Education*, *96*(5), 1033–1036.

Dousay, T.A. & Trujillo, N.P. (2019). An examination of gender and situational interest in multimedia learning environments. *British Journal of Educational Technology*, *50*(2), 876–887.

Galloway, K.R. & Bretz, S.L. (2016). Video episodes and action cameras in the undergraduate chemistry laboratory: eliciting student perceptions of meaningful learning. *Chemistry Education Research and Practice*, *17*(1), 139–155.

Johnstone, A.H. & Wham, A.J.B. (1982). The demands of practical work. *Education in Chemistry*, *19(3)*, 71–73.

Niemeyer, E.D. & Zewail-Foote, M. (2018). Investigating the Influence of Gender on Student Perceptions of the Clicker in a Small Undergraduate General Chemistry Course. *Journal of Chemical Education*, *95*(2), 218–223.

Pölloth, B., Schwarzer, S. & Zipse, H. (2020). Student Individuality Impacts Use and Benefits of an Online Video Library for the Organic Chemistry Laboratory. *Journal of Chemical Education*, *97*(2), 328–337.

Pölloth, B., Teikmane, I., Schwarzer, S. & Zipse, H. (2020). Development of a Modular Online Video Library for the Introductory Organic Chemistry Laboratory. *Journal of Chemical Education*, *97*(2), 338–343.

Rollnick, M., Zwane, S., Staskun, M., Lotz, S. & Green, G. (2001). Improving pre-laboratory preparation of first year university chemistry students. *International Journal of Science Education*, *23*(10), 1053–1071.

Stieff, M., Werner, S.M., Fink, B. & Meador, D. (2018). Online Prelaboratory Videos Improve Student Performance in the General Chemistry Laboratory. *Journal of Chemical Education*, *95*(8), 1260–1266.

Sweller, J. (1988). Cognitive Load During Problem Solving: Effects on Learning. *Cognitive Science*, *12*(2), 257–285.

Winberg, T.M. & Berg, C.A.R. (2007). Students' cognitive focus during a chemistry laboratory exercise: Effects of a computer-simulated prelab. *Journal of Research in Science Teaching*, *44*(8), 1108–1133.

Sabrina Syskowski[1] [1]Universität Konstanz
Olga Kunina-Habenicht[2] [2]Universität Dortmund
Matthias Ducci[3] [3]Pädagogische Hochschule Karlsruhe
Johannes Huwer[1]

Bedeutung von Reflexionsbegleitung in Lehr-Lern-Laboren – Vergleichsstudie im Fach Chemie

Die Chemielehrkräfteausbildung leitet die Professionalisierung berufsbezogener personaler Kompetenzen der Lehramtsstudierenden an (Kunter et al., 2013). Dabei sind die Planung, die Durchführung, im speziellen das Classroom Management und die Reflexion der Arbeit mit Schüler*innen im experimentellen Unterricht von zentraler Bedeutung für Lehrkräfte (Terhart, 2002). In der Tat haben Experimente eine wichtige Stellung im Chemieunterricht (Schaffer & Pfeifer, 2011).
Aus diesen Gründen bieten Lehr-Lern-Labore (LLL) mit dem zyklischen Verlauf im Konzeptionsmodell einen wertvollen Raum in der Bildungslandschaft (Roth & Priemer, 2020). LLL ermöglichen experimentelle Lernumgebungen für Schüler*innen und zugleich Lernmöglichkeiten für Lehramtsstudierende in Bezug auf ihre spätere Berufstätigkeit (Priemer, 2020; Syskowski, Kunina-Habenicht, Ducci & Wagner, 2021). Für Lehramtsstudierende heißt dies, dass sie ein experimentelles Lernsetting planen, dieses mit Schüler*innen umsetzen, diagnostizieren und reflektieren. Je nachdem welches Ziel das LLL-Konzept verfolgt, finden sich unterschiedliche Reflexionsansätze, die sich auch in der Reflexionsbegleitung widerspiegeln (Syskowski, Sorge, Rincke, Boshuis & Wöhlke, 2021).

Theoretischer Hintergrund

Studien weisen darauf hin, dass LLL einen Beitrag zur Professionalisierung der Lehramtsstudierenden bezüglich ihrer motivationalen Orientierung und im speziellen der Selbstwirksamkeitserwartung (SWE) beitragen können. Es finden sich aber auch Ergebnisse, die eine Stagnation oder ein Absinken der SWE berichteten. Im Folgenden werden ausgewählte Ergebnisse zur SWE dargelegt. Kobel (2021) im Fach Chemie, Dahmen et al. (2020) im Fach Biologie und Holz et al. (2020) im Fach Physik zeigten signifikante Zuwächse beziehungsweise positive Trends der SWE der Lehramtsstudierenden nach der Teilnahme im LLL mit der Skala nach Meinhardt et al. (2015, 2018). Mit der Vorgängerskala, die noch mehrdimensionale Itemformulierungen enthielt, wurde eine Stagnation der Selbstwirksamkeit in einer Studie im LLL des Fachs Physik festgestellt (Rabe et al., 2012, Meinhardt et al. 2018, Krofta & Nordmeier, 2014). Eine Studie von LLL unterschiedlichster Fächer am gleichen Universitätsstandort erhielten mit der Skala von Pfitzner-Eden et al. (2014) ebenfalls eine Stagnation der SWE (Klempin et al., 2019). Ein Absinken der SWE bezüglich Zeiteinschätzung in Lernsettings von Lehramtsstudierenden wurde zugleich mit einer Steigerung der SWE bezüglich des inhaltlichen Wissens nach der Teilnahme eines LLL im ersten Semester verzeichnet (Simon, Horst & Wilke, 2021). Eine signifikante Steigerung der SWE bezüglich Planen, Durchführen und Reflektieren wird im MINT-Kontext und speziell im Fach Physik gezeigt (Dohrmann, 2019; Weß et al., 2020).

Forschungsfragen

In dieser Studie wurde der Forschungsfrage nachgegangen, inwieweit LLL im Fach Chemie die Befunde von Weß et al. (2020) und Dohrmann (Dohrmann, 2019) bestätigen können (1) sowie ob die Bereiche Classroom Management und Erziehen der SWE nach der Teilnahme an einem LLL im Fach Chemie auch gefördert werden (2). Zugleich wurde analysiert, inwiefern unterschiedliche Reflexionsbegleitungen von LLL im Fach Chemie mit identischem Schwerpunkt auf der Durchführung, einen Einfluss auf die SWE speziell bezüglich Reflexion haben (3).

Untersuchungsdesign

Die Erfassung der SWE wurde im Wintersemester 2019/2020 mit einem Paper-Pencil-Test und im Sommersemester 2020 mit einem Online-Fragebogen im Pre-Post-Design durchgeführt. Die Lehramtsstudierenden ($N = 62$) füllten diesen am Anfang des Semesters sowie 14 Wochen später am Ende der Lehrveranstaltung aus. Dadurch ermöglichte die Auswertung eine summative Evaluation. Dabei wurden die Skala zur SWE von Weß et al. (2020) bezogen auf *Planen* ($\alpha = .69$), *Durchführen* ($\alpha = .67$) und *Reflektieren* ($\alpha = .63$), als auch die Skalen zu *Unterrichten* ($\alpha = .86$) und *Erziehen* ($\alpha = .74$) von Gröschner und Schmitt (2009) sowie die von Kunter et al. (2017) mit dem Schwerpunkt auf *Classroom Management* ($\alpha = .87$) verwendet. Der Vergleich der LLL zwischen der Experimental- ($N = 22$) und Kontrollgruppe ($N = 26$) wurde aufgrund der COVID-19-Pandemie und den damit verbundenen Auflagen mit einer digitalen Gruppe ($N = 14$) ergänzt. Dabei wurden die Studierenden in der Experimental- und Digitalgruppe mittels Reflexionstagebüchern zusätzlich zum mündlichen Peer- und Expertenfeedback begleitet. Die Kontrollgruppen erhielten allenfalls Expertenfeedback. Bei allen drei Gruppen lag der Fokus des LLL auf der Durchführung von Lernumgebungen mit Schüler*innen.

Die deskriptiven Analysen und die Mixed-ANOVA-Berechnungen erfolgten mittels der Software R (R Core Team, 2016). Die Mixed ANOVA konnte aufgrund der vorliegenden Normalverteilung der Daten berechnet werden. Dabei wurde der Pre-Post-Zeitpunkt als „within“ Variable verwendet und als „between“ Variable die Gruppen gesetzt.

Ergebnisse und Diskussion

Die erhaltenen Werte bezüglich SWE der Lehramtsstudierenden sind im Pre-Test und Post-Test alle oberhalb der Item-Mittelwerte (SWE Classroom Management $M = 4.3\text{-}4.7 > 3.5$, SWE Erziehen, Unterrichten $M = 4.8\text{-}5.3 > 4.$, SWE Planen, Durchführen, Reflektieren $M = 2.7\text{-}3.2 > 2.5.$). Zugleich wurde für alle Skalen eine signifikante Steigerung auf dem .05 Niveau ($p < .014$) vom Pre- zum Post-Test nachgewiesenen mit kleinen ($\eta^2 < 0.03$) bis starken ($\eta^2 > 0.14$) Effektstärken. Dies entspricht den von Weß et al. (2020) und Dohrmann (Dohrmann, 2019) besagten Wirkungen naturwissenschaftlicher LLL auf die SWE und bestätigt somit die Erkenntnisse spezifisch für LLL im Fach Chemie. Signifikante Unterschiede zwischen Pre-Post und den Gruppen wurden keine festgestellt, was vor allem im Bereich Reflexion gegen unsere Erwartungen war. Dies könnte daran liegen, dass eine mündliche Reflexion ausreichend ist, um die Selbstwirksamkeit bezüglich des Reflektierens zu erhöhen. Allein bei der Skala zur SWE zum Unterrichten fand sich zusätzlich ein signifikanter Gruppenunterschied, der auf Praxiserfahrungen zurückzuführen sein könnte.

Tabelle 1 Zusammenfassung der Ergebnisse zur Selbstwirksamkeitserwartung (SWE).

Skala SWE	Pre *M* *(SD)*	Post *M* *(SD)*	Pre-Post F (dfn, dfd); p * p<.05; η2	Gruppe F (dfn, dfd); p * p<.05; η2
Classroom Management (1-6)	4.3 (.4)	4.7 (.3)	25.69 (1/59); <.000 *; 0.08	
Planen (1-4)	2.7 (.2)	3.0 (.1)	33.11 (1/59); <.000 *; 0.17	
Durchführen (1-4)	3.0 (.3)	3.2 (.2)	28.70 (1/59); <.000 *; 0.10	
Erziehen (1-7)	5.0 (.3)	5.3 (.3)	6.63 (1/59); < .013 *; 0.03	
Unterrichten (1-7)	4.8 (.3)	5.2 (.2)	36.15 (1/59); <.000 *; 0.12	4.59 (2/59); .014 *; 0.11
Reflektieren (1-4)	2.8 (.4)	3.1 (.3)	25.70 (1/59); <.000 *; 0.12	

In Syskowski (2021 eingereicht) wurden weitere Ergebnisse für die motivationale Orientierung der Lehramtsstudierenden berichtet.

Ausblick

Nicht nur die Selbstwahrnehmung der SWE von Lehramtsstudierenden bei der Arbeit mit Schüler*innen in experimentellen Lernsettings ist von Relevanz, sondern auch deren SWE bezüglich des Einsatzes digitaler Medien (Vogelsang, Finger, Laumann & Thyssen, 2019). Diese werden benötigt, um eine adäquate Planung von Lernumgebungen mit digitalen Elementen (zum Beispiel mit Augmented Reality (AR) oder Virtual Reality (VR)) und deren Einsatz zu gewährleisten. Experimente werden in der Bildung schon heute komplett virtuell (z.B. als Bildschirmexperimente oder in einer VR) oder teilvirtuell mit AR umgesetzt (Probst, Fetzer, Lukas & Huwer, 2021). Daher stellt sich die Frage, welche Aspekte der Wahrnehmung für digital angereicherte (AR) chemische Experimente relevant für einen optimalen Lernprozess sind.

Literatur

Dohrmann, R. (2019). Professionsbezogene Wirkungen einer Lehr-Lern-Labor-Veranstaltung: Eine multimethodische Studie zu den professionsbezogenen Wirkungen einer Lehr-Lern-Labor-Blockveranstaltung auf Studierende der Bachelorstudiengänge Lehramt Physik und Grundschulpädagogik (Sachunterricht). Dissertation. Berlin.

Gröschner, A. & Schmitt, C. (2009). Skalen zur Erfassung von Kompetenzen in der Lehrerausbildung: Ein empirisches Instrument in Anlehnung an die KMK „Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften“. Verfügbar unter: http://docplayer.org/22582830-Skalen-zur-erfassung-von-kompetenzen-in-der-lehrerausbildung.html [24.07.2019].

Kunter, M., Baumert, J., Leutner, D., Terhart, E., Seidel, T., Dicke, T., Holzberger, D., Kunina-Habenicht, O., Linninger, C., Lohse-Bossenz, H., Schulze-Stocker, F. & Stürmer, K. (2017). Dokumentation der Erhebungsinstrumente der Projektphasen des BilWiss-Forschungsprogramms von 2009 bis 2016: Bildungswissenschaftliches Wissen und der Erwerb professioneller Kompetenz in der Lehramtsausbildung (BilWiss); die Bedeutung des bildungswissenschaftlichen Hochschulwissens für den

Berufseinstieg von Lehrkräften (BilWiss-Beruf). Frankfurt am Main: Goethe-Universität; Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg.

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), 805-820.

Priemer, B. (2020). Ein kurzer Überblick über den Stand der fachdidaktischen Forschung der MINT-Fächer an Lehr-Lern-Laboren. In B. Priemer & J. Roth (Hrsg.), Lehr-Lern-Labore: Konzepte und deren Wirksamkeit in der MINT-Lehrpersonenbildung (159-171). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Probst, C., Fetzer, D., Lukas, S. & Huwer, J. (2021). Effects of using augmented reality (AR) in visualizing a dynamic particle model. CHEMKON.

R Core Team. (2016). R: A language and environment for statistical computing [Computer software]. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. Verfügbar unter: http://www.R-project.org.

Roth, J. & Priemer, B. (2020). Das Lehr-Lern-Labor als Ort der Lehrpersonenbildung – Ergebnisse der Arbeit eines Forschungs- und Entwicklungsverbunds. In B. Priemer & J. Roth (Hrsg.), Lehr-Lern-Labore: Konzepte und deren Wirksamkeit in der MINT-Lehrpersonenbildung (S. 1-10). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Schaffer, S. & Pfeifer, P. (2011). Ziele von Schülerexperimenten: Von einer Ist-Standanalyse zur Unterrichtsentwicklung. Unterricht Chemie, 22? (126?), 10-13.

Simon, M., Horst, N. ter & Wilke, T. (2021). Reimagining student laboratories: design and evaluation of two innovative concepts. In Conference Proceedings 2021. Florenz. Verfügbar unter: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjAotSQ84PzAhVNxoUKHYlmCI4QFnoECAQQAQ&url=https%3A%2F%2Fconference.pixel-online.net%2FNPSE%2Ffiles%2Fnpse%2Fed0010%2FFP%2F7025-CHEM4954-FP-NPSE10.pdf&usg=AOvVaw1gwIQSU-w9_kcZGCG9uFfF.

Syskowski, S. (2021 eingereicht). Lehr-Lern-Labor im Fach Chemie: Entwicklung von Lernumgebungen und Untersuchungen zur Professionalisierung des Lehramtsstudiums. Dissertation. Karlsruhe.

Syskowski, S., Kunina-Habenicht, O., Ducci, M. & Wagner, I. (2021). Teaching-learning laboratory “makeScience!” and students’ interest – Studies on the learning environment “Donor-Acceptor Reactions – placed in Bubble Tea Balls”: Untersuchungen zur Lernumgebung „Donator-Akzeptor-Reaktionen - platziert in Bubble Tea-Bällchen“. CHEMKON, 28.

Syskowski, S., Sorge, S., Rincke, K., Boshuis, T. & Wöhlke, C. (2021). Selbst entwickeln oder die Umsetzung reflektieren?: Ansätze zur Ausgestaltung von Lehr-Lern-Laboren im Vergleich. In N. Graulich, M. Kubsch, S. Sorge, J. Arnold & M. Kubsch (Hrsg.), Lehrkräftebildung neu gedacht: Ein Praxishandbuch für die Lehre in den Naturwissenschaften und deren Didaktiken (S. 186-196) (1st, New ed.). Münster: Waxmann.

Terhart, E. (2002). Standards für die Lehrerbildung: Eine Expertise für die Kultusministerkonferenz. Münster: ZKL.

Vogelsang, C., Finger, A., Laumann, D. & Thyssen, C. (2019). Vorerfahrungen, Einstellungen und motivationale Orientierungen als mögliche Einflussfaktoren auf den Einsatz digitaler Werkzeuge im naturwissenschaftlichen Unterricht. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 114 (3), 57.

Weß, R., Priemer, B., Weusmann, B., Ludwig, T., Sorge, S. & Neumann, I. (2020). Der Verlauf von lehrbezogenen Selbstwirksamkeitserwartungen angehender MINT-Lehrkräfte im Studium. Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 5, 1-18.

Dr. Luzie Semmler[1] [1]Technische Universität Braunschweig

Escape L.A.B. – Ein Escape Room für Chemiestudierende

Einleitung

Laborpraktika fokussieren in der Regel auf den Erwerb und die Entwicklung von experimentellen und theoretischen Fachkompetenzen. Dies findet häufig durch die Vorgabe kochrezeptartiger Experimentalvorschriften und geschlossener Aufgaben statt (Fischer, 2017). Die Förderung methodischer, sozialer, motivationaler und volitionaler Kompetenzen (Weinert, 2001) tritt dabei in den Hintergrund. Diese Kompetenzen sollen in dem hier beschriebenen Konzept durch die Adaption des Spielprinzips eines Escape Rooms stärker adressiert werden. Durch die aktive und problemorientierte Auseinandersetzung mit Rätseln sollen neben Fachkompetenzen auch Problemlösefähigkeiten, kreative Fähigkeiten, soziale Kompetenzen, selbstbestimmtes Lernen sowie Motivation gefördert werden. Im Folgenden sollen das Prinzip eines Educational Escape Rooms und das Konzept des „Escape L.A.B.s“ erläutert sowie erste Ergebnisse der Evaluation und Begleitforschung vorgestellt werden.

Escape Rooms in der (Hochschul-)Lehre

Bei einem Escape Room handelt es sich um ein kooperatives Spiel, bei dem eine Gruppe von Personen im Rahmen einer fiktiven Geschichte in einem Raum eingeschlossen wird und durch die Entschlüsselung eines Passworts in einer bestimmten Zeit aus diesem entkommen muss. Um dies zu erreichen, müssen die Personen mithilfe der Informationen im Raum verschiedene Rätsel lösen und mit den Gegenständen im Raum interagieren.

Escape Rooms wurden erstmals 2007 in Japan als Freizeitunterhaltung angeboten (Nicholson, 2015). Mittlerweile hat das Spielprinzip auch Einzug in die schulische und universitäre Lehre in Deutschland gefunden (z. B. Krupke, 2018; Wlotzka, 2021). Das Spielprinzip wird dort mit der Vermittlung, Wiederholung, Anwendung und dem Transfer von fachbezogenem Wissen verbunden. Es wird dann von einem sogenannten „Educational Escape Room“ gesprochen (Lathwesen & Belova, 2021). In chemiebezogenen Studiengängen kommen diese bisher eher im Ausland zum Einsatz (z. B. Vergne, Simmons & Bowen, 2019; Watermeier & Salzameda, 2019). An deutschen Hochschulen wird das Konzept bisher nur selten im Kontext von chemiebezogenen Studiengängen eingesetzt, zudem fehlen insgesamt empirische Untersuchungen zur Wirksamkeit von Educational Escape Rooms (Lathwesen & Belova, 2021; Makri, Vlachopoulos & Martina, 2021). Im Folgenden soll daher die Entwicklung und Untersuchung eines Educational Escape Rooms für Lehramtsstudierende des Faches Chemie vorgestellt werden.

Beschreibung des Escape Rooms

Der Escape Room bildet den Abschluss eines Laborpraktikums für Lehramtsstudierende des Faches Chemie im ersten Semester. In dem Praktikum geht es vor allem um die Vermittlung und praktische Anwendung grundlegender Inhalte der allgemeinen und der anorganischen Chemie. Im Vordergrund stehen dabei der sichere Umgang mit Chemikalien und Laborgeräten, grundlegende Labortechniken, einfache quantitative und qualitative Stoffanalysen sowie grundlegende Stoffgrößen und deren Ermittlung. Diese Inhalte werden im semesterbegleitenden Praktikum von den Studierenden selbstständig recherchiert und erlernt sowie praktisch im Labor angewendet. Der Escape Room, das sogenannte „Escape L.A.B.“ (**L**aborpraktikum für **A**llgemeinchemische **B**asisinhalte), wird nach den regulären Veranstaltungssitzungen am Ende des Praktikums gespielt. Mithilfe des Spielprinzips wird

hier eine Lernumgebung geschaffen, in der die gelernten Kenntnisse und experimentellen Fertigkeiten spielerisch in Rätseln und neuen Situationen angewendet werden.

Der Escape Room kann von zwei bis maximal drei Studierenden gleichzeitig durchgeführt werden und dauert etwa drei Stunden. Die Spielleiterin ist während der gesamten Spielzeit ebenfalls im Raum, um die Sicherheit der Studierenden zu gewährleisten und diese ggf. durch individuelle Hinweise zu unterstützen. Der Escape Room befindet sich als abgetrennter Spielbereich in einem Labor der Abteilung. In der rahmenden Geschichte geht es um die Entführung einer auf dem Gebiet der Klimaforschung angesehenen Professorin. Die Studierenden werden als Expertinnen und Experten herangezogen, um der Polizei bei der Lösung des Falls zu helfen. Dazu sollen sie ein Labor untersuchen, das ein von der Professorin angelegtes Sicherheitssystem zum Schutz ihrer Forschungsdaten und Tagesprotokolle beinhaltet. Um diese Daten zu erhalten, müssen zunächst fachliche Rätsel und Aufgaben gelöst werden. So kann nach einiger Zeit ein Notebook freigespielt werden, das mit einem Selbstzerstörungscountdown gesichert ist. Im zweiten Teil des Escape Rooms muss dann durch die Durchführung und Auswertung von Experimenten das Passwort zur Deaktivierung des Countdowns und zur Entsperrung der Daten entschlüsselt werden. Mit den Daten kann schließlich der Tathergang rekonstruiert und der Täter überführt werden. Die Tat steht dabei im Zusammenhang mit dem Abgasskandal eines Automobilherstellers.

Der Aufbau des Escape Rooms folgt dabei einer multi-linearen Struktur (Wiemker, Elumir & Clare, 2015): Es gibt weder eine festgelegtes Anfangsrätsel noch eine vorgegebene Reihenfolge, in der die Rätsel gelöst werden müssen. Durch das Lösen dieser werden Passwörter und Codes freigespielt, die zu weiteren Gegenständen und Rätseln führen. Die Rätsel sind dabei so angelegt, dass im Sinne des (kreativen) Problemlöseprozesses (Scott, Leritz & Mumford, 2004) zunächst ein Problem bzw. die Aufgabe identifiziert, mithilfe der Informationen im Raum Ideen zur Lösung generiert und ggf. unterschiedliche Lösungswege ausprobiert werden müssen. So müssen die Studierenden z. B. selbstständig darauf kommen, einen Wasserkreislauf mithilfe eines Glasrohres, das in der Brennerflamme gebogen wird, zu schließen, um einen Standzylinder mit Wasser zu füllen und einen Schlüssel zu bekommen.

Forschungsdesign und Evaluation des Konzepts

Die Evaluation fand zunächst mit Expertinnen und Experten der Abteilung Chemie und Chemiedidaktik der TU Braunschweig im Februar 2019 statt. Im September 2020 und August 2021, unterbrochen von den Phasen des Lockdowns, fand die Evaluation mit Lehramtsstudierenden des Faches Chemie des zweiten bis vierten Bachelorsemesters statt. Insgesamt haben in dieser Zeit sechs Gruppen, also zwölf Studierende, den Escape Room durchgeführt. Die Evaluation fand mithilfe eines eigens für den Escape Room angefertigten Fragebogens statt, der offene Fragen beinhaltet. Diese beziehen sich auf den Schwierigkeitsgrad der Rätsel und darauf, welche Rätsel und Situationen als gut bzw. weniger gut empfunden wurden und wie der Escape Room verbessert werden könnte. Weiterhin fand nach jedem Spieldurchgang ein Reflexionsgespräch statt. Dies dient nicht nur der Evaluation des Konzepts, sondern soll die Studierenden auch zu einer vertieften Auseinandersetzung mit den Inhalten und einer Reflexion ihrer Problemlöseprozesse anregen, indem Schwierigkeiten besprochen, erwartete Lösungswege mit den durchgeführten verglichen und Verbesserungen diskutiert werden.

Des Weiteren wurde die Wirksamkeit des Escape Rooms untersucht. Dazu wurden standardisierte Fragebögen eingesetzt und die Studierenden wurden während der gesamten Durchführung videografiert. Durch die erhobenen Daten soll untersucht werden, inwiefern die beschriebenen Kompetenzen in dem Escape Room angeregt und gefördert werden. Zur

Erhebung motivationaler Aspekte und Ansätze des selbstbestimmten Lernens wurde die „Kurzskala intrinsischer Motivation“ (KIM) von Wilde, Bätz, Kovaleva und Urhahne (2009) eingesetzt, bei der die Einschätzung der Aussagen auf einer fünfstufigen Likert-Skala erfolgt. Die videografierten Daten sollen hinsichtlich kreativer Prozesse, Problemlöseprozesse und sozialer Interaktionen analysiert werden.

Ausgewählte Ergebnisse

Aufgrund der Rückmeldungen aus der Evaluation wurden inhaltliche Ungenauigkeiten korrigiert, der zeitliche und inhaltliche Umfang des Escape Rooms reduziert und die Schwierigkeit der Rätsel durch Vereinfachungen und zusätzliche Hinweise angepasst. Die Spielleiterin greift nun nicht ein, wenn die Studierenden um Unterstützung bitten, sondern gibt nach eigenem Ermessen Hinweise, um den Flow (Csikszentmihalyi, 1985) während des Spielens zu fördern und Frustrationsmomente zu reduzieren bzw. zu vermeiden. Die Veränderungen führten zu vermehrten erfolgreichen Durchläufen durch die Studierenden.

Die Items der KIM lassen sich den Faktoren „Interesse/Vergnügen“, „Wahrgenommene Kompetenz“, „Wahrgenommene Wahlfreiheit“ und „Druck/Anspannung“ zuordnen, die sowohl Rückschlüsse auf eine erste Einschätzung der Förderung der Motivation und des selbstbestimmten Lernens als auch auf die Verbesserung des Konzepts ermöglichen. Es zeigte sich, dass die teilnehmenden Studierenden die Aussagen zum Interesse bzw. Vergnügen positiv einschätzten (AM = 4,61; SD = 0,54). Dies spiegelte sich auch in den positiven Rückmeldungen zum Konzept in den Evaluationsbögen wider. Auch die Aussagen zur wahrgenommenen Wahlfreiheit wurden von den Teilnehmenden eher positiv bewertet (AM = 3,76; SD = 1,01). Dies spricht dafür, dass die Studierenden das Gefühl hatten, ihr Handeln größtenteils selbstbestimmt steuern zu können. Die Aussagen zur wahrgenommenen Kompetenz wurden eher niedrig bis mittelmäßig eingeschätzt (AM = 2,94; SD = 1,14), die Aussagen zum Druck und zur Anspannung während des Spielens wurden eher hoch eingeschätzt (AM = 3,52; SD = 0,98). Hierbei lässt sich allerdings feststellen, dass die Aussagen umso positiver eingeschätzt wurden, je mehr Rätsel in dem Escape Room erfolgreich gelöst wurden. Die Auswertung der videografierten Daten muss noch erfolgen.

Fazit und Ausblick

Aus den Ergebnissen bezüglich der Faktoren in der KIM lassen sich Tendenzen ableiten, dass das Konzept des Escape Rooms als interessant und motivierend und das Lernen als selbstbestimmt wahrgenommen werden. Dies muss allerdings in weiteren Erhebungen untersucht und bestenfalls bestätigt werden. Hinsichtlich der wahrgenommenen Kompetenz und des Gefühls der Anspannung muss das Konzept verändert bzw. angepasst werden. Die erste Erhebung im Rahmen des Praktikums mit Lehramtsstudierenden des Faches Chemie im ersten Semester wird im Wintersemester 2021/2022 stattfinden.

Es ist weiterhin geplant, den dokumentierten Entwicklungsprozess des Escape Rooms zu verschriftlichen und als Anleitung zur Erstellung eines eigenen Escape Rooms für die Lehre als Open Educational Ressource (OER) zur Verfügung zu stellen. Auch die Inhalte und Rätsel des Escape Rooms sollen als OER bereitgestellt werden. Dies findet im Rahmen eines Projekts zur Umstrukturierung des Praktikums in Form eines Escape Games statt, das im Kontext des Förderprogramms „Innovative Lehr- und Lernkonzepte: Innovation plus“ vom Niedersächsischen Ministerium für Wissenschaft und Kultur gefördert wird. Die Idee des Educational Escape Games wird hier aufgegriffen und auf das gesamte Praktikum ausgeweitet. So werden beispielsweise ausgewählte Themenbereiche in Form von online Escape Games umgestaltet und die Versuchsvorschriften geöffnet.

Literatur

Csikszentmihalyi, M. (1985). Das flow-Erlebnis. Jenseits von Angst und Langeweile: im Tun aufgehen. Stuttgart: Klett-Cotta

Fischer, R. A. (2017). Den Pulsschlag der Chemie fühlen – schon im Grundpraktikum. Angewandte Chemie, 129, 7792-7793

Krupke, D. (2018). Softwareentwicklungspraktikum: Escape Room 2.0. Verfügbar unter: https://www.ibr.cs.tu-bs.de/courses/ss18/sep-alg/index.html (letzter Aufruf am 30.10.2021)

Lathwesen, C. & Belova, N. (2021). Escape Rooms in STEM Teaching and Learning – Prospective Field or Declining Trend? A Literature Review. Education Sciences, 11, 308, 1-14

Makri, A., Vlachopoulos, D. & Martina, R. A. (2021). Digital Escape Rooms as Innovative Pedagogical Tools in Education: A Systematic Literature Review. Sustainability, 13, 4587, 1-29

Nicholson, S. (2015). Peeking Behind the Locked Door: A Survey of Escape Room Facilities. White paper. Verfügbar unter: http://scottnicholson.com/pubs/erfacwhite.pdf (letzter Aufruf am 11.09.2021)

Scott, G., Leritz, L. E. & Mumford, M. D. (2004). The Effectiveness of Creativity Training: A Quantitative Review. Creativity Research Journal, 16 (4), 361-388

Vergne, M. J., Simmons, J. D. & Bowen, R. S. (2019). Escape the Lab: An Interactive Escape-Room Game as a Laboratory Experiment. Journal of Chemical Education, 96, 985-991

Watermeier, D. & Salzameda, B. (2019). Escaping Boredom in First Semester General Chemistry. Journal of Chemical Education, 96, 961-964

Weinert, F. E. (2001). Vergleichende Leistungsmessung in Schulen – Eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In F. E. Weinert (Hrsg.), Leistungsmessungen in Schulen. Weinheim: Beltz, 17-32

Wiemker, M. Elumir, E. & Clare, A. (2015). Escape Room Games: „Can you transform an unpleasant situation into a pleasant one? In J. Haag, J. Weißenböck, W. Gruber & C. F. Freisleben-Teutscher (Hrsg.), Game Based Learning – Dialogorientierung und spielerisches Lernen digital und analog. Beiträge zum 4. Tag der Lehre an der FH St. Pölten am 15.10.2015. St. Pölten: ikon VerlagsGesmbH, 55-68

Wilde, M. Bätz, K., Kovaleva, A. & Urhahne, D. (2009). Überprüfung einer Kurzskala intrinsischer Motivation (KIM). Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 15, 31-45

Wlotzka, P. (2021). Escape Rooms. Naturwissenschaften im Unterricht Chemie, 182 (32), 1-48

Christian Dictus[1]
Rüdiger Tiemann[1]

[1]Humboldt-Universität zu Berlin

MINT-Town:
Ein Tool zur Förderung von kritischem Denken in den MINT-Fächern

Einleitung

Die steigende Komplexität und Dynamik, von der aktuelle und zukünftige Themen (Klimawandel, Nachhaltigkeit, Energieversorgung, usw.) geprägt sind, stellt sowohl Lehrende als auch Lernende vor neue Herausforderungen. Um Schüler:innen auch in Zukunft die Teilhabe am wissenschaftlichen und gesellschaftlichen Diskurs zu ermöglichen, ist die Förderung dafür notwendiger Fähigkeiten, wie z.B. kritisches Denken oder Problemlösen, daher nicht zuletzt ein zentrales Anliegen in verschiedenen nationalen und internationalen Curricula, wie beispielsweise den „key competencies for lifelong learning“ (EU, 2019) oder den „21st century skills“ (Ananiadou & Claro, 2009; OECD, 2018).

Unser Ziel im Rahmen des von der Deutschen Telekom Stiftung geförderten Projektes ist daher die Entwicklung der spielbasierten, digitalen Lernumgebung „MINT-Town“ als ein Werkzeug zur Förderung von kritischem Denken und Problemlösen in den MINT-Fächern. Die Lernumgebung ist dabei so gestaltet, dass sie den Schüler:innen durch den Einsatz von Gamification Elementen einen motivationalen und zeitgemäßen Zugang zu diesen Konstrukten liefert.

Theoretische Rahmung

Auch wenn der Begriff des kritischen Denkens keinesfalls neu ist, so hat dieser im Zusammenhang mit der fortschreitenden Digitalisierung und dem damit verbundenen Anstieg der zur Verfügung stehenden Informationsquellen in den letzten Jahren immer mehr an Bedeutung gewonnen. Im Rahmen des APA Delphi Projektes (1988-1990) stellten sich daher eine Reihe von Experten verschiedener Fachrichtungen der Herausforderung, eine möglichst klare, einheitliche und fachübergreifende Definition dafür zu finden, was kritisches Denken eigentlich beinhaltet (Facione, 1990). In dem daraus resultierenden Framework unterscheiden diese Experten zwischen Dispositionen, die einen kritischen Denker ausmachen, sowie sechs erlernbaren Kernfähigkeiten des kritischen Denkens: Interpretation, Analyse, Evaluation, Schlussfolgerung, Erklärung und Selbstregulation (ebd.).

Eine detailliertere und damit für den Einsatz in Lehr-/Lernkontexten geeignetere Liste der Fähigkeiten des kritischen Denkens stellte Ennis (1987) (ein Experte des APA Delphi Projektes) bereits vor dem Projekt auf und entwickelte diese seitdem mehrfach weiter (Ennis, 2011; 2018). Obwohl in diesen Listen die Fähigkeiten des kritischen Denkens etwas anderen Überkategorien zuordnet werden, basieren diese ebenfalls auf den sechs beschriebenen Kernfähigkeiten des kritischen Denkens. Unser Projekt zielt auf die Förderung verschiedener von Ennis beschriebener Teilkompetenzen des kritischen Denkens, wie beispielweise „Fokus auf die Fragestellung“, „Analyse von Argumenten“ oder „logisches Schlussfolgern“ ab (Ennis, 2011).

Einige Teilfähigkeiten des kritischen Denkens sind eng verknüpft mit verschiedenen Phasen des Problemlösens. Scherer, Meßinger-Koppelt und Tiemann (2014) beschreiben beispielsweise vier solcher Phasen: 1. Problem verstehen und charakterisieren, 2. Problem repräsentieren, 3. Problem lösen, 4. Lösung reflektieren und kommunizieren. Die Lernumgebung ist daher so gestaltet, dass die Spieler:innen verschiedene Problemlösephasen durchlaufen, an denen die Fähigkeiten des kritischen Denkens gefördert werden.

Sowohl der Erwerb der Fähigkeiten des kritischen Denkens als auch des Problemlösens, setzen eine hinreichend lange Auseinandersetzung der Schüler:innen mit einem problembasierten Kontext voraus. Um die dafür notwendige Motivation zu schaffen und auf einem adäquaten Level zu halten, nutzen wir die motivationale Wirkung von verschiedenen Gamification Elementen (Buckley & Doyle, 2016). Allgemein ist Gamification definiert als „die Nutzung von Game Design Elementen in Game [fremden] Kontexten“ (Deterning et al., 2011), wobei mit dem Begriff „Game“ nicht das Spiel im klassischen Sinne, sondern das Computer- bzw. Videospiel gemeint ist. Eine etwas engere Definition im Kontext des Lernens beschreibt Gamification als „Satz von Aktivitäten und Prozessen zum Lösen eines Problems durch die Anwendung oder Verwendung der Charakteristika von Game Elementen“ (Kim et al., 2018, S. 27-28). Diese „Game Design Elemente“, welche in beiden Definitionen genannt werden, lassen sich in die drei Kategorien „Spielmechaniken“ (z.B. Quests & virtuelle Items), „Spieldynamiken“ (z.B. Tutorials & Statusanzeigen) sowie „spielästhetische Elemente“ (z.B. Schönheit der Gestaltung & Humor) untergliedern (Kim & Lee, 2013; Iosup & Epema, 2014).

Lernumgebung

Die gesamte Lernumgebung „MINT-Town“ ist modular aufgebaut: Die verschiedenen Teile behandeln dabei jeweils in sich abgeschlossene fachspezifische bzw. fachübergreifende Kontexte, sodass die Umgebung sowohl intra- als auch interdisziplinär erweiterbar ist (Abb. 1). Die einzige Ausnahme stellt hierbei das „MINT-Town Tutorial“ dar, welches als Basis für alle anderen Module dient. Im Rahmen dieses Projektes ist die Erstellung und Evaluierung des Tutorials und des chemiespezifischen Moduls geplant.

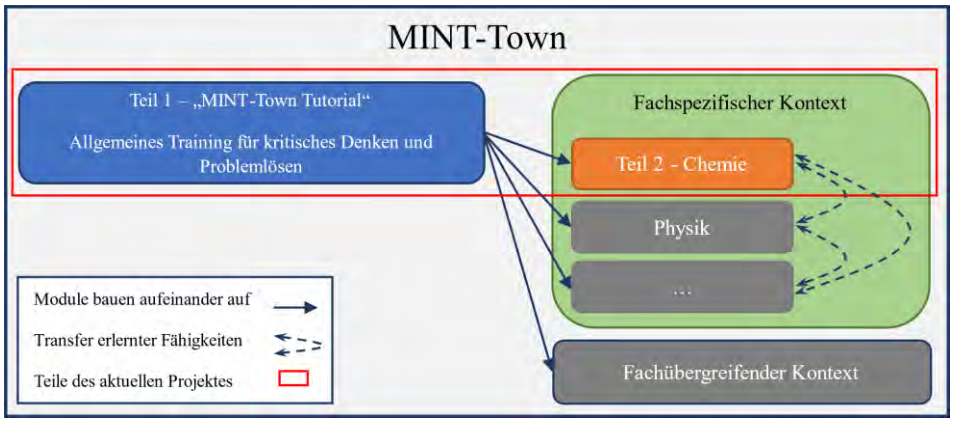


Abb. 1: Übersicht über die modular erweiterbare Lernumgebung „MINT-Town“

Der erste Teil besteht zunächst aus einem eher fachunabhängigen Kontext (in einem Dorfgebiet) in welchem die grundlegenden Ideen des kritischen Denkens erschlossen werden

können. Die hierbei erworbenen Kenntnisse werden dann in den anderen Teilen zur Lösung der dargestellten fachspezifischen oder fachübergreifenden Problemsituationen angewendet.

Für die Erstellung der einzelnen Teilmodule der Lernumgebung haben wir uns an dem „Framework for the theory-driven design of digital learning environments (FDDLE)“ orientiert, welches in fünf zentrale Schritte gegliedert ist: Analyse, Design, Entwicklung, Qualitätssicherung sowie Implementation & Evaluation (Tiemann & Annaggar, 2020). In der Entwicklungsphase von „MINT-Town Tutorial“ ist dabei ein erster Prototyp entstanden, welchen wir im Rahmen der Qualitätssicherung in einem Expertenrating getestet haben (Dictus & Tiemann, 2021). Auch wenn die Befragung der Experten in Hinblick auf die zu fördernden Fähigkeiten des kritischen Denkens sowie der Motivation durch die Gamification Elemente schon sehr positive Ergebnisse lieferte, so zeigte uns das offene Feedback aber noch weiteres Verbesserungspotential an (ebd.).

Aktueller Stand & Ausblick

Ausgehend von den Anregungen im Expertenrating haben wir den Prototypen der Lernumgebung „MINT-Town Tutorial“ noch einmal überarbeitet. Die Anpassungen beinhalteten beispielsweise die Integration eines Tutorials für die Steuerung, die Einteilung in Kapitel analog dem Problemlöseprozess (inklusive deren visuelle Darstellung) sowie das Einbinden verschiedener optionaler Hilfestellungen (Abb. 2).

Abb. 2: Beispiele einiger Überarbeitungen von „MINT-Town Tutorial“: Erklärung der Steuerung, Kapiteleinteilung, optionale Hilfestellungen (v.l.n.r)

Die überarbeitete Fassung wird nun zeitnah mit Schüler:innen der Klassenstufe 10 evaluiert werden. Außerdem wird für den chemiespezifischen Teil, welcher sich aktuell noch in der Entwicklung befindet, ebenfalls ein Prototyp fertiggestellt, in einem Expertenrating getestet und gegebenenfalls überarbeitet werden, bevor dieser auch mit der Zielgruppe evaluiert werden kann.

Literatur

Ananiadou, K. & M. Claro (2009). 21st Century Skills and Competences for New Millennium Learners in OECD Countries. *OECD Education Working Papers*, No. 41, OECD Publishing, Paris. https://doi.org/10.1787/218525261154

Buckley, P., & Doyle, E. (2016). Gamification and student motivation. *Interactive Learning Environments, 24*(6), 1162-1175. https://doi.org/10.1080/10494820.2014.964263

Dictus, C., & Tiemann, R. (2021, 01.-02.07). Fostering Critical Thinking by a Gamification Approach. Paper presented at the *11th International Conference - The Future of Education (Virtual Edition)*. Proceedings published by Filodiritto Editore, Bologna, Italy, edited by Pixel, Florence, Italy, 366-370. https://doi.org/10.26352/F701_2384-9509

Ennis, R. H. (1987). A taxonomy of critical thinking dispositions and abilities. In J. B. Baron & R. J. Sternberg (Eds.), *Teaching thinking skills: Theory and practice* (pp. 9–26). W H Freeman/Times Books/ Henry Holt & Co, New York.

Ennis, R. H. (2011). Critical Thinking: Reflection and Perspective - Part I. *Inquiry - Critical Thinking Across the Disciplines, 26*(1), 4-18.

Ennis, R.H. (2018). Critical Thinking Across the Curriculum: A Vision. *Topoi, 37***,** 165–184. https://doi.org/10.1007/s11245-016-9401-4

European Union [EU] (2019). Key competencies for lifelong learning. *Education and Training,* Publications Office of the European Union, Luxembourg, 1-20. https://doi.org/10.2766/569540

Facione, P. A. (1990). Critical Thinking: A Statement of Expert Consensus for Purposes of Educational Assessment and Instruction - The Delphi Report, Executive Summary. *Insight Assessment*, San Jose CA, 1-21.

Kim, J. T., & Lee, W.-H. (2013). Dynamical model for gamification of learning (DMGL). *Multimedia Tools and Applications*, Springer (online), 1–11. https://doi.org/10.1007/s11042-013-1612-8

Kim, S., Song, K., Lockee, B., & Burton, J. (2018). *Gamification in Learning and Education Enjoy Learning Like Gaming,* Springer(online). https://doi.org/10.1007/978-3-319-47283-6

Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD] (2018). *The future of education and skills - Education 2030*, Paris.

Scherer, R., Meßinger-Koppelt, J., & Tiemann, R. (2014). Developing a computer-based assessment of complex problem solving in Chemistry. *International Journal of STEM Education, 1*(2), 15.

Tiemann, R., & Annaggar, A. (2020). A framework for the theory-driven design of digital learning environments (FDDLEs) using the example of problem-solving in chemistry education. *Interactive Learning Environments*, 1-14. https://doi.org/10.1080/10494820.2020.1826981

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

Erste empirische Ergebnisse zum Einsatz digitaler Materialien im Flipped Classroom zur E-Lehre und Optik

Flipped Classroom bezeichnet eine aus Amerika stammende und für den schulischen Kontext entwickelte Unterrichtsmethode (Johnson et al. 2015), bei der die Lernendenzentrierung und die aktive Gestaltung von Lernprozessen unter dem Einsatz digitaler Medien im Mittelpunkt stehen (Lento 2015; Abeysekera & Dawson 2015; Bishop & Verleger 2013; Duxbury et al. 2016). Ziel ist es, durch eine digital aufbereitete Lernumgebung die sonst übliche Aufteilung der Wissensvermittlung im Unterricht und der Intensivierung der Lerninhalte zu Hause miteinander zu vertauschen, um so die Unterrichtszeit vermehrt für kooperative Lernphasen in Kleingruppen zu nutzen, z.B. zur Vertiefung der Inhalte oder dem Experimentieren (Bergmann & Sams, 2012; Lage et al. 2000). Dazu werden im Flipped Classroom typischerweise Lernvideos zur Informationsvermittlung zeitlich vor dem Unterricht eingesetzt. Mit ihnen erarbeiten sich die Schüler:innen selbstständig wichtige Lerninhalte in ihrem individuellen Lerntempo und bereiten sich so auf die nächste Unterrichtsstunde vor. Das Intensivieren bzw. Experimentieren in der anschließenden Präsenzzeit ergibt allerdings nur Sinn, wenn die Lerninhalte auch verstanden wurden. Um eine Brücke zwischen dem digitalen Selbstlernprozess und der anschließenden Präsenzzeit zu schlagen, sollten die Schüler:innen nach Al-Samarraie et al. (2019) deshalb bereits in der Vorbereitungsphase oder spätestens zu Beginn des Unterrichts die Möglichkeit haben, ihr Wissen in interaktiven Aufgaben bzw. Quizfragen anzuwenden. Diese Idee findet sich auch im Inverted Classroom Mastery Model wieder, in dem formative E-Assessments, so genannte „Mastery Worksheets“, eingesetzt werden (Handke, 2014). Außerdem sollte es zu Beginn des Unterrichts Raum geben, um Fragen und Probleme der Schüler:innen gemeinsam zu diskutieren (Al-Samarraie et al., 2019). Dazu bietet sich beispielsweise eine Think-Pair-Share-Phase (Lyman, 1981) an. Aus diesen Überlegungen leiteten wir das in Abb. 1 skizzierte Ablaufschema für eine Unterrichtseinheit im Flipped Classroom ab.

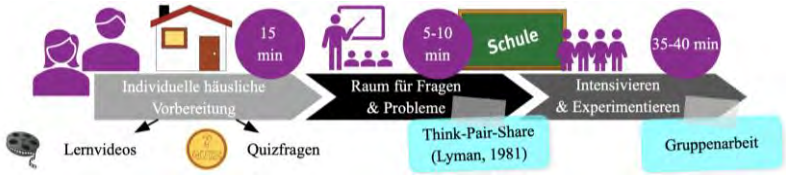


Abb. 1 Ablaufschema für eine Unterrichtseinheit im Flipped Classroom

Ausgehend von dem dargestellten Modell wurden für den Physikunterricht der Sekundarstufe I in den Themenbereichen E-Lehre und Optik im Sinne eines Design-Based-Researches (kurz: DBR) forschungsbasierte und praxisorientierte Lehrgänge konzeptioniert, in ersten Interventionen erprobt und weiterentwickelt. Die in der Praxis häufig beobachteten Probleme eines unzureichenden konzeptionellen Verständnisses und zu gering ausgeprägter experimenteller Kompetenzen bei den Schüler:innen auch nach einer formalen Instruktion, stellen im Projekt die Ausgangspunkte der DBR-Zyklen dar. Als besonders lernförderlich haben sich in diesem Zusammenhang die beiden Unterrichtskonzeptionen des Elektronengasmodells (Burde, 2018) in der E-Lehre und des Sender-Strahlungs-Empfänger-Konzepts (Haagen-Schützenhöfer et al., 2017) in der Optik erwiesen und wurden deshalb bei der Gestaltung der neuen Unterrichtsmaterialien als Grundlage genutzt. Mit Hilfe des SAMR-

Modells (Puentedura, 2006) erfolgte zunächst eine Kategorisierung auf vier Ebenen, um zu entscheiden, wie durch eine Digitalisierung der Unterrichtsmaterialien ein Mehrwert gegenüber den traditionellen Materialien erreicht werden kann. Anschließend wurden unter Berücksichtigung weiterer Lerntheorien wie beispielsweise der Cognitive Load-Theory (Sweller et al., 2011), der kognitiven Theorie des multimedialen Lernens (Mayer, 2014) oder auch des integrativen Modells des Text- und Bildverständnisses (Schnotz & Bannert, 2003) Animationen, Lernvideos, interaktive Quizfragen, Bildschirmexperimente und Simulationen entwickelt. Der Erwerb fachlicher Inhalte wurde im Sinne des 5E Modells (Bybee, 2006 & 2009) an eigenständige naturwissenschaftliche Untersuchungen gekoppelt, um so ein forschend entdeckendes Lernen nach dem idealisierten Forschungszyklus nach Abels et al. (2014) zu ermöglichen. Auf diese Weise entstanden Lernumgebungen, in denen die sieben Teilfacetten experimenteller Kompetenzen nach dem Modell von Nawrath et al. (2011) möglichst vielfältig gefördert und trainiert werden können. Die insgesamt resultierenden Lehrgänge zur E-Lehre und Optik umfassen jeweils zwölf aufeinander aufbauende Unterrichtseinheiten, die sowohl im traditionellen Unterricht als auch im Flipped Classroom eingesetzt werden können. Details zur Entwicklung der Unterrichtseinheiten finden sich bei Lutz et al. (2020) bzw. Lutz et al. (2021).

Ergebnisse zweier Erhebungen

Im Schuljahr 2019/20 wurden die Unterrichtsmaterialien zur E-Lehre innerhalb eines Flipped Classrooms mit n = 296 Schüler:innen in 13 Klassen der 8. Jahrgangsstufe an sieben bayerischen Gymnasien eingesetzt, um die im Rahmen der häuslichen Vorbereitung verwendeten Materialien zu pilotieren, d.h. wie die Schüler:innen die Lernvideos nutzen, wie sie deren Länge und Verständlichkeit einschätzen und wie die Schwierigkeiten der Quizfragen zu bewerten sind (IRT-skaliert & Selbsteinschätzung). Im Schuljahr 2020/21 folgte eine weitere Untersuchung im gleichen Design zu den Optikmaterialien, an der n = 347 Schüler:innen in 15 Klassen der 8. Jahrgangsstufe an fünf bayerischen Gymnasien teilnahmen.
Durchschnittlich haben die Schüler:innen in der E-Lehre 8,6 (median = 10, sd = 3,7) und in der Optik 8,6 (median = 10, sd = 3,6) Lernvideos betrachtet. In Tab. 1 wird pro Einheit der Anteil der Schüler:innen dargestellt, die in der häuslichen Vorbereitungsphase auf die Lernvideos zugegriffen haben. Farblich hervorgehoben sind die coronabedingten Wechsel zwischen Präsenz- und Distanzunterricht. In beiden Interventionen lässt die Bereitschaft der Vorbereitung auf die nächste Unterrichtsstunde mittels Lernvideos über die Zeit nach. In den letzten beiden Einheiten der E-Lehre haben ein paar Lehrkräfte die zugehörigen Videos im Unterricht eingesetzt. Somit konnte von einigen Schüler:innen keine individuelle Bearbeitung registriert werden. Gründe für die Abnahme des Nutzungsverhaltens über die Zeit könnten in der Abnahme des Neuigkeitseffekts (Kerres, 2001; Urhahne et al., 2000), den pandemiebedingten Wechseln oder den ausbleibenden Notenerhebungen liegen.

Einheit	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
E-Lehre	86%	84%	85%	82%	77%	76%	73%	69%	61%	63%	57%	49%
Optik	79%	79%	77%	76%	72%	77%	72%	66%	71%	67%	65%	64%

vollständiger Präsenzunterricht; teilweise Präsenz- und Distanzunterricht; vollständiger Distanzunterricht

Tab. 1 Nutzung der Lernvideos in der häuslichen Vorbereitung

In einer Korrelation mit Messwiederholung (kurz: KmM) ergibt sich für die zeitliche Entwicklung des Nutzungsverhaltens eine signifikante Abnahme mit einer kleinen Effektstärke, was eine gewisse Kontinuität im Nutzungsverhalten vermuten lässt (E-Lehre: $r=-0.33$, $p<0.01$ & Optik: $r=-0.33$, $p<0.01$). Um diesen Effekt genauer zu untersuchen, wurde die Anzahl der betrachteten Lernvideos pro Schüler:in ermittelt (siehe Tab. 2). Es zeigt sich, dass mehr als die Hälfte der Schüler:innen die Lernvideos umfangreich, ungefähr ein Drittel teilweise und ca. 12 % der Schüler:innen kaum oder gar nicht nutzten.

	E-Lehre			
Betrachtete Lernvideos	0 - 3	4 - 6	7 - 9	10 - 12
Anteil	12 %	13 %	20 %	55 %

	Optik			
Betrachtete Lernvideos	0 - 3	4 - 6	7 - 9	10 - 12
Anteil	12 %	14 %	18 %	56 %

Tab. 2 Anzahl der betrachteten Lernvideos pro Schüler:in

Zu lange Lernvideos können sich negativ auf das Nutzungsverhalten auswirken, da sie eventuell vorzeitig abgebrochen oder gar nicht erst angeschaut werden. Schön & Ebner (2013) empfehlen deshalb Längen zwischen 2 und 5 Minuten, wobei bei zu kurzen Videos die Gefahr besteht, Inhalte zu oberflächlich zu thematisieren. In den Interventionen hatten die Lernvideos (ohne Intro & Outro) eine durchschnittliche Länge von 5:55 min (E-Lehre) und 7:06 min (Optik). Die Schüler:innen bewerteten die Videolängen über eine dreistufige Likert-Skala unmittelbar nach den Lernvideos. Dabei zeigt sich eine hohe Akzeptanz der Videolängen (siehe Tab. 3 links), wobei sich aus einer KmM zwischen der Videolänge und der Bewertung der Länge ableiten lässt, dass die Schüler:innen kürzere Videos präferieren (E-Lehre: $r=-29$, $p<0.01$ & Optik: $r=-0.24$, $p<0.01$). Da die Effektstärken klein sind, können aber auch die längeren Videos als passend angesehen werden. Die wahrgenommene Verständlichkeit der Lernvideos wurde über eine vierstufige Likert-Skala eruiert und kann insgesamt als hoch eingestuft werden (Tab. 3 rechts). In einer KmM nimmt die Bewertung der Verständlichkeit über die Lerneinheiten mit einer kleinen Effektstärke ab (E-Lehre: $r=-0.3$, $p<0.01$ & Optik: $r=-0.29$, $p<0.01$), wobei sich gleichzeitig die Komplexität der aufeinander aufbauenden Lerneinheiten mit der Zeit sukzessive steigert.

	Die Länge des Lernvideos war …		
	zu kurz	genau richtig	zu lang
E-Lehre	3 %	76 %	21 %
Optik	3 %	68 %	29 %

	Wie hast du die Inhalte des Lernvideos verstanden?			
	gar nicht	nur teilweise	ganz gut	vollständig
E-Lehre	1 %	17 %	53 %	29 %
Optik	1 %	15 %	51 %	33 %

Tab. 3 Beurteilung der Länge und des Verständnisses der Lernvideos

Nach den Lernvideos kamen unter anderem Quizfragen im Multiple Choice Format zum Einsatz, um zunächst einfachere Lernzielniveaus (Erinnern & Verstehen) zu adressieren. Das Erreichen höherer Lernziele (Anwenden, Analysieren, Beurteilen & Schaffen) wird im Flipped Classroom erst während der Präsenzzeit intendiert (Lundin et al., 2018; Zainuddin & Halili, 2016). Die in Abb. 2 mittels Rasch-Skalierung ermittelten Aufgabenschwierigkeiten bestätigen, dass die Schüler:innen die Inhalte aus den Lernvideos unmittelbar anwenden konnten und die Aufgabenformate somit für die angestrebten Lernziele geeignet waren. Dieses Bild wird auch durch eine Selbsteinschätzung bestätigt, in der 74 % (E-Lehre) bzw. 79 % (Optik) der Schüler:innen angaben, mit den meisten oder sogar allen Quizfragen zurechtgekommen zu sein. Am Ende jeder Einheit wurden außerdem noch die für die Bearbeitung benötigte Zeit (E-Lehre: μ=16:12 min & Optik: μ=15:20 min) erfragt und das situationale Interesse (adaptiert nach Habig, 2017) erfasst. In einer KmM nimmt dieses in beiden Interventionen mit geringen Effektstärken über die Zeit ab (E-Lehre: $r=-0.33$, $p<0.01$ & Optik: $r=-0.18$, $p<0.01$).

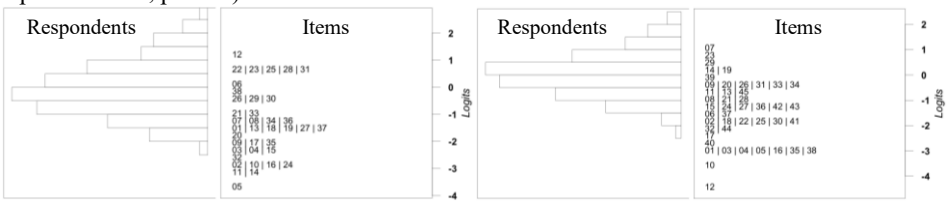


Abb. 2 Wright Map zur Schwierigkeit der Quizfragen (links: E-Lehre, rechts: Optik)

Insgesamt zeigen sich in beiden Interventionen sehr ähnliche Effekte, so dass die Grundvoraussetzung für eine Vergleichsstudie im Cross-Over-Design mit dem Ziel, die Entwicklung experimenteller Kompetenzen und des konzeptionellen Verständnisses zwischen dem Flipped Classroom und dem konventionellen Unterricht zu untersuchen, gegeben scheint.

Literatur

Abels, S., Lautner, G. & Lembens, A. (2014). Mit „Mysteries“ zu Forschendem Lernen im Chemieunterricht. Chemie & Schule, 29(3), 20-21.

Abeysekera, L. & Dawson, P. (2015). Motivation and cognitive load in the flipped classroom: definition, rationale and a call for research. Higher Education Research & Development, 34(1), 1–14.

Al-Samarraie, H.; Shamsuddin, A. & Alzahrani, A. I. (2019). A flipped classroom model in higher education: a review of the evidence across disciplines. Educational Technology Research and Development, 1–35.

Bergmann, J. & Sams, A. (2012). Flip your classroom. Reach every student in every class every day. Eugene: ISTE/ASCD.

Bishop, J. L. & Verleger, M. A. (2013). The flipped classroom: A survey of the research. 120th ASEE Annual Conference & Exposition. Atlanta.

Burde, J.-P. (2018). Eine Einführung in die Elektrizitätslehre mit Potenzial. Link: www.einfache-elehre.de

Bybee, R. W., Taylor, J. A., Gardner, A., Van Scotter, P., Carlson Powell, J., Westbrook, A. & Landes, N. (2006). The BSCS 5E Instructional Model: Origins and Effectiveness.

Bybee, R. W. (2009). The BSCS 5E instructional model and 21st century skills. Washington, DC: National Academies Board on Science Education.

Duxbury, T.; Gainor, M. & Trifts, J. (2016). Increasing active learning in accounting and finance by flipping the classroom. Journal of the Academy of Business Education, 17, 35–51.

Haagen-Schützenhöfer, C., Fehringer, I., Rottensteiner, J. (2017). Optik für die Sekundarstufe I.

Habig, S. (2017). Systematisch variierte Kontextaufgaben und ihr Einfluss auf kognitive und affektive Schülerfaktoren. Berlin: Logos.

Handke, J. (2014). The inverted classroom mastery model-A diary study. In E.-M. Großkurth & J. Handke (Hrsg.), The inverted classroom model: The 3rd German ICM-conference proceedings. Oldenburg: De Gruyter.

Johnson, L.; Adams Becker, S.; Estrada, V. & Freeman, A. (2015). NMC Horizon Report: 2015 Higher Education Edition. Deutsche Ausgabe. The New Media Consortium. Austin, Texas.

Kerres, M. (2001). Multimediale und telemediale Lernumgebungen. Konzeption und Entwicklung. Oldenbourg, München.

Lage, M. J.; Platt, G. J. & Treglia, M. (2000). Inverting the Classroom: A gateway to creating an inclusive learning environment. The Journal of Economic Education, 31(1), 30–43.

Lento, C. (2015). Promoting active learning in introductory financial accounting through the flipped classroom design. Journal of Applied Research in Higher Education, 8(1), 72–87.

Lundin, M.; Bergviken-Rensfeldt, A.; Hillman, T.; Lantz-Andersson, A. & Peterson, L. (2018). Higher education dominance and siloed knowledge: a systematic review of flipped classroom research. International Journal of Edcuational Technology in Higher Education, 15, 1–30.

Lutz, W., Burde, J.P., Wilhelm, T. & Trefzger, T. (2020). Digitale Unterrichtsmaterialien zum Elektronengasmodell. In: PhyDid B.

Lutz, W., Haase, S., Burde, J.P., Wilhelm, T. & Trefzger, T. (2021). Ein interaktiver Lehrgang zur geometrischen Optik auf tet.folio. 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.

Mayer, R. E. (2014). Cognitive Theory of Multimedia Learning. In R. E. Mayer (Hrsg.), The Cambridge Handbook of Multimedia Learning (2. Aufl., S. 43–71). New York: Cambridge University Press.

Nawrath, D., Maiseyenka, V. & Schecker, H. (2011). Experimentelle Kompetenz – Ein Modell für die Unterrichtspraxis. In: PdN PHYSIK in der Schule. Heft 6 Jahrgang 60: S. 42-49.

Puentedura, R. (2006). Transformation, technology, and education. Link: http://hippasus.com/resources/tte/ (Stand 5/2021).

Schnotz, W. & Bannert, M. (2003). Construction and interference in learning from multiple representation. Learning and Instruction, 13 (2), 141–156. doi:10.1016/S0959-4752(02)00017-8

Schön, S. & Ebner, M. (2013). Gute Lernvideos … so gelingen Web-Videos zum Lernen! Online zugänglich unter: http://bimsev.de/

Sweller, J., Ayres, P. & Kalyuga, S. (2011). Cognitive Load Theory. New York: Springer.

Urhahne, D.; Prenzel, M.; von Davier, M.; Senkbeil, M.; Bleschke, M.(2000). Computereinsatz im naturwissenschaftlichen Unterricht – Ein Überblick über die pädagogisch-psychologischen Grundlagen und ihre Anwendung. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 6:167–186.

Zainuddin, Z. & Halili, S. H. (2016). Flipped classroom research and trends from different fields of study. International Review of Research in Open and Distributed Learning, 17(3), 313–340.

Lars Greitemann[1] [1]Technische Universität Dortmund
Insa Melle[1]

Tablet-gestütztes Lernen im Chemieunterricht – Erklärvideo vs. Aufgaben

Einleitung

Mit der zunehmenden Verbreitung von digitalen Endgeräten ändern sich sowohl alltägliche als auch berufliche Anforderungen, weshalb Schüler*innen lernen müssen, digitale Medien sinnvoll und verantwortungsbewusst zu nutzen (Hanekamp, 2014). Daher erlangen insbesondere Tablets eine große Bedeutung im Unterricht (Aufenanger & Bastian, 2017). Einerseits können Tablets bewährte Formate, wie die Bearbeitung von Aufgaben durch ein direktes Feedback erweitern (van der Kleij et al., 2015). Andererseits sind neue Formate, wie die Erstellung von Erklärvideos durch die Schüler*innen, möglich (Kulgemeyer & Wolf, 2016).

Theoretische Fundierung

Hinsichtlich eines multimedialen Lernens lassen sich verschiedene lernpsychologische Ansätze heranziehen, insbesondere die *Cognitive Theory of Multimedia Learning* (Mayer, 2009, 2014) und die *Cognitive Load Theory* (Sweller et al., 2011). Beide Theorien gehen davon aus, dass das Arbeitsgedächtnis eine begrenzte Kapazität aufweist und diese möglichst effizient für das Lernen genutzt werden sollte. Als Konsequenz lassen sich empirisch belegte Gestaltungsprinzipien für ein multimediales Lernen formulieren, z. B. das Einbinden von auditiven Informationen durch eine menschliche Stimme anstatt einer Computerstimme. Aktuelle Meta-Studien zum Einsatz digitaler Medien zeigen, dass sich diese positiv auf die Lernleistung und die Motivation auswirken (Hillmayr et al., 2020; Liao & Lai, 2017).

Digitale Medien können die Aufgabenbearbeitung erweitern. Sprachliche und bildliche Informationen können direkt kombiniert werden, was zu einer Vielzahl an neuen Aufgabenformaten führt (Mayer, 2009). Der größte Vorteil einer digital-gestützten Aufgabenbearbeitung ist jedoch die Integration eines direkten, individualisierten und formativen Feedbacks (van der Kleij et al., 2015). Die Risiken bei der Bearbeitung von Aufgaben mit Hilfe digitaler Medien liegen zum einen in einer erhöhten kognitiven Belastung (Sweller et al., 2011). Zum anderen besteht die Gefahr, dass die Lernenden durch ein Überfliegen der Aufgaben diese lediglich oberflächlich bearbeiten (Girwidz & Hoyer, 2021). Bei Betrachtung aktueller Forschungen zeigen sich positive Effekte digitaler Aufgabenformate auf die Lernleistung der Lernenden (Hillmayr et al., 2020). Darüber hinaus wird deutlich, dass computerbasiertes Feedback effektiver ist als analoges Feedback (Hattie & Timperley, 2007), wobei ein elaboriertes Feedback die größte Effektivität aufweist (van der Kleij et al., 2015).

Der Einsatz digitaler Medien im Unterricht ermöglicht außerdem die Erstellung und den Einsatz von Erklärvideos. Die didaktischen Funktionen von Erklärvideos unterscheiden sich je nachdem, wer das Video produziert und wer es rezipiert: Zum Beispiel können Schüler*innen Erklärvideos erstellen, um ein Thema zu vertiefen und die Lehrkraft kann diese Videos zur pädagogische Diagnostik verwenden (Kulgemeyer & Wolf, 2016). Aktuelle Untersuchungen bezüglich der Erstellung von Erklärvideos durch die Schüler*innen zeigen, dass sich dadurch die Transferleistung der Lernenden signifikant erhöht (Hoogerheide et al., 2014) und auch Lehrkräfte positive Effekte wahrnehmen (Seibert et al., 2019).

Forschungsziel
Vor diesem Hintergrund wird eine digitale Lernumgebung für den Chemieanfangsunterricht entwickelt und evaluiert. Im Rahmen dieses Projektes wird außerdem eine digital-gestützte Aufgabenbearbeitung mit der Erstellung von Erklärvideos durch Schüler*innen verglichen. Die Evaluation erfolgt hinsichtlich des Fachwissens, der kognitiven Belastung der Lernenden, der Attraktivität und Benutzerfreundlichkeit der Unterrichtsmaterialien sowie des Arbeits- und Nutzungsverhaltens der Schüler*innen.

Forschungsdesign
Zur Erreichung des Forschungsziels wurde folgendes Forschungsdesign entwickelt. Die Studie wird im Rahmen eines Projekttages an Gesamtschulen durchgeführt. Eine Woche vor dem Projekttag schreiben die Schüler*innen Pre-Tests: Dabei werden die kognitiven Fähigkeiten durch den CFT 20-R (Weiß, 2006) und das fachliche Vorwissen durch einen Fachwissenstest (20 Multiple-Choice-Items, adaptiert nach Baumann & Melle (2019), ergänzt durch neun offene Items) erhoben (α_{MC} = .772, α_{offen} = .804). Weiterhin werden Fragebögen zum sozioökonomischen Status (Torsheim et al., 2016) und zum schulischen Selbstkonzept in Chemie und Mathematik (Rost et al., 2007) eingesetzt.

Für den Projekttag erfolgt auf Basis des fachlichen Vorwissens und der kognitiven Fähigkeiten eine Parallelisierung der Klasse in die beiden Interventionsgruppen. Während der Erarbeitungsphase arbeiten die Schüler*innen beider Gruppen in Einzelarbeit an denselben Unterrichtsmaterialien. Nach dieser Phase finden die Mid-Tests statt, bei dem das Fachwissen erneut erhoben wird. Außerdem werden die Attraktivität (Kieserling & Melle, 2019; α =.883) und Benutzerfreundlichkeit (Brooke, 2014; α =.798) der Materialien sowie die kognitive Belastung der Lernenden (Kieserling & Melle, 2019; Leppink et al., 2013; α =.886) ermittelt. Die anschließende Sicherungsphase erfolgt für die Lernenden beider Interventionsgruppen unterschiedlich: Die Schüler*innen der einen Gruppe erstellen eigene Erklärvideos, während die Schüler*innen der anderen Gruppe Aufgaben auf den iPads bearbeiten. Dabei arbeiten die Lernenden beider Gruppen in einer kooperativen Partnerarbeit. Der Projekttag wird mit den Post-Tests abgeschlossen, bei denen die gleichen Fragebögen eingesetzt werden wie bei den Mid-Tests. Etwa drei Wochen nach dem Projekttag wird der Fachwissenstest als Follow-Up-Test durchgeführt. Um die Aktivitäten der Lernenden detaillierter analysieren zu können, werden Bildschirm- und Videoaufzeichnungen angefertigt.

Entwickelte Unterrichtsmaterialien
Die entwickelten Unterrichtsmaterialien beschäftigen sich inhaltlich mit der Einführung in das Basiskonzept *Chemische Reaktion*. Dabei werden folgende Schwerpunkte thematisiert: Chemische Reaktionen, Reaktionsgleichungen, Physikalische Vorgänge und Oxidbildungen. Für die Erstellung der Unterrichtsmaterialien konnte auf eine Laptop-basierte Lernumgebung aus einem Vorgängerprojekt (Baumann & Melle, 2019) zurückgegriffen werden.

Für die Erarbeitungsphase wurden die Inhalte der Laptop-basierten Lernumgebung für die Nutzung auf iPads modifiziert. Es entstand ein interaktives *iBook*, welches die Gestaltungsprinzipien von Mayer (2014) und Sweller et al. (2011) berücksichtigt. Die Inhalte eines jeden fachlichen Schwerpunktes wurden für das *iBook* in drei Niveaustufen differenziert, welche von den Schüler*innen durch eine Selbsteinschätzung ausgewählt werden können. Ein Wechsel zwischen den einzelnen Niveaustufen ist jederzeit möglich. Weiterhin wurde

eine interaktive Informationsdarbietung realisiert, indem die Inhalte zum Beispiel durch kurze Videosequenzen, interaktive Bilder oder Animationen dargestellt sind. Für die Schüler*innen besteht außerdem die Möglichkeit, sich die Texte der Lernumgebung vorlesen zu lassen. Im Anschluss an den Informationsinput bearbeiten die Lernenden vier Experimente. Diese werden in der Lernumgebung in Form von Text-, Bild- und Videoanleitungen präsentiert und anschließend von den Lernenden durchgeführt. Die Dokumentation erfolgt durch das Erstellen von Fotos (Vorher-Nachher-Vergleich) und eine schriftliche Fixierung in der Lernumgebung. Bei der Auswertung des jeweiligen Experiments wird eine geschlossene und eine offene Frage von den Schüler*innen beantwortet. Dazu erhalten die Lernenden ein direktes Feedback (Musterlösung).

Die Materialien der Sicherungsphase unterscheiden sich für beide Interventionsgruppen. Bei den Schüler*innen der Erklärvideo-Gruppe wird die Screencast-basierte App *doceri* (SP Controls, 2020) benutzt. Als Motivation erhalten die Schüler*innen einen WhatsApp-Verlauf: Ein*e Mitschüler*in macht ein Austauschjahr in den USA, versteht dort die Themenschwerpunkte aus der Erarbeitungsphase nicht und bittet die Schüler*innen um ein Erklärvideo. Insgesamt wird diese Phase durch eine Schrittfolge strukturiert, welche für die Lernenden transparent ist: In einem ersten Schritt schauen sich die Schüler*innen ein Erklärvideo zum Thema „Wie erstelle ich ein Erklärvideo?“ an, bevor sie sich zunächst in Einzelarbeit und anschließend in Partnerarbeit nochmals mit den Inhalten aus der Erarbeitungsphase auseinandersetzen. Im dritten Schritt erfolgt die Erstellung eines Story-Boards in Partnerarbeit, wofür die Schüler*innen eine Vorlage erhalten. In der abschließenden Phase wird das Video auf dem iPad umgesetzt (Partnerarbeit). Für diese Phase steht eine schriftliche Anleitung zur Bedienung der App zur Verfügung.

Die Schüler*innen der Aufgaben-Gruppe bearbeiten in der Sicherungsphase in einem weiteren *iBook* Aufgaben zu den vier Schwerpunkten der Erarbeitungsphase und erhalten dazu ein direktes und elaboriertes Feedback. Auch hier erfolgt eine Strukturierung durch eine Schrittfolge, welche für die Schüler*innen visualisiert wird: Die Lernenden der Aufgaben-Gruppe schauen sich zunächst ein Erklärvideo an, bei dem die Strukturierung der Arbeitsphase vorgestellt wird. Anschließend werden die vier Themenschwerpunkte nacheinander behandelt. Bei jedem Schwerpunkt bearbeiten die Schüler*innen zunächst einfache Aufgaben in Einzelarbeit, um in der anschließenden Partnerarbeitsphase offene Fragen zu klären und weiterführende, komplexere Aufgaben zu bearbeiten. Die hier eingesetzten Aufgaben konnten teilweise aus der Lernumgebung des Vorgängerprojektes (Baumann & Melle, 2019) übernommen werden, weitere Aufgaben wurden ergänzt. Durch die Einbindung eines direkten Feedbacks, können die Lernenden ihre Antworten direkt korrigieren.

Ausblick

Die Unterrichtsmaterialien wurden bereits in zwei Pilotierungen erprobt und optimiert. Aktuell erfolgt die Hauptuntersuchung, bei der die entwickelten Materialien mit einer größeren Stichprobe ($N \approx 150$) evaluiert werden. Die Evaluation erfolgt hinsichtlich des Fachwissenszuwachses, der Attraktivität und Benutzerfreundlichkeit der Materialien sowie der kognitiven Belastung der Lernenden. Zudem werden die Bildschirm- und Videodaten detailliert ausgewertet (z. B. Nutzung der Funktionen der Lernumgebung aus der Erarbeitungsphase, Qualität der erstellten Erklärvideos, Nutzung von Feedback- und Korrektur-Schleifen bei der Aufgaben-Gruppe, Arbeitsverhalten in der kooperativen Sicherungsphase).

Literatur

Aufenanger, S., & Bastian, J. (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 (pp. 1–11). Springer VS

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 (pp. 189–194). Taylor and Francis

Girwidz, R., & Hoyer, C. (2021). Didaktische Aspekte zum Einsatz digitaler Medien - Leitlinien zum Lehren mit Multimedia. In J. Meßinger-Koppelt & J. Maxton-Küchenmeister (Eds.), Naturwissenschaften digital: Toolbox für den Unterricht. Band 1 (pp. 6–24). Joachim Herz Stiftung Verlag

Hanekamp, G. (2014). Zahlen und Fakten: Allensbach-Studie 2013 der Deutschen Telekom Stiftung. In J. Maxton-Küchenmeister & J. Meßinger-Koppelt (Eds.), Digitale Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht (pp. 21–28). Joachim-Herz-Stiftung Verlag

Hattie, J., & Timperley, H. (2007). The Power of Feedback. Review of Educational Research, 77(1), 81–112.

Hillmayr, D., Ziernwald, L., Reinhold, F., Hofer, S. I., & Reiss, K. M. (2020). The potential of digital tools to enhance mathematics and science learning in secondary schools: A context-specific meta-analysis. Computers & Education, 153

Hoogerheide, V., Loyens, S. M., & van Gog, T. (2014). Effects of creating video-based modeling examples on learning and transfer. Learning and Instruction, 33, 108–119

Kieserling, M., & Melle, I. (2019). An experimental digital learning environment with universal accessibility. Chemistry Teacher International, 1(2), 1–9

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

Liao, Y.-K. C., & Lai, W.-C. (2017). Meta-analyses of Large Scale Datasets: A Tool for Assessing the Impact of Information and Communication Technology in Education. In R. Latiner Raby & E. J. Valeau (Eds.), Springer International Handbooks of Education. Handbook of Comparative Studies on Community Colleges and Global Counterparts (Vol. 21, pp. 1–17). Springer International Publishing

Mayer, R. E. (2009). Multimedia learning (2nd ed.). Cambridge University Press

Mayer, R. E. (2014). Cognitive Theory of Multimedia Learning. In R. E. Mayer (Ed.), Cambridge handbooks in psychology. The Cambridge Handbook of Multimedia Learning (pp. 43–71). Cambridge University Press

Rost, D. H., Sparfeldt, J. R., & Schilling, S. R. (2007). DISK-Gitter mit SKSLF-8: Differentielles Selbstkonzept-Gitter mit Skala zur Erfassung des Selbstkonzepts schulischer Leistungen und Fähigkeiten. Hogrefe

Seibert, J., Kay, C. W. M., & Huwer, J. (2019). EXPlainistry: Creating Documentation, Explanations, and Animated Visualizations of Chemistry Experiments Supported by Information and Communication Technology To Help School Students Understand Molecular-Level Interactions. Journal of Chemical Education, 96(11), 2503–2509

SP Controls, I. (2020). doceri. https://doceri.com/

Sweller, J., Ayres, P., & Kalyuga, S. (2011). Cognitive Load Theory (1st ed.). Explorations in the Learning Sciences, Instructional Systems and Performance Technologies: Vol. 1. Springer New York

Torsheim, T., Cavallo, F., Levin, K. A., Schnohr, C., Mazur, J., Niclasen, B., & Currie, C. (2016). Psychometric Validation of the Revised Family Affluence Scale: A Latent Variable Approach. Child Indicators Research, 9, 771–784

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

Franziska Klautke[1] [1]Universität Duisburg-Essen
Heike Theyßen[1]

Unterstützungsangebote zu Experimenten im inklusiven Physikunterricht

Hintergrund

Der gemeinsame Unterricht für Schülerinnen und Schüler mit und ohne Förderbedarf an allgemeinbildenden Schulen ist in Deutschland fest verankert (KMK, 2011; Bundesregierung, 2018). Hinzu kommt, dass auch die Schülerinnen und Schüler ohne diagnostizierten Förderbedarf in vielfacher Hinsicht heterogene Lernvoraussetzungen, wie beispielsweise unterschiedliche Begabungen, Vorkenntnisse oder sprachliche Voraussetzungen, mitbringen (Bönsch, 2012). Um dieser Heterogenität gerecht zu werden, müssen auch im Physikunterricht alle Lernenden entsprechend ihrer individuellen Bedürfnisse optimal gefördert werden und Zugang zu den Lerninhalten erlangen. Unterricht und Lernmaterialien sollten so gestaltet werden, dass Barrieren möglichst reduziert werden. Eine Möglichkeit dafür bietet das Universal Design for Learning (Meyer et. al., 2014). Bezogen auf heterogene Lerngruppen ergeben sich für den Physikunterricht durch das Experimentieren besondere Herausforderungen und neue Barrieren.

Experimentieren im Physikunterricht unter Einbezug des Universal Design for Learning

Das Experimentieren bestimmt einen erheblichen Anteil der Unterrichtszeit im Physikunterricht (Börlin, 2012) und kann vielfältige Ziele verfolgen (Kircher et. al., 2020). Vereinfacht kann zwischen Zielen unterschieden werden, die sich auf die Vermittlung von fachinhaltlichen bzw. fachmethodischen Kompetenzen beziehen. Einerseits sollen Lernende physikalische Inhalte, wie beispielsweise Konzepte oder Zusammenhänge mit Hilfe von Experimenten lernen, andererseits sollen sie durch das Experimentieren experimentelle Fähigkeiten erwerben. Hierzu gehören die Formulierung einer Fragestellung und einer darauf bezogenen Hypothese oder Erwartung, die Planung eines dazu passenden Experiments, der funktionsfähige Aufbau, die Durchführung und Dokumentation von Messungen und Beobachtungen, eine Aufbereitung der erhaltenen Daten sowie Schlussfolgerungen mit Bezug auf die Fragestellung (Nawrath et. al., 2011).

Damit auch in heterogenen Lerngruppen das Experimentieren für alle Schülerinnen und Schüler gelingt, sollten verschiedene Maßnahmen (Brauns & Abels, 2021) ergriffen werden. Die Lernenden sollten durch die Arbeitsmaterialien geführt werden, indem sie kognitive Unterstützung erfahren sowie in handlungsbasierten Aufgaben eine Hilfestellung bekommen. Ebenso können Aufgaben mit unterschiedlichen Öffnungs- oder Abstraktionsgraden lernförderlich sein (Braun & Abels, 2021).

Das Konzept des Universal Design for Learning (UDL) stellt einen Rahmen zur Planung inklusiven Lernmaterials bereit, um mögliche Barrieren im Unterricht zu reduzieren und eine Teilhabe aller Schülerinnen und Schüler zu erreichen (Meyer et. al., 2014). Das Konzept umfasst drei Prinzipien zu denen jeweils zahlreiche Checkpunkte zur Unterstützung des Zugangs, der Erarbeitung und der Internalisierung von Lerninhalten formuliert sind (Schlüter et. al., 2016). Zum Prinzip „Biete multiple Mittel der Repräsentation von Informationen“ können beispielsweise Erklärvideos, Symbole oder Tippkarten verwendet werden. Das zweite Prinzip „Biete multiple Mittel der Verarbeitung von Informationen und der Darstellung von Lernergebnissen“ umfasst zum Beispiel den Einbezug von Simulationen und das variable

Gestalten von Antwortformaten. Prinzip drei „Biete multiple Mittel der Förderung von Lernengagement und Lernmotivation“ schließt unter anderem das Gewähren von Autonomie mit ein sowie die Bereitstellung von Checklisten zur Visualisierung und das Bieten von Kontrolllösungen (Schlüter et. al., 2016). Zusammenfassend zielen zahlreiche UDL-Maßnahmen darauf ab, Schülerinnen und Schülern Wahlmöglichkeiten zu bieten und dadurch Barrieren abzubauen.

Entwicklungs- und Forschungsvorhaben

Das hier skizzierte Entwicklungs- und Forschungsvorhaben widmet sich der Frage, wie das Experimentieren in heterogenen Lerngruppen bei unterschiedlichen Zielsetzungen durch UDL-Maßnahmen unterstützt werden kann. Insbesondere für komplexe Lernumgebungen mit Experimenten ist noch wenig untersucht, inwieweit und unter welchen Bedingungen Schülerinnen und Schüler in der Lage sind, die für sie jeweils passenden Optionen auszuwählen.

In einer ersten Studie wurde eine Lernumgebung mit Experimenten zu fachinhaltlichen Lernzielen mit Unterstützungsangeboten entlang der UDL-Prinzipien entwickelt und mit zwei 6. Klassen einer Gesamtschule erprobt (Klautke & Theyßen, 2021). Fachlicher Gegenstand ist hier der elektrische Stromkreis. UDL-Maßnahmen sind in Form von Videohilfen, Lückentexten sowie Wahlangeboten bereitgestellt, die die Schülerinnen und Schüler nach eigenem Ermessen nutzen können.

Die Erfahrungen aus der Entwicklung und Erprobung fließen in eine Folgestudie ein, in der ebenfalls eine Lernumgebung entlang der UDL-Prinzipien entwickelt wird. Gegenstand ist hier jedoch die Förderung fachmethodischer Fähigkeiten, konkret der Fähigkeiten, Experimentiermaterial passend zu einer vorgegebenen Planung korrekt auszuwählen und das Experiment damit funktionsfähig aufzubauen.

Anhand dieser Lernumgebung sollen die Nutzung, Akzeptanz und Wirkung der nach UDL-Prinzipien implementierten Unterstützungsangebote beim Experimentieren untersucht werden. Dazu werden folgende Forschungsfragen betrachtet:

- F1: In welchem Umfang werden die Unterstützungsangebote von den Schülerinnen und Schülern genutzt?
- F2: In welcher Weise nutzen Schülerinnen und Schüler die Unterstützungsangebote?
- F3: Wie schätzen die Schülerinnen und Schüler die Aufgaben und Unterstützungsangebote bezüglich des Verständnisses und der Nutzung ein?
- F4: Erzielen die Schülerinnen und Schüler objektiv einen Fortschritt durch die Wahl der Unterstützungsangebote?

Entwicklung der Lernumgebung

Die Lernumgebung basiert auf Realexperimenten und einem digitalen Arbeitsheft, das mit Hilfe der Lehr-Lern-Plattform tet.folio (Haase et. al., 2021) entwickelt wurde und darüber bereitgestellt wird. Sie richtet sich an Schülerinnen und Schüler der 6. Klassenstufe an Gesamtschulen. Im Fokus der Lernumgebung steht das Experimentieren als Fachmethode, da die Lernenden Kompetenzen zum Auswählen von Experimentiermaterialien sowie zum Aufbauen von Experimenten erlernen sollen. Die Strukturierung der Lernumgebung orientiert sich an dem Basismodell Konzeptbilden (Krabbe et. al, 2015) und die Unterstützungsangebote sind entlang der UDL-Prinzipien erstellt.

Die Lernenden werden in dem digitalen Arbeitsheft durch zwei Protagonisten an die Experimentiersituation herangeführt. Diese geben neben der Fragestellung bereits eine

Grundidee und eine Skizze für das Experiment vor. Anschließend begleiten die Lernenden die Protagonisten Schritt für Schritt bei der Bearbeitung von Aufgaben zur Auswahl geeigneter Experimentiermaterialien und zum funktionsfähigen Aufbau sowie bei einem ersten Test des Aufbaus. Dabei stehen den Lernenden verschiedene Unterstützungsangebote, wie beispielsweise Erklärvideos oder Wortbausteine zur Verfügung. Im dritten Teil der Lernumgebung wird für die Materialauswahl und das funktionsfähige Aufbauen von Experimenten eine Checkliste in Form eines Flussdiagramms erstellt (vgl. Kempin, et. al., 2019). Die einzelnen Checkpunkte beziehen sich auf die zuvor bearbeiteten Aufgaben und verallgemeinern diese. Darüber hinaus verweist die Checkliste auf Unterstützungsangebote zu den einzelnen Schritten (Abb. 1). Im nächsten Abschnitt der Lernumgebung wenden die Lernenden die Checkliste auf eine neue Experimentiersituation in einem sehr ähnlichen Kontext an. Abschließend erhalten die Lernenden Aufgaben, die einen weiteren Transfer der erlernten Vorgehensweisen in andere inhaltliche Kontexte verlangen. Die Aufgaben und Unterstützungsangebote sind in das digitale Arbeitsheft eingegliedert, welches die Schülerinnen und Schüler im Verlauf der Bearbeitung ausfüllen. Parallel arbeiten sie mit realem Experimentiermaterial.

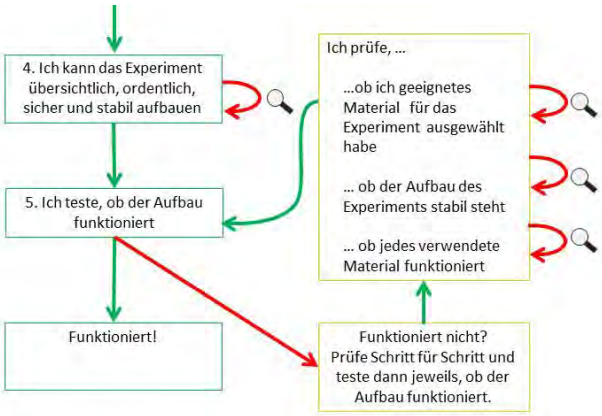


Abb. 1. Auszug aus der Checkliste

Geplante Erhebungen

Zur Beantwortung der Forschungsfragen soll die Lernumgebung von Schülerinnen und Schülern der 6. Klasse in Partnerarbeit bearbeitet werden. Um den Austausch zwischen den Schülerinnen und Schülern, die Handlungsabläufe und den Umgang mit dem Realexperiment analysieren zu können, wird der Bearbeitungsprozess per Videoaufnahme dokumentiert. Darüber hinaus werden über die Plattform tet.folio detaillierte Logdaten erhoben, die Auskunft über Zeitpunkt und Art der Interaktionen der Lernenden mit dem digitalen Arbeitsheft geben, z. B. die Antworten zu Aufgabenstellungen und der Zugriff auf Unterstützungsangebote. Basierend auf Videoaufnahmen und Logdaten kann der Nutzen sowie der Umgang mit den Unterstützungsangeboten analysiert werden (F1 und F2). Auch der objektive Nutzen der Unterstützungsangebote lässt sich daraus ableiten (F4). Um die Akzeptanz der Lernenden bezüglich der Arbeitsmaterialien zu erfassen, werden unmittelbar im Anschluss an die Bearbeitung Interviews mit den Lernenden geführt (F3).

Die Praktikabilität der Lernumgebung und die Erhebungsmethoden werden im ersten Schulhalbjahr 2021/22 im Rahmen einer Pilotierung untersucht und optimiert.

Literatur

Beauftragter der Bundesregierung für die Belange von Menschen mit Behinderung. (2018). Die UN-Behindertenrechtskonvention. Bonn

Brauns, S.; Abels, S. (2021). The framework of inclusive science education. Inclusive science education. Working Paper No. 1/2020 (2nd ed.). Leuphana University Lüneburg.

Bönsch, M. (2012). Heterogenität und Differenzierung. Gemeinsames und differenziertes Lernen in heterogenen Lerngruppen. In Grundlagen der Schulpädagogik, Bd. 67, 2, Baltmannsweiler: Schneider-Verlag Hohengehren.

Börlin, J. (2012). Das Experiment als Lerngelegenheit. Vom interkulturellen Vergleich des Physikunterrichts zu Merkmalen seiner Qualität. Berlin. In Niedderer, H.; Fischler, H.; Sumfleth, E., Studien zum Physik- und Chemielernen. Band 132.

Haase, S.; Sommerer, M.; Kirstein, J.; Nordmeier, V. (2021). tet.folio: Eine Online-Plattform für die Produktion innovativer Lehr-Lern-Angebote. In Phydid B – Didaktik der Physik – Beträge zur DPG-Frühjahrstagung 2021, S. 389-394

Kircher, E.; Girwidz, R.; Fischer, H. E. (2020). Physikdidaktik. 4. Aufl. Springer Spektrum

Kempin, M.; Meyer, K.; Schecker, H. (2019). Vom Diagramm zur Formel. Auswertung von Diagrammen im Physikunterricht – ein Lernarrangement für die Oberstufe. MNU Journal. Ausgabe 4, S. 279-283

Klautke, F.; Theyßen, H. (2021). Gemeinsames Lernen im Physikunterricht. Gestaltung eines differenzierten Lernangebots zu Stromkreisen. MNU Journal. Ausgabe 4, S. 286 – 294

Krabbe, H.; Zander, S.; Fischer, H. E. (2015). Lernprozessorientierte Gestaltung von Physikunterricht. Materialien zur Lehrerfortbildung. Waxmann Verlag.

Kultusministerkonferenz. (2011). Inklusive Bildung von Kindern und Jugendlichen mit Behinderungen an Schulen. Bonn

Meyer, A.; Rose, D. H.; Gordon, D. (2014). Universal design for learning. Theory and practice. Wakefield, MA: CAST Professional Publishing an imprint of CAST Inc.

Nawrath, D.; Maiseyenka, V; Schecker, H. (2011). Experimentelle Kompetenz – Ein Modell für die Unterrichtspraxis. Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule 60(6), S. 42-48

Schlüter, A. K.; Melle, I.; Wember, F.B. (2016). Unterrichtsgestaltung in Klassen des Gemeinsamen Lernens: Universal Design for Learning. Sonderpädagogische Förderung heute 61(3), S. 270-285

Brigitte Koliander[1] [1]Pädagogische Hochschule Niederösterreich
Elisabeth Hofer[2] [2]Leuphana Universität Lüneburg
Sandra Puddu[3] [3]Pädagogische Hochschule Wien

Deutungsmuster von MINT-Lehrpersonen zu Forschendem Lernen

Was hindert Lehrpersonen daran, Forschendes Lernen im naturwissenschaftlichen Unterricht (verstärkt) einzusetzen? Diese Frage beschäftigt uns seit mehreren Jahren, da immer wieder sichtbar wird, dass dieser Unterrichtsansatz, im naturwissenschaftlichen (Sach-)Unterricht an den österreichischen Schulen nach wie vor nur wenig bis gar nicht eingesetzt wird, obwohl Schritte Forschenden Lernens bereits seit vielen Jahren in den Lehrplänen, Kompetenzmodellen und Bildungsstandards verankert sind.

Theoretischer Hintergrund

Forschendes Lernen gilt als ein möglicher instruktionaler Ansatz, um den Erwerb von Scientific Literacy zu unterstützen (Barron & Darling-Hammond, 2010; Roberts & Bybee, 2014). Es geht dabei unter anderem darum, den Lernenden Wege naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung aufzuzeigen und diese Wege auch erfahrbar zu machen (z.B. Abrams et al., 2008). In großen europäischen fachdidaktischen Entwicklungs- und Forschungsprojekten wie TEMI, FIBONACCI, INQUIRE oder PROFILES wurde in den letzten Jahrzehnten an einer nachhaltigen Implementierung von Forschendem Lernen in den naturwissenschaftlichen Unterricht gearbeitet. Doch trotz dieser intensiven Bemühungen erfolgt die Umsetzung an den Schulen nur schleppend (z.B. Capps, Shemwell & Young, 2016; Crawford, 2014). Als mögliche Ursachen werden Vorstellungen und Einstellungen von Lehrpersonen zu Forschendem Lernen diskutiert. Diese können sich sowohl auf die Absichten zur Implementierung als auch auf die Implementierung selbst auswirken und diese negativ beeinflussen bzw. verhindern (Jones & Leagon, 2014). Eine grundlegende Untersuchung der Vorstellungen und Einstellungen von Lehrpersonen zu Forschendem Lernen erscheint daher als wichtiger Schritt, um diese zu erfassen und in Fortbildungsmaßnahmen angemessen adressieren zu können (z.B. Capps, Crawford & Constas, 2012; Hofer & Lembens, 2019).

Erster Forschungsschritt: Qualitative Inhaltsanalyse

Im Rahmen der Pilotierung eines Lehrgangs zum Forschenden Lernen an der Pädagogischen Hochschule Niederösterreich (siehe Abb. 1) wurden zwei semi-strukturierte Gruppendiskussionen durchgeführt (zu Beginn und am Ende des Lehrgangs), im Rahmen derer MINT-Lehrpersonen verschiedener Schulstufen und Schulformen zu ihren Vor- und Einstellungen zu Forschendem Lernen befragt wurden bzw. darüber diskutierten. Die beiden Diskussionen mit insgesamt zwölf teilnehmenden Lehrpersonen wurden auf Audio aufgezeichnet, vollständig transkribiert und anschließend mittels Qualitativer Inhaltsanalyse (Kuckartz, 2014) ausgewertet. Die Forschungsfragen für diesen ersten Auswertungsschritt lauteten: Welche Vorstellungen und Haltungen zu Forschendem Lernen haben die teilnehmenden Lehrpersonen vor bzw. nach deren Teilnahme am Hochschullehrgang? Welche Unterschiede zeigen sich zwischen den beiden Erhebungszeitpunkten?

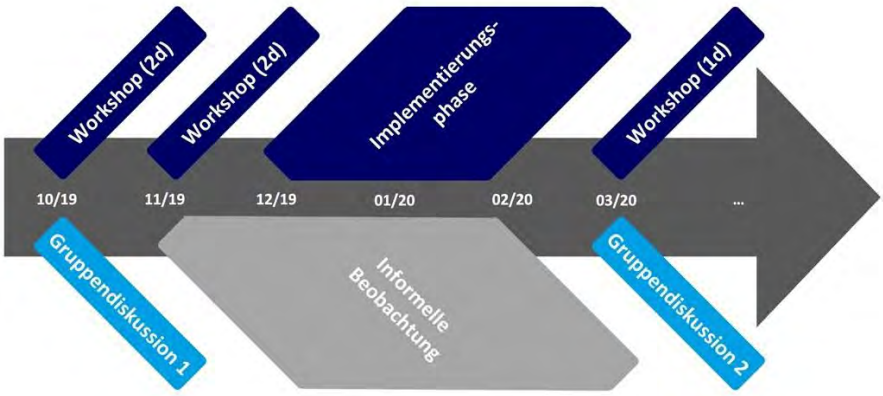


Abb. 1. Überblick über die Struktur und zeitliche Organisation des Hochschullehrgangs (verändert und übersetzt nach Hofer, Koliander & Puddu, 2021, S. 18)

Die Auswertung der Transkripte erfolgte angelehnt an deduktiv aus der Literatur entnommenen Kategorien (Abrams et al., 2008; Hofer, Abels & Lembens, 2018; Koliander, 2017), welche induktiv durch Subkategorien ergänzt wurden.
Die folgenden drei Hauptkategorien wurden im Rahmen der Analyse ausgewählt und durch Subkategorien präzisiert:

- Vorstellungen und Einstellungen zur Lernumgebung bei Forschendem Lernen
- Vorstellungen und Einstellungen zu den Zielen von Forschendem Lernen
- Vorstellungen und Einstellungen bezüglich Scaffolding beim Forschendem Lernen

Ergebnisse der Inhaltsanalyse

Die Ergebnisse der Analyse zeigten, dass die teilnehmenden Lehrpersonen die aus der Literatur bekannten Bedenken hinsichtlich der Implementierung Forschenden Lernens (z.B. DiBiase & McDonald, 2015; Wallace & Kang, 2004), vor allem zu Beginn des Lehrgangs, überwiegend teilten. Es wurde jedoch auch sichtbar, dass die Lehrpersonen Forschendes Lernen prinzipiell als erstrebenswerten und wichtigen Unterrichtsansatz erachteten, allerdings mit Überlegungen zur konkreten Umsetzung haderten. Dabei wurde immer wieder darauf hingewiesen, dass ein gravierender Unterschied zwischen jüngeren (Primarstufe, Anfang Sekundarstufe I) und älteren Schüler*innen (ca. ab Schulstufe 7) bestehe. Die Lehrpersonen betonten mehrfach, dass jüngere Schüler*innen einen intuitiven, entdeckenden Zugang zu Forschendem Lernen hätten, der mit steigender Schulstufe jedoch zunehmend schwächer würde (Hofer, Koliander & Puddu, 2021).
Bei der Analyse der zweiten Gruppendiskussion zeigte sich, dass sich einige der teilnehmenden Lehrpersonen noch immer unsicher waren, inwieweit eine Forschungsfrage für Forschendes Lernen notwendig sei – mehrfach wurde von spielerischem Ausprobieren in Zusammenhang mit Forschendem Lernen gesprochen. Des Weiteren war das Ziel ‚Lernen über naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung' in den Gruppendiskussion nicht präsent. Auch in Bezug auf die Lehrpläne zeigten die Lehrpersonen, insbesondere jene der Sekundarstufe, auch am Ende des Lehrgangs Bedenken, obwohl auf die entsprechenden Stellen, die Forschendes Lernen adressieren, explizit eingegangen wurde.

Zweiter Forschungsschritt: Dokumentarische Analyse der Gruppendiskussionen

Bei der qualitativ inhaltsanalytischen Auswertung der Gruppendiskussionen rückten zunehmend Stellen in den Transkripten in den Fokus, die über die ursprüngliche Forschungsfrage hinaus unser Interesse weckten. Es stachen Aussagen zu ‚Forschen' und ‚Lernen' heraus, welche auf Gegensätze zwischen diesen beiden Begriffen und den damit verbundenen Konzepten hindeuteten. Diese Widersprüchlichkeit könnte möglicherweise dazu beitragen, dass bereits die Bezeichnung ‚Forschendes Lernen' als in sich widersprüchlich aufgefasst wird.

Um den Begriffen ‚Forschen' und ‚Lernen' sowie den dahinterliegenden Orientierungen auf den Grund zu gehen, wurde eine Analyse der Transkripte mittels Dokumentarischer Methode (Bohnsack, 2010) durchgeführt. Zu diesem Zweck wurden die oft sehr dichten Stellen, in denen mehrere Diskussionsteilnehmer*innen – sich gegenseitig bestärkend – diese Begriffe diskutierten, als Fokussierungsmetaphern herangezogen und einer reflektierenden Analyse unterzogen (Bohnsack, 2010).

Erste Ergebnisse aus den Analysen mittels Dokumentarischer Methode

Im Rahmen der reflektierenden Analyse konnten Deutungsmuster zu den Begriffen ‚Forschen' und ‚Lernen' rekonstruiert und daraus resultierende Gegensätze herausgearbeitet werden. Tab. 1 gibt einen Überblick über die Zuschreibungen der Lehrpersonen zu den Begriffen ‚Forschen' und ‚Lernen'.

Tab. 1. Gegenüberstellung der Deutungsmuster zu ‚Forschen' und ‚Lernen'

Forschen	**Lernen**
freudvoll, spielerisch	freudlos, anstrengend
intrinsisch motiviert	extrinsisch motiviert
aktiv, produzierende Rolle	passiv, konsumierende Rolle
offen, Versuch und Irrtum	eingeschränkt, geradlinig

Darüber hinaus konnte aus den Transkripten eine Sicht auf ‚Forschen' rekonstruiert werden, in der ‚Forschen' als Konstrukt gesehen wird, das weitestgehend anschlussfähig an frühkindliches, spielerisches Lernen ist, jedoch in Widerspruch zu späterem, von Zielen geprägtem schulischem Lernen steht.

Diskussion und Ausblick

Es zeigt sich in den Diskursen, dass der Begriff ‚Forschendes Lernen' bei den Lehrpersonen eher Assoziationen zu ‚Forschen' als zu ‚Lernen' weckt, wobei Forschen mit spielerischem, freudigem Ausprobieren und nicht mit ernsthafter, langwieriger Anstrengung verbunden wird. Diese Rahmungen führen zu widersprüchlichen Zielen für Forschendes Lernen und dem, was die beteiligten Lehrpersonen bisher als Ziele von Unterricht sehen. Dies könnte eine Hürde für die bzw. bei der Implementierung von Forschendem Lernen darstellen.

Weitere Analysen, von anderen Gruppendiskussionen zu Forschendem Lernen sowie von Lehrpersonendokumentationen über Unterricht zu den Themenfeldern ‚Forschen, Entdecken und Experimentieren', sollen dazu genutzt werden, eine Typisierung der Vorstellungen zum Begriff ‚Forschendes Lernen' zu erarbeiten, welche Bezug auf die impliziten Vorstellungen der Lehrpersonen zu ‚Forschen' und ‚Lernen' nimmt und diese berücksichtigt.

Literatur

Abrams, E., Southerland, S. A. & Evans, C. A. (2008). Introduction: Inquiry in the Classroom: Identifying Necessary Components of a Useful Definition. In E. Abrams, S. A. Southerland & P. C. Silva (Hrsg.), *Inquiry in the Classroom: Realities and Opportunities* (S. xi–xlii). Charlotte: Information Age Publishing.

Barron, B. & Darling-Hammond, L. (2010). Prospects and challenges for inquiry-based approaches to learning. In H. Dumont, D. Istance & F. Benavides (Hrsg.), *The nature of learning: Using research to inspire practice* (S. 199–225). OECD Publishing.

Bohnsack, R. (2010). Documentary Method and Group Discussions. In R. Bohnsack, N. Pfaff & W. Weller (Hrsg.), *Qualitative Analysis and Documentary Method in International Educational Research* (S. 99-124). Opladen: Barbara Budrich.

Capps, D. K., Crawford, B. A. & Constas, M. A. (2012). A review of empirical literature on inquiry professional development: Alignment with best practices and a critique of the findings. *Journal of Science Teacher Education, 23*(3), 291–318.

Capps, D. K., Shemwell, J. T. & Young, A. M. (2016). Over reported and misunderstood? A study of teachers' reported enactment and knowledge of inquiry-based science teaching. *International Journal of Science Education, 38*(6), 934–959.

Crawford, B. A. (2014). From Inquiry to Scientific Practices in the Science Classroom. In N. G. Lederman & S. K. Abell (Hrsg.), *Handbook of Research on Science Education (2nd Vol.)* (S. 515–541). New York: Routledge.

DiBiase, W., & McDonald, J. R. (2015). Science Teacher Attitudes Toward Inquiry-Based Teaching and Learning. *The Clearing House, 88*(2), 29–38.

Hofer, E., Abels, S. & Lembens, A. (2018). Inquiry-based learning and secondary chemistry education - A contradiction? *Research in Subject-matter Teaching and Learning (RISTAL), 1*, 51–65.

Hofer, E., Koliander, B. & Puddu, S. (2021). Teachers' beliefs about and dispositions towards Inquiry-based Science Education. In M. Rusek, M. Tothova, & K. Vojir (Hrsg.), *Project-based Education and other activation Strategies in Science Education XVIII. Conference Proceedings* (S. 16–25). Charles University Prague, Faculty of Education.

Hofer, E. & Lembens, A. (2019). Putting inquiry-based learning into practice: How teachers changed their beliefs and attitudes trough a professional development program. *Chemistry Teacher International, 1*(2), 1-11.

Jones, M. G. & Leagon, M. (2014). Science Teacher Attitudes and Beliefs. Reforming Practice. In N. G. Lederman & S. K. Abell (Hrsg.), *Handbook of Research on Science Education (Vol. 2)* (S. 830–847). New York: Routledge.

Koliander, B. (2017). Laborpraxis im Chemieunterricht – Ziele und Wege österreichischer Lehrpersonen [Dissertation]. Universität Wien.

Kuckartz, U. (2014). *Qualitative text analysis: A guide to methods, practice and using software*. London: Sage.

Roberts, D. A. & Bybee, R. W. (2014). Scientific literacy, science literacy, and science education. In N. G. Lederman & S. K. Abell (Hrsg.), *Handbook of Research on Science Education (Vol. 2)* (S. 545–558). New York: Routledge.

Wallace, C. S., & Kang, N.-H. (2004). An investigation of experienced secondary science teachers' beliefs about inquiry: An examination of competing belief sets. *Journal of Research in Science Teaching, 41*(9), 936–960.

Jan Lamprecht[1]
André Große[1]
Friederike Korneck[1]

[1]Goethe-Universität Frankfurt am Main

Kollegiale Reflexionen von Physiklehrkräften der dritten Phase Diskussion eines Fortbildungssettings

Theoretischer Hintergrund

Über die Gelingensbedingungen wirksamer Lehrkräftefortbildungen hat Lipowsky für den deutschsprachigen Raum grundlegende Überblicksartikel verfasst (vgl. Lipowsky 2010, Lipowsky & Rzejak 2021). Darin definiert er fünf inhaltliche und fünf methodisch-didaktische Bereiche, die es bei der Konzeption von Fortbildungen zu berücksichtigen gilt, um diese wirksam zu gestalten. Zwei dieser Punkte, einen inhaltlichen, die *Orientierung der Inhalte am Stand der aktuellen Unterrichtsforschung* und einen methodischen, die Verknüpfung von *Input-, Erprobungs- und Reflexionsphasen* stehen bei der in diesem Beitrag vorgestellten Fortbildung im Mittelpunkt.

Seit einigen Jahren ist das Modell der *Basisdimensionen von Unterrichtsqualität* (Klieme, Schümer & Knoll, 2001; Kunter & Voss, 2011) zentraler Referenzrahmen für die Beschreibung und Beurteilung von (erfolgreichem) Unterricht. Der Einfluss der drei überfachlichen Basisdimensionen *Kognitive Aktivierung* (KA), *Konstruktive Unterstützung* (KU) und *Klassenführung* (KF) auf verschiedene Dimensionen des Lernerfolgs von Schülerinnen und Schülern kann z.B. in der Coactiv-Studie für das Fach Mathematik gezeigt werden (vgl. Kunter et al, 2013). So wirkt nur die KA und die KF signifikant auf die Schülerleistungen. Die KU dagegen wirkt signifikant auf die Schülermotivation genauso wie die KF.

Szogs et al. (2016, 2017) haben das Modell der Basisdimensionen für das Fach Physik adaptiert und dabei um eine fachliche Dimension der *fachlichen Qualität* ergänzt, um die Qualität von Physikunterricht umfassend beschreiben zu können. Weiterhin haben sie die Dimension der konstruktiven Unterstützung in eine *affektive und strukturelle Komponente* unterteilt und insgesamt 21 Subdimensionen definiert und detailliert in einem Ratingmanual für den Physikunterricht dokumentiert (Szogs et al, 2021). Mit dieser Übersicht lassen sich Unterrichtssituationen kriteriengeleitet und detailliert beschreiben und in ihrer Qualität einordnen.

Ein zweites Kriterium von Lipowsky in den Blick nehmend fokussiert das Fortbildungskonzept auf die Unterrichtsreflexion. Die Bedeutung der Reflexion als ein Kern der Professionalität von Lehrkräften ist vielfach beschrieben (vgl. Aeppli & Lötscher, 2016). Auch gibt es einige Hinweise darauf, dass qualitätvolle Reflexionen positive Auswirkungen auf die Unterrichtsqualität haben (Wyss, 2013; Linninger, 2016; Szogs et al., 2020). Während Reflexion integraler Bestandteil der Praxisanteile in der ersten und zweiten Ausbildungsphase sind (vgl. von Aufschnaiter et al, 2019), werden für Lehrkräfte im Schulbetrieb kaum noch strukturierte Reflexionsmöglichkeiten angeboten und dementsprechend nicht genutzt. Dabei gelten kollegiale Reflexionen als besonders geeignete Methode, das Unterrichtshandeln aufzuschlüsseln und die eigene Reflexions- und Unterrichtspraxis zu optimieren (Mohan & Chand, 2019; Postholm, 2018), was erst in der dritten Phase der Lehrkräftebildung in der Breite zur Geltung kommen könnte.

Ziele der Fortbildung

Erfahrungen aus dem Schulalltag zeigen, dass in der Reflexion von Unterricht unter Kolleginnen und Kollegen, wenn sich im Schulalltag dafür überhaupt Zeit findet, eine nicht vorhandene gemeinsame Sprache zu Qualitätsaspekten von Unterricht eine Hürde bilden und man sich selten auf lernrelevante Unterrichtssituationen einigen kann. Mit dem vorgestellten Fortbildungsangebot sollen Lehrkräfte als „Experten für das Unterrichten" zur strukturieren Unterrichtsreflexion motiviert und befähigt werden. Die Konzeption der Fortbildung bezieht sich auf die Kriterien von Lipowsky und setzt sich folgende Ziele

1. Die Entwicklung professioneller Wahrnehmung lernrelevanter Unterrichtssituationen.
2. Die Vermittlung von Kenntnissen über die Basisdimensionen von Unterrichtsqualität.
3. Den Erwerb einer gemeinsamen Perspektive und Sprache für die Reflexion von Physikunterricht.

Aus physikdidaktischer Perspektive steht dabei die Basisdimension *kognitive Aktivierung* als fachlichste und zugleich auf den Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler wirksame Basisdimension im Mittelpunkt der Fortbildung.

Struktur und Rahmen der Fortbildung

Zentrales Element der Fortbildung ist die Reflexion realer Unterrichtssituationen. Dafür werden Unterrichtsvideos aus einem Microteaching-Setting genutzt. Diese ca. 15-minütigen Unterrichtsminiaturen werden mit halber Klassenstärke durchgeführt und bilden gleichzeitig alle Phasen eines klassischen Experimentalunterrichts ab (Korneck et al., 2017). Die ausgewählten Videos sind bewusst kein Best-Practice-Physikunterricht, sondern zeigen diskussionswürdigen Unterricht, der zum Reflektieren einlädt.

In der Fortbildung werden Ergebnisse der Arbeitsgruppe eingesetzt und durch forschungsmethodische Instrumente begleitet, um kriteriengeleitete Zugangswege zum Blick auf Unterrichtsqualität zu erhalten.

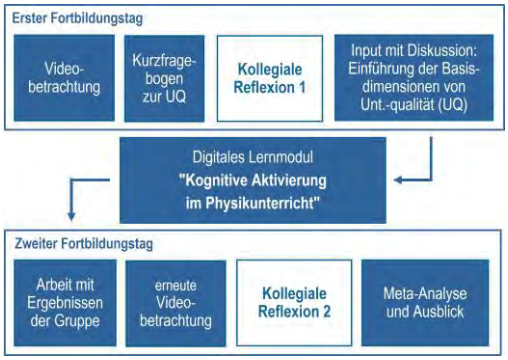


Abb. 1: Bausteine der zwei Fortbildungstage

So wird nach der ersten Betrachtung des Unterrichts die Einschätzungen der Lehrkräfte zur Unterrichtsqualität mit einer Kurzfassung des Ratingmanuals zur Unterrichtsqualität (Szogs et al., 2021) abgefragt, die die Basisdimensionen im Kern abbilden. Im Anschluss wird in Kleingruppen über den gesehenen Unterricht reflektiert. Erst nach dieser kollegialen Reflexion werden über einen Input die Basisdimensionen von Unterrichtsqualität eingeführt und diskutiert. Zwischen den beiden Fortbildungstagen bearbeiten die Lehrkräfte ein digitales Lernmodul, das den Fokus auf die Schulung der Subdimensionen der kognitiven Aktivierung legt. Dabei durchlaufen die Lehrkräfte einen 5-Schritt: Aus dem Manual zur Beschreibung der Basisdimensionen übernehmen wir die Grundidee der Subdimension (I) und erläutern diese auch anhand von Indikatoren (II), um dann diese theoretischen Informationen mit beispielhaften, passgenauen Videosequenzen (III) zur jeweiligen Subdimension zu verknüpfen. Schließlich können die Lehrkräfte, im Kreisschluss, die gesehenen Sequenzen mit Items (IV) der passenden Subdimension erneut bewerten und qualitativ die beobachteten Situationen beschreiben und ihrer Ausprägung einordnen (V).

Somit gehen wir mit den Lehrkräften von einem theoretischen Konstrukt hin zu einer konkreten Unterrichtssituation, um diese dann wieder mit dem Konstrukt abzugleichen. Die abschließenden Einschätzungen der Lehrkräfte aus den Schritten IV und V nutzen wir wiederum als Gesprächsanlass am zweiten Tag der Fortbildung.
Dort wird zunächst bewusst ein zweites Mal die Unterrichtsminiatur vom Fortbildungsbeginn betrachtet und reflektiert, diesmal mit dem Impuls und den Anwendungserfahrungen zu den Basisdimensionen der Unterrichtsqualität aus dem Lernmodul im Hintergrund. Unterstützt wird diese zweite Betrachtung durch eine Indikatorenliste, die die Grundideen und Indikatoren der Subdimensionen kompakt darstellt. Den Abschluss des zweiten Tages bildet dann der Transfer des Gelernten auf ein neues Unterrichtsvideo.

Ergebnisse

Die erste Durchführung der Fortbildung liefert Hinweise zur Auswahl und Wirkung der verwendeten Inhalte und Methoden.
Die Fragenbogenauswertung der Kurzfassung des Ratingmanuals zur Unterrichtsqualität vor der Intervention zeigt, dass die Lehrkräfte auf Dimensionsebene der kognitiven Aktivierung die größte Uneinigkeit in der Einschätzung haben und es somit keinen gemeinsamen „Blick" auf kognitive Aktivierung gibt. In der Fortbildung nutzen wir genau dieses Ergebnis als Gesprächs- und Lernanlass und können anhand der eigenen Daten aus der Fortbildungsgruppe einen authentischen Lernanlass bieten.
Vergleicht man die, nach den Betrachtungen der Unterrichtsvideos, genannten Unterrichtsmerkmale/lernrelevante Situationen aus den kollegialen Reflexionen, so konnten wir feststellen, dass:
- alle von den Lehrkräften genannten Unterrichtsmerkmale im Kategoriensystem der erweiterten Basisdimensionen einordnungsfähig sind und gleichzeitig
- die genannten Unterrichtsmerkmale sehr unterschiedlich den fünf Basisdimensionen zugeordnet werden. So finden sich die übergroße Anzahl der Beobachtungen in der Basisdimension der konstruktiven Unterstützung. Diese scheinen leicht von den Lehrkräften gesehen und verbalisiert zu werden. Beobachtungen und Lernanlässe, die sich der Dimension der kognitiven Aktivierung zuordnen lassen, werden fast nicht angesprochen.
- nach der Intervention durch den Input zu den Basisdimensionen und dem Lernmodul der Blick der Lehrkräfte auf die kognitive Aktivierung geschärft ist und es in großer Anzahl Beobachtungen dazu benannt und auch versprachlicht werden können.
Diese Erkenntnisse zeigen die Notwendigkeit der Schulung der Wahrnehmung der für den Lernprozess der Schülerinnen und Schüler wichtigen Basisdimension der KA.

Ausblick

Die vorgestellte Fortbildung bildet idealerweise den Auftakt zu einer Fortbildungsreihe und dem Aufbau einer festen Reflexionsgruppe, um von der Reflexion von "fremden Unterricht" hin zur Reflexion des eigenen Unterrichts zu kommen. Deshalb ist zunächst eine weitere Durchführung der „Basis-Fortbildung" geplant, um dann eine Gruppe zu formen, die in Übungstreffen für kollegiale Reflexionen zusammenwächst und es in einem vertrauten Umfeld schafft, eigenen Unterricht zu zeigen und diesen zu reflektieren und diskutieren.
Eine weitere mögliche Perspektive ist, die Reflexionsqualität in einer solchen Seminargruppe vertieft zu untersuchen. Zu diesem Zweck wird derzeit ein Ratingmanual entwickelt (Große, Korneck; in diesem Band), mit dem der Zusammenhang zwischen Reflexionsqualität und Veränderung der Unterrichtsqualität betrachtet werden kann.

Literatur

Aeppli, J. & Lötscher, H. (2016). EDAMA - Ein Rahmenmodell für Reflexion. In: Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung 34 (1), S. 78–97.

Aufschnaiter, C. v., Hofmann, C., Geisler, M. & Kirschner, S. (2019). Möglichkeiten und Herausforderungen der Förderung von Reflexivität in der Lehrerbildung. SEMINAR, 25(1), 49-60.

Große, A. & Korneck, F. (in diesem Band). Rating der Qualität kollegialer Reflexionen.

Klieme, E., Schümer, G. & Knoll, S. (2001). Mathematikunterricht in der Sekundarstufe I. "Aufgabenkultur" und Unterrichtsgestaltung: In E. Klieme, J. Baumert, P. Baptist, W. Blum, W. Bos, J. Doll et al. (Hrsg.), TIMSS - Impulse für f Schule und Unterricht. Forschungsbefunde, Reforminitiativen; Praxisberichte und Video-Dokumente (BMBF publik, Stand: Sept. 2001, S. 43-57). Bonn.

Korneck, F., Krüger, M. & Szogs, M. (2017). Professionswissen, Lehrerüberzeugungen und Unterrichts-qualität angehender Physiklehrkräfte unterschiedlicher Schulformen. In: Fischler, Sumfleth (Hrsg.), Professionelle Kompetenz von Lehrkräften der Chemie und Physik (S. 113-133).

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. 85–113). 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), 805-820, doi:10.1037/a0032583.

Linninger, Ch.A. (2016). Reflexion bei angehenden Lehrkräften. Bedeutung und Förderung im Professionalisierungsprozess. Dissertation, Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main.

Lipowsky, F. (2010). Lernen im Beruf – empirische Befunde zur Wirksamkeit von Lehrerfortbildung. In: F. H. Müller (Hrsg.): Lehrerinnen und Lehrer lernen. Konzepte und Befunde zur Lehrerfortbildung (S. 51-70). Münster: Waxmann.

Lipowsky. F. & Rzejak, D. (2021). Fortbildungen für Lehrpersonen wirksam gestalten. Ein praxisorientierter und forschungsgestützter Leitfaden.

Mohan, P. P. & Chand, D. (2019). Mathematics teachers' professional learning: Impact of story sharing and reflective dialogue. Waikato Journal of Education, 24(2), 73–81.

Postholm, M. B. (2018). Reflective thinking in educational settings: an approach to theory and research on reflection. Educational Research, 60(4), 427–444.

Szogs, M., Große, A. & Korneck, F. (2020). Wie bedingen sich die Unterrichtsqualität und Reflexivität angehender Physiklehrkräfte? In: S. Habig (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen. GDCP-Jahrestagung in Wien 2019. (S. 499). Universität Duisburg-Essen

Szogs, M., Korneck, F., Krüger, M., Oettinghaus, L. & Kunter, M. (2016). Kognitive Aktivierung in standardisierten Unterrichtsminiaturen. In: C. Maurer (Hrsg.), Authentizität und Lernen – das Fach in der Fachdidaktik. GDCP-Jahrestagung in Berlin 2015. (S. 605). Universität Regensburg

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-Jahrestagung in Zürich 2016. (S. 256). Universität Regensburg.

Szogs, M.; Oettinghaus, L.; Krüger, M.; Große, A.; Korneck, F. (2021). Ratingmanual zur Einschätzung der Unterrichtsqualität im Physikunterricht [Ratingmanual: Version 1.0]. Erstanwendung 2018. Frankfurt am Main: Forschungsdatenzentrum Bildung am DIPF. https://doi.org/10.7477/614:326:1

Wyss, C. (2013). Unterricht und Reflexion. Eine mehrperspektivische Untersuchung der Unterrichts- und Reflexionskompetenz von Lehrkräften. Münster, New York, München, Berlin: Waxmann (Empirische Erziehungswissenschaft, 44).

Martin Brämer[1]
Daniel Rehfeldt[1]
Hilde Köster[1]

[1]Freie Universität Berlin

Computational Thinking im Studienfach Sachunterricht: Eine Rasch-Analyse

Die KMK fordert seit dem Schuljahr 2018/19, dass schon Grundschulkinder „Kompetenzen in einer digitalen Welt“ (2017, S. 19) erwerben sollen. Dies bedeutet, dass neue Inhalte in den Sachunterricht der Grundschule (vgl. Brämer, Straube, Köster & Romeike, 2020), aber vor allem auch in das Studium angehender Grundschullehrkräfte integriert werden müssen (bspw. KMK, 2017, S. 25). Aus diesem Grund haben wir den für das Studienfach Sachunterricht noch recht neuen Inhalt ‚Informatische Bildung‘ in die universitäre Lehramtsausbildung integriert. Es herrscht in der Literatur Einigkeit darüber, dass die Fähigkeit, mit Informatiksystemen (wie bspw. dem Smartphone) umzugehen, eine Kompetenz darstellt, die über die reine Nutzung hinaus einen kritischen Umgang sowie Wissen über Funktionsweisen und Auswirkungen umfassen sollte (vgl. bspw. GDSU, 2021; Román-González, Pérez-González, Jiménez-Fernández, 2017, S. 678; Resnick, 2017; Papert, 1982).

Das im Rahmen des durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten QLB-Projektes K2teach an der Freien Universität Berlin neu entwickelte Lehr-Lern-Labor (LLL; ‘Computational Playground’; Brämer, Rehfeldt, Bauer & Köster, 2020) fokussiert deshalb insbesondere auf ‚Handlungskompetenzen‘ sowie ‚Konzeptwissen‘ der Studierenden. Diese Aspekte lassen sich in der Informatik unter dem Begriff ‘Computational Thinking’ (CT) fassen, welcher definiert wird als: „[…] the thought processes involved in formulating a problem and expressing its solution(s) in such a way that a computer — human or machine — can effectively carry out.” (Wing, 2017, S. 8).

Zu den Fähigkeiten von Sachunterrichts-Studierenden bzgl. CT liegen in Deutschland bisher noch keine Daten vor (vgl. Hsu, Chang & Hung, 2018). Daher untersuchten wir, inwiefern die Teilnahme an einem entsprechend ausgerichteten LLL das CT bei den Studierenden fördern kann.

Design und Forschungsmethoden

Es wurden insgesamt 71 Studierende im sechsten Bachelorsemester an der Freien Universität Berlin befragt (w = 63, m = 6, d = 0, Alter = 24.92 (4.33) Jahre). Die LLL-Intervention fand im Sommersemester 2019 im sechsten Semester des Studienfachs Sachunterricht statt und wurde mittels Pre-Post-Parallel-Kontrollgruppen-Studiendesign evaluiert. Dabei wurde der CT-Test von Román-González et al. (2017) mittels Online-Fragebogen und einem Zeitlimit von 20 Minuten eingesetzt. Da unser LLL insbesondere auf die Verzahnung der Theorie- und Praxisphasen sowie deren Einfluss auf CT fokussiert (Köster, Mehrtens, Brämer & Steger, 2020), wurde zusätzlich eine Parallelgruppe (PG) untersucht (ein Seminar mit gleichem Inhalt, aber ohne Schüler:innenbesuche; Theorieseminar). Außerdem erfolgte eine Baseline-Erhebung in einer Kontrollgruppe (KG) im Rahmen eines Seminars mit nicht informatischen, sondern naturwissenschaftlichen Inhalten. Bei allen Erhebungen wurde mit einem

quasiexperimentellen Design (ohne Randomisierung) gearbeitet. Die Auswertung erfolgte mittels Raschanalyse bzw. einer 1pl Marginal Maximum Likelihood-Schätzung (Bock & Aitken, 1981) mithilfe des R-Packages 'TAM 3.1-45' (Robitzsch, Kiefer, & Wu, 2019). Zum Umgang mit fehlenden Werten wurde, angelehnt an das Vorgehen bei Ludlow & O'Leary (1999), eine Strategie verfolgt, welche auch in größeren Untersuchungen wie bspw. TIMMS oder ACER Verwendung findet (Adams, Wu & Macaskill, 1997). Näheres hierzu findet sich in Brämer, Rehfeldt & Köster (2021).

Auswertung

In unserer Interventionsstudie zeigten sich vergleichbare signifikante Veränderungen (siehe Abb. 1) der Personenfähigkeiten im CT mit großen Effektstärken in der Untersuchungsgruppe (UG, LLL; $\Delta M = 0.46^{***}$; $d = 1.17$; $n = 19$) und in der Parallelgruppe (PG, Theorieseminar; $\Delta M = 0.40^{**}$; $d = 1.03$; $n = 16$). In der Kontrollgruppe (KG) ließ sich kein Unterschied feststellen (KG; $\Delta M = 0.08$; n.s.; $n = 8$). Die Kontrollgruppe zeigt somit, dass die Testwerte über die Zeit stabil bleiben. Die mittlere Messgenauigkeit der Personenkennwerte anhand der Schätzung ist mit $EAP_{rel} = 0.74$ akzeptabel.

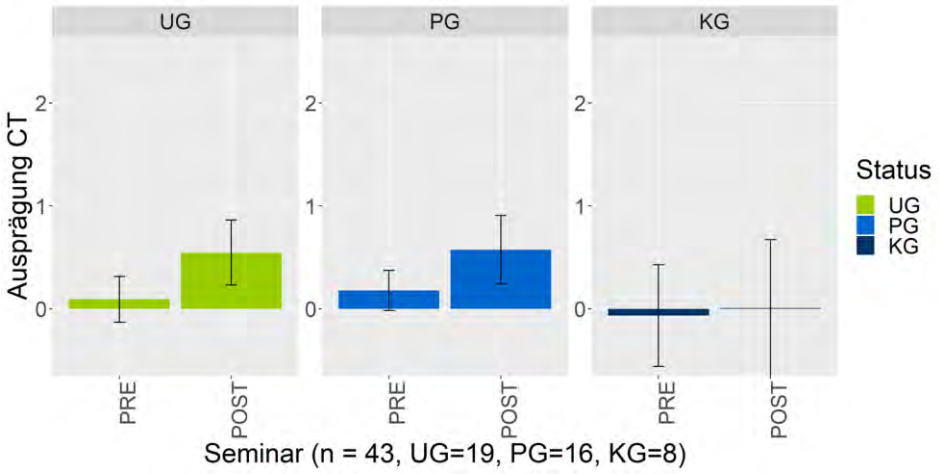


Abb. 1: Entwicklung von CT je Gruppe: KG = Kontrollgruppe mit naturwissenschaftlichem Seminarschwerpunkt; UG = Untersuchungsgruppe mit informatischem Seminarschwerpunkt im LLL inklusive Schüler:innenbesuche; PG = Parallelgruppe mit informatischem Seminarschwerpunkt, jedoch ohne Schüler:innenbesuche (Fehlerbalken stellen CI dar).

Diskussion

Die Ergebnisse zeigen sowohl einen deutlichen Anstieg der CT-Fähigkeit bei den Studierenden der Untersuchungsgruppe im LLL, als auch derjenigen in der Parallelgruppe (Theorieseminar). Dieser Befund ist bemerkenswert, da im LLL aufgrund der Praxisphasen im Seminar insgesamt weniger Sitzungen für die reine Aneignung von Fachkompetenz aufgewendet werden konnten (genauer siehe Brämer et al., 2021). Dieses Ergebnis könnte einerseits darüber erklärt werden, dass die Praxisphasen mit Kindern die CT-Fähigkeiten genauso zu fördern scheinen, wie der erweiterte theoretische Diskurs und die Arbeit mit verschiedenen Robotik-Materialien in der Parallelgruppe. Andererseits kann auch der Umstand, die theoretisch gelernten Inhalte später innerhalb der Praxisphasen mit Kindern

anwenden zu dürfen/müssen, zu einer höheren Motivation und einem höheren Lernerfolg innerhalb der ersten Theorie-Sitzungen im LLL geführt haben (vgl. Reusser, 2005, S. 160ff). Dies müsste eine weiterführende Untersuchung von Praxisphasen mit Pre-Post-Design oder ein weiterer Messzeitpunkt innerhalb der LLL in der Inter-Phase klären.

Erweitert man den Blick über die hier beantworteten Forschungsfragen hinaus, so ist das LLL auf Basis bisheriger Forschungsbefunde einer rein theoretischen Vermittlung der informatischen Inhalte überlegen, da lediglich im LLL zusätzlich zu einem ähnlichen Kompetenzzuwachs auch die Interessen und somit die intrinsische Motivation der Studierenden in Bezug auf das Themenfeld Informatik im Sachunterricht messbar gesteigert bzw. gefördert werden konnten (Brämer et al., 2020). Das Lehr-Lern-Labor scheint also besonders geeignet, die angestrebten neuen Inhalte in den späteren Unterricht der Studierenden zu transferieren (a.a.O.). Diese Ergebnisse sind jedoch in Anbetracht der noch (pandemiebedingten) kleinen Stichprobe sowie einer nicht vorhandenen Randomisierung limitiert.

Literatur

Adams, R. J., Wu, M. L., & Macaskill, G. (1997): Scaling methodology and procedures for the mathematics and science scales. In M. O. Martin & D. L. Kelly (Eds.), TIMSS technical report, Volume II: Implementation and analysis. Chestnut Hill, MA: Boston College, S. 111-145.

Bock, R.D. & Aitkin, M. (1981): Marginal Maximum Likelihood Estimation of Item Parameters Application of an EM Algorithm. Psychometrika, 46, S. 443-459.

Brämer, M.; Straube, Ph.; Köster, H. & Romeike, R. (2020). Eine digitale Perspektive für den Sachunterricht – ein Vorschlag zur Diskussion. GDSU-Journal 2020, Heft 10.

Brämer, M.; Rehfeldt, D.; Köster, H. (2021 – im Druck): Computational Playground - Eine Rasch-Analyse des Computational Thinkings bei Sachunterrichtsstudierenden im Lehr-Lern-Labor. In Nordmeier, V.; Grötzebauch, H. (Hrsg.): PhyDid B, Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung.

Brämer, M.; Rehfeldt, D.; Bauer, C.; Köster, H. (2020): Vorerfahrungen, Interessen und Selbstwirksamkeitserwartungen von Grundschullehramtsstudierenden und -lehrkräften bezüglich informatischer Inhalte. In Nordmeier, V.; Grötzebauch, H. (Hrsg.): PhyDid B, Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung, Bonn 2020, S. 97-105.

GDSU (2021): Positionspapier Sachunterricht und Digitalisierung. Erarbeitet von der AG Medien & Digitalisierung der Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts – GDSU (Markus Peschel, Friedrich Gervé, Inga Gryl, Thomas Irion, Daniela Schmeinck, Philipp Straube). Online-Publikation, http://www.gdsu.de, [22.04.2021].

Hsu, T.-C., Chang, S.-C., & Hung, Y.-T. (2018): How to learn and how to teach computational thinking: Suggestions based on a review of the literature. Computers & Education, 126, S. 296–310. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.07.004 [17.09.2021].

Köster, H., Mehrtens, T., Brämer, M. & Steger, J. (2020). Forschendes Lernen im zyklischen Prozess – Entwicklung eines neuen Lehr-Lern-Formats im Studienfach Sachunterricht. In: B. P. J. Roth (Hrsg.), Lehr-Lern-Labore - Innovationsmotor in der MINT- Lehrpersonenbildung. Wiesbaden.: Springer Spektrum.

KMK - Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland. (2017). „Bildung in der digitalen Welt“. Stra-tegie der Kultusminister-konferenz. https://www.kmk.org/fileadmin/Da-teien/pdf/PresseUndAktuelles/2018/Digital-strategie_2017_mit_Weiterbildung.pdf (Stand 8/2021)

Ludlow, L. H. & O’leary, M. (1999): Scoring Omit-ted and Not-Reached Items: Practical Data Analysis Implications. Educational and Psychological Measurement, 59(4), S. 615-630.

Papert, S. (1982): Mindstorms. Kinder, Computer und Neues Lernen. Birkhäuser, Basel. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-0348-5357-6 [17.09.2021]

Resnick, M. (2017): Lifelong Kindergarten: Cultivating creativity through projects, passion, peers, and play. The MIT Press.

Reusser, K. (2005): Problemorientiertes Lernen – Tiefenstruktur, Gestaltungsformen, Wirkung. Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung, 23 (2), S. 159–182.

Robitzsch, A., Kiefer, T. & Wu, M. (2020): TAM: Test Analysis Modules. https://CRAN.R-project.org/package = TAM [17.09.2021]

Román-González, M., Pérez-González, J.-C., & Jiménez-Fernández, C. (2017): Which cognitive abilities underlie computational thinking? Criterion validity of the computational thinking test. Computers in Human Behavior, 72, S. 678–691. https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.08.047 [17.09.2021]

Wing, J.M. (2017): Computational thinking's influence on research and education for all. Italian Journal of Educational Technology, 25(2), S. 7-14. doi: 10.17471/2499-4324/922 [17.09.2021]

Yadav, A., Mayfield, C., Zhou, N., Hambrusch, S. & Korb, J. T. (2014): Computational Thinking in Elementary and Secondary Teacher Education. ACM Transactions on Computing Education, 14(1), S. 1–16.

Marvin Rost[1] [1]AECC Chemie (Universität Wien)

Modelle in Österreichs Chemieschulbüchern
Eine digitale Vollerhebung

Einführung

Schulbücher sind relevante Medien in Bildungssystemen und ihre Nutzung wird in Österreich aus öffentlichen Mitteln gefördert (Bundesministerium Bildung, Wissenschaft und Forschung, 2021). Dabei sollen diese Medien – je nach Interessensgruppe gewichtet – fachlichen, fachdidaktischen und lehrplanorientierten Standards genügen sowie als praxistaugliche Vorbereitungshilfen für konkrete Unterrichtsplanung dienen (Bölsterli et al., 2015). Alle genannten Aspekte stehen in der Chemie unter dem fachimmanenten Vorbehalt, systematisch Zusammenhänge zwischen der nicht direkt wahrnehmbaren Teilchenebene und ihren jeweiligen Modellen herstellen zu sollen (vgl. Sumfleth & Nakoinz, 2019). Diesbezüglich ist die Nutzung von Repräsentationen in Chemieschulbüchern umfangreich untersucht und dokumentiert (Gkitzia et al., 2011; Nyachwaya & Wood, 2014; Upahi & Ramnarain, 2019). Allerdings ist gleichzeitig ein Verständnis von Modellen als strukturelle Repräsentationen in problematischer Weise undifferenziert (Knuuttila, 2011) und trägt so zu einem unpräzise formulierten Verhältnis zwischen den Zielsystemen und ihren Modellen bei.
Aus diesem Grund wurde für die vorliegende Untersuchung vorläufig unterstellt, dass auch (bspw. Atom-)Modelle in Chemieschulbüchern als zu stark simplifizierte Modell-Ziel-Abbildungen dargestellt werden.

Theorie

Im Gegensatz zu den jeweils untersuchten Zielsystemen, kann bei den entsprechenden Modellen im Allgemeinen weder für die Naturwissenschaften, noch in ihren jeweiligen Didaktiken ein einheitlicher Begriffsrahmen gefunden werden (Krüger et al., 2018). Nichtsdestotrotz existieren orientierende Begriffslinien. Der Werkzeugcharakter von Modellen, d.h. eine Abhängigkeit von Zweck, Person, Ort und Zeit (Gouvea & Passmore, 2017), lässt sich dabei als Konsens formulieren: Zum Zweck einer mechanistischen Erklärung oder einer Vorhersage werden bestimmte Annahmen getroffen, die falsifiziert werden oder, vorbehaltlich weiterer Untersuchungen, aufrecht erhalten werden. Die systematisch aufeinander bezogenen Annahmen können als Modell verstanden und weiterentwickelt werden.
In empirischen Arbeiten wird diese Grundlage mehrheitlich über problemorientierte Rahmungen operationalisiert, in denen die Proband*innen Zielsysteme modellieren und in Revisionszyklen vorgegebene oder selbst erarbeitete Fragen beantworten bzw. Hypothesen prüfen sollen (bspw. Schwarz et al., 2009). Während bei diesen, als *Scientific Inquiry* rezipierten, Ansätzen wiederkehrende Muster für erfolgreichen Kompetenzerwerb bei Lernenden identifiziert werden können (Pedaste et al., 2015), ist die konkrete Rolle von Modellen in diesem Bereich empirisch nur bedingt systematisierbar (Nicolaou & Constantinou, 2014).
Die Gründe dafür können bspw. fachspezifische Vorstellungen des Modellbegriffs sein (Krell et al., 2015). Relevant ist auch der Einfluss erkenntnistheoretischer Grundpositionen von Lehrenden, Lernenden und Forschenden (Rost & Knuuttila, under review). Es werden zwei wesentliche Positionen gefunden: Erstens, eine strukturalistische Grundhaltung, die Modelle

als strukturelle Repräsentationen analysiert, d.h. bspw., dass ein Atommodell mit bestimmten Merkmalen (Kern, Hülle) ausgestattet ist und diese Struktur so auch im real existierenden Atom wiederzufinden ist (vgl. Devitt, 2006). Die differenzierte Darstellung dieser Position hat einen festen Platz in der Wissenschaftstheorie, kann aber als Ursache für Lernhindernisse im Fach Chemie identifiziert werden (vgl. Reid, 2021).
Zweitens kann ein epistemologisch-pragmatischer (Giere, 2010), d.h. notwendig an eine Person gebundener Ansatz gefunden werden. Dieser versteht die repräsentative Dimension von Modellen und ihre Zweckorientierung als gegenseitig bedingte Bestandteile und ist anschlussfähig an den oben beschriebenen, hypothese- und fragebezogenen Rahmen von *Scientific Inquiry*.
Für die fachdidaktische Bearbeitung wird eine Auffassung von Modellen als Werkzeuge (vgl. Knuuttila, 2011) gewählt, die zum Zweck der Erkenntnisgewinnung und unter dem expliziten Vorbehalt des „Was wäre, wenn?“, Zusammenhänge eines Zielsystems repräsentieren.
Nicht nur in Österreich, sondern auch in weiteren, internationalen Bildungsstandards bzw. Lehrplänen (Landesinstitut für Schule und Medien Berlin-Brandenburg, 2016; National Research Council, 2012) soll das Nutzen von Modellen und das Modellieren von Sachverhalten für hypothesenorientierte Erkenntnisgewinnung in der Schule erlernt werden. Dadurch und im Zusammenspiel mit der Relevanz von Schulbüchern ergibt sich die folgende Fragestellung im Sinne einer explorativen Bestandsaufnahme:

Welches erkenntnistheoretische Modellverständnis liegt in österreichischen Schulbüchern für das Unterrichtsfach Chemie vor?

Methode

Für die vorliegende Untersuchung wurde eine automatisierte Textanalyse in Anlehnung an die Computational Grounded Theory (Nelson, 2020) vorgenommen. Dieser Zugang erlaubt es, die Vorteile einer ökonomischen Textverarbeitung durch einen Computer mit der Interpretationstiefe einer menschlichen Codierung zu kombinieren (Nelson et al., 2021) und ggf. Biases zu vermeiden (Cheuk, 2021) oder wenigstens explizit zu machen.
Der hier vorgestellte, quantitative Teil erfolgte mit einer deduktiv-formalen Kategorie aus einer Bachelorarbeit. Dabei wurde nach dem erstmaligen Auftreten des Begriffs *Modell* im Sinne eines Bezugs zur submikroskopischen Ebene gesucht und – falls gegeben – die Modelldefinition bezüglich der theoriebasierten Definition untersucht.
Sofern in einem Textabschnitt der Begriff entsprechend auftauchte (*Kompetenzmodell* zählte bspw. nicht), wurde der gesamte jeweilige Textabschnitt zur Analyse an den Computer übergeben. In der Folge wurden Worthäufungsheuristiken und das Topic Modeling für die Suche nach Mustern eingesetzt. Das hier präsentierte Topic Modeling beantwortet die Frage nach der Wahrscheinlichkeit für das Erscheinen eines Wortes durch ein Topic, d.h. wie sicher ist ein Wort einem bestimmten Topic zuzuordnen. Die Wahl für die Anzahl der Topics ist dabei a priori festzulegen und insofern üblicherweise theoriegeleitet. Für explorative Vorhaben kann die Anzahl systematisch variiert und, als sinnvoll erscheinende, Topics a posteriori gedeutet werden (Blei, 2012). Insgesamt wurden 17 Schulbücher recherchiert und in die Analyse einbezogen.

Ergebnisse

Die Wahrscheinlichkeit für bestimmte Begriffe variiert nicht bedeutsam über verschiedene Topicschätzungen (Abb. 1). Dies gilt unabhängig von der zugeordneten Schulstufe oder dem strukturellen Aufbau des Buches. In qualitativer Ergänzung behaupten die Textpassagen darüber hinaus, mit Verweisen auf bspw. das Bohrsche Atommodell, durchgehend eine Strukturgleichheit zwischen der Modelldarstellung und dem zu modellierenden Zielsystem. Gelegentlich wurden zwar Hinweise gefunden, dass Modelle nicht die Realität abbilden würden, diese Kommentare wurden aber über alle Texte weder direkt mit den Darstellungen in Beziehung gesetzt, noch weiterführend theoretisch expliziert.

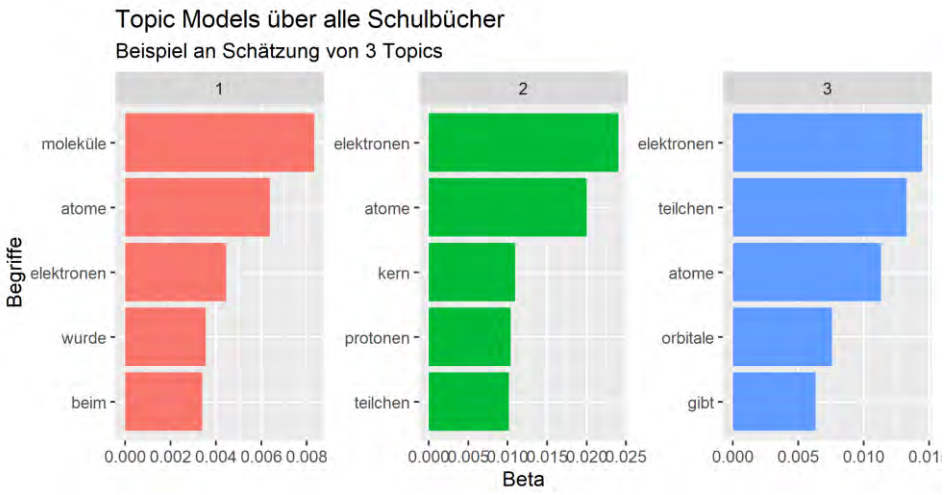


Abb. 1: Unabhängig von der Anzahl der a priori vorgegebenen Topics (in der vorgestellten Studie: 1-5), werden die dargestellten Begriffe gefunden. Wenn es um Modelle geht, geht es in Chemieschulbüchern stets um Atombau und chemische Bindung.

Insofern kann, in der Gesamtschau der untersuchten Texte, die Annahme, dass Modelle in Chemieschulbüchern als eher naiv-realistische Abbildungen behandelt werden, nicht zurückgewiesen werden. Es liegt keine nachvollziehbare Verknüpfung zwischen Modellen und einem frage- bzw. hypothesenorientierten Vorgehen im Sinne des im Theorieteil skizzierten *Scientific Inquiry* vor.

Diskussion

Einerseits besteht Forschungsbedarf bei der Ausarbeitung des Modellbegriffs in fachdidaktischen Zusammenhängen und andererseits sollten – im Sinne der Standardorientierung – die dabei gewonnenen Erkenntnisse auf relevante Bausteine chemischer Lehr-/Lernumgebungen (hier: Schulbücher) übertragen werden.

Darüber hinaus ist es angezeigt, dass die Zusammenarbeit zwischen fachdidaktischen Ausarbeitungen und schulalltagsorientierten Texten stärker zusammengeführt wird (Bergqvist & Chang Rundgren, 2017). Dabei sollte auch kritisch untersucht werden, in welchem Maß eine derart explizite Auseinandersetzung mit modelltheoretischen Aspekten für Schulbücher überhaupt fachdidaktisch sinnvoll ist.

Literatur

Bergqvist, A., & Chang Rundgren, S.-N. (2017). The influence of textbooks on teachers' knowledge of chemical bonding representations relative to students' difficulties understanding. *Research in Science & Technological Education*, *35*(2), 215–237. https://doi.org/10.1080/02635143.2017.1295934

Blei, D. M. (2012). Probabilistic Topic Models. *Communications of the ACM*, *55*(4), 77–84. https://doi.org/10.1145/2133806.2133826

Bölsterli, K., Wilhelm, M., & Rehm, M. (2015). Standards kompetenzorientierter Schulbücher für die Naturwissenschaften. *CHEMKON*, *22*(1), 23–28. https://doi.org/10.1002/ckon.201410238

Cheuk, T. (2021). Can AI be racist? Color-evasiveness in the application of machine learning to science assessments. *Science Education*, 1–12. https://doi.org/10.1002/sce.21671

Devitt, M. (2006). Scientific Realism. In P. Greenough & M. P. Lynch (Hrsg.), *Truth and realism* (S. 100–124). Oxford University Press. https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199288878.003.0006

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

Gkitzia, V., Salta, K., & Tzougraki, C. (2011). Development and application of suitable criteria for the evaluation of chemical representations in school textbooks. *Chem. Educ. Res. Pract.*, *12*(1), 5–14. https://doi.org/10.1039/C1RP90003J

Gouvea, J., & Passmore, C. (2017). 'Models of' versus 'Models for'. *Science & Education*, *26*(1), 49–63. https://doi.org/10.1007/s11191-017-9884-4

Knuuttila, T. (2011). Modelling and representing: An artefactual approach to model-based representation. *Studies in History and Philosophy of Science*, *42*, 262–271.

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), 367–393. https://doi.org/10.1007/s11165-014-9427-9

Krüger, D., Kauertz, A., & Upmeier zu Belzen, A. (2018). Modelle und das Modellieren in den Naturwissenschaften. In D. Krüger, I. Parchmann, & H. Schecker (Hrsg.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 141–157). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-56320-5_9

Landesinstitut für Schule und Medien Berlin-Brandenburg (Hrsg.). (2016). *Rahmenlehrplan Chemie online*. http://bildungsserver.berlin-brandenburg.de/rlp-online/startseite/

National Research Council (Hrsg.). (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. The National Academies Press.

Nelson, L. K. (2020). Computational Grounded Theory: A Methodological Framework. *Sociological Methods & Research*, *49*(1), 3–42. https://doi.org/10.1177/0049124117729703

Nelson, L. K., Burk, D., Knudsen, M., & McCall, L. (2021). The Future of Coding: A Comparison of Hand-Coding and Three Types of Computer-Assisted Text Analysis Methods. *Sociological Methods & Research*, *50*(1), 202–237. https://doi.org/10.1177/0049124118769114

Nicolaou, C. T., & Constantinou, C. P. (2014). Assessment of the modeling competence: A systematic review and synthesis of empirical research. *Educational Research Review*, *13*, 52–73. https://doi.org/10.1016/j.edurev.2014.10.001

Nyachwaya, J. M., & Wood, N. B. (2014). Evaluation of chemical representations in physical chemistry textbooks. *Chemical Education Research and Practice*, *15*(4), 720–728. https://doi.org/10.1039/c4rp00113c

Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., de Jong, T., van Riesen, S. A. N., Kamp, E. T., Manoli, C. C., Zacharia, Z. C., & Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, *14*, 47–61.

Reid, N. (2021). Johnstone's Triangle: Why Chemistry Is Difficult. In *The Johnstone Triangle: The Key to Understanding Chemistry* (S. 48–71). Royal Society of Chemistry. https://doi.org/10.1039/9781839163661-00048

Rost, M., Knuuttila, T. (under review). Understanding Models as Epistemic Artifacts for Scientific Reasoning: Reinforcing Mutual Terms by Using Insights from Philosophy of Science. *Education Sciences*.

Schwarz, C. V., Reiser, B. J., Davis, E. A., Kenyon, L., Achér, A., Fortus, D., Shwartz, Y., Hug, B., & Krajcik, J. (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. https://doi.org/10.1002/tea.20311

Sumfleth, E., & Nakoinz, S. (2019). Chemie verstehen – beobachtbare makroskopische Phänomene auf submikroskopischer Ebene modellbasiert interpretieren. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *25*(1), 231–243. https://doi.org/10.1007/s40573-019-00101-x

Upahi, J. E., & Ramnarain, U. (2019). Representations of chemical phenomena in secondary school chemistry textbooks. *Chemistry Education Research and Practice*, *20*(1), 146–159. https://doi.org/10.1039/C8RP00191J

Anja Lembens[1]
Moritz Meier[1]
Franz Lumesberger-Loisl[1]

[1]Universität Wien

Geschlechter(un)gerechte Darstellungen in österreichischen Chemieschulbüchern?

Chemieschulbücher müssen chemische Inhalte korrekt und in einer für die Zielgruppe angemessenen Art und Weise präsentieren. Um Fachinhalte für Lernende interessanter zu gestalten, werden Alltagsbezüge hergestellt und vielfältige Kontexte genutzt, die mit sozialisierenden Aspekten gespickt sind. Dazu zählen unter anderem Darstellungen von Rollen- und Berufsbildern in Wort und Bild. Durch Schulbücher wird jedoch nicht nur Wissen vermittelt, sondern auch gesellschaftliche Werte, Normen und Stereotypen verschiedener sozialer Gruppen werden so transportiert (Moser, 2016). Schon seit mehr als 40 Jahren stehen Schulbücher wegen der Vermittlung traditioneller Geschlechterbilder in der Kritik (Herzog et al., 2019). Studien zeigen, dass nach wie vor stereotype Geschlechterrollen reproduziert und durch binäre Darstellungen von Geschlecht vielfach heteronormative Vorstellungen perpetuiert werden (Strahl et al., 2012; Herzog et al., 2019). Durch die Art der Repräsentation der Geschlechter können Schulbücher zur sozialen Konstruktion von Geschlecht in der Gesellschaft beitragen. Daher sind geschlechtergerechte Darstellungen in Schulbüchern bedeutsam, damit sich alle Lernenden angesprochen fühlen und Interessen für Fächer und Berufe frei von Geschlechterstereotypen entwickeln können. Bisher gab es keine umfassende Analyse, die Chemieschulbücher daraufhin untersucht, inwiefern sprachliche und bildliche Darstellungen als geschlechtergerecht angesehen werden können (Herzog et al., 2019; Schmitz et al., 2020). Diese Lücke für österreichische Schulbücher zu schließen, war das Ziel der vorliegenden Analyse von Chemieschulbüchern für die Sekundarstufe I und II.

Geschlechtergerechtigkeit im Bildungsauftrag der Schulen

Im allgemeinen Teil der aktuellen Lehrpläne für die Mittelschulen bzw. allgemeinbildenden höheren Schulen wird explizit auf die „Herausforderungen im Bereich Chancengleichheit und Gleichstellung der Geschlechter" hingewiesen (RIS 1, 2): „*Schulen sind im Zuge von „Gender Mainstreaming" und Gleichstellung der Geschlechter angehalten sich mit der Relevanz der Kategorie Geschlecht auf allen Ebenen des Lehrens und Lernens auseinanderzusetzen.*" (RIS 1). Im weiteren Verlauf unter der Überschrift „Allgemeine didaktische Grundsätze" ist für die Mittelschulen zu lesen: „*Lehrerinnen und Lehrer sollen sich ein Grundwissen über die Ergebnisse der Geschlechterforschung aneignen, sowohl gegenstandsbezogen als auch in Bezug auf allgemeinpädagogische, psychologische, soziologische und didaktische Fragestellungen.*" (RIS 1). Im Lehrplan für die Allgemeinbildenden höheren Schulen heißt es: „*Lehrerinnen und Lehrer sind angehalten, […] einen Rahmen zur Verfügung zu stellen, in dem Ursachen und Erscheinungsformen von Geschlechterungleichheiten und Geschlechterstereotypen auf der Grundlage von Ergebnissen aus der Geschlechterforschung […] bearbeitet werden können.*" (RIS 2). Diesem klaren gesetzlichen Auftrag soll hier noch hinzugefügt werden, dass im Rahmen von Ministerratsbeschlüssen im Jahr 2002 die Umsetzung von Gender Mainstreaming und geschlechtergerechter Sprache in sämtlichen Bereichen festgelegt wurde und in Folge dessen von allen Personen des Bundesministeriums für Bildung, Wissenschaft und Kultur umzusetzen ist. Mit Blick auf Schulbücher ist noch

hervorzuheben, dass ausdrücklich darauf hingewiesen wird, bei der Begutachtung aller Unterrichtsmittel die sprachliche Gleichbehandlung zu berücksichtigen (vgl. Lumerding, 2020). Es sollte also davon auszugehen sein, dass Schulbücher, die nach 2002 erschienen sind, diesen Forderungen weitgehend entsprechen.

Schulbücher und Geschlechterverhältnisse

Wollen Schulen und Lehrpersonen der Idee gerecht werden, dass (naturwissenschaftliche) Bildung eine wichtige Voraussetzung für die Teilhabe an gesellschaftlichen Strukturen und Prozessen ist, so ist es bedeutsam, alle pädagogisch-didaktischen Gestaltungen daraufhin zu durchleuchten, inwieweit sie bestehende gesellschaftliche Ungleichheitsverhältnisse stabilisieren oder aber eine kritische Auseinandersetzung und damit eine Veränderung fördern (Bartosch & Lembens, 2012, S. 23).

Zahlreiche Analysen zeigen, dass gesellschaftliche Geschlechterverhältnisse nach wie vor die Segregation von Berufsfeldern strukturieren. Bei der Berufswahl ist ein zentraler Aspekt die Passung zwischen den Entwürfen der eigenen zukünftigen Identität und dem (klischeehaften) Bild, das man sich von typischen Vertreter*innen dieses Berufes macht (Spitzer, 2020). Dieses ‚self to prototype matching' ist von entscheidender Bedeutung für die Interessensentwicklung und die Beziehung zu einem bestimmten Schulfach (Kessels & Hannover, 2006). Durch die Art der Darstellung von Personen in Schulbüchern, sei es in Texten oder in bildlichen Darstellungen, werden den Lesenden fortwähren gesellschaftlich etablierte Normen vor Augen geführt, wodurch die Entwicklung von Selbst- und Fremdbildern beeinflusst wird. Damit Lernende ihre individuellen Begabungen und Interessen möglichst unbeeinflusst von stereotypen Normvorstellungen entwickeln können, hat die OECD in ihrem Bericht zur Gleichstellung der Geschlechter explizit festgehalten, dass „Geschlechtsstereotype aus den Lehrbüchern entfernt" werden, weibliche Rollenmodelle gefördert und für alle Lernende ansprechende Lehrmittel eingesetzt werden sollen (OECD, 2013; Makarova & Wenger, 2019).

VorBILDER beeinflussen das Lernen

Verschiedene Studien belegen den Einfluss sprachlicher und bildlicher „Vorbilder" in Unterrichtsmaterial auf das Lernen. So konnten z. B. Good und Kolleginnen (2010) zeigen, dass schriftliches Unterrichtsmaterial zum Thema ‚Chemische Gleichgewichtsreaktionen', dem jeweils ein Foto der ‚erklärenden Personen' beigegeben wurde, bei männlichen und weiblichen Lernenden zu unterschiedlichen Lernleistungen führte, je nachdem ob die abgebildeten ‚erklärenden Personen' männlich, weiblich oder gemischte Teams waren. Weibliche Lernende schnitten signifikant besser ab, wenn ausschließlich Expertinnen abgebildet waren. Männliche Lernende brachten etwas bessere Leistungen, wenn ausschließlich Experten abgebildet waren, der Unterschied war jedoch nicht signifikant. Es hat also Bedeutung, ob und wie Personen in Unterrichtsmaterial abgebildet werden.

Neben den bildlichen Darstellungen muss auch die sprachliche in den Blick genommen werden. Hier zeigen Studien, dass sich Lernende im Zusammenhang mit generisch maskulinen Personen- und Berufsnennungen zumeist stereotyp männliche Personen vorstellen (z. B. Liben et al., 2002). Außerdem führen Berufsbezeichnungen, die auch in der weiblichen Form präsentiert werden, bei weiblichen Lernenden zu höheren Selbstwirksamkeitserwartung (z. B. Chatard et al., 2005). Tavits und Peréz (2019) konnten zeigen, dass sich die Verwendung genderneutraler Pronomen und ein genderneutraler Sprachgebrauch positiv auf die Wahrnehmung eines vielfältigen Bildes von Geschlechterrollen auswirkt und zu mehr Toleranz führt.

Vorgehensweise bei der Schulbuchanalyse

Um der Frage nachzugehen, wie Personen in österreichischen Chemieschulbüchern der Sekundarstufe I und II in Wort und Bild dargestellt werden, haben wir uns an der GESBI-Checkliste zur Überprüfung der Geschlechtergerechtigkeit von Lehrmitteln (Makarova & Wenger, 2019) orientiert. Das Kategoriensystem wurde angepasst und um einen Blick auf Kontexte in denen Personen dargestellt sind und sich daraus ableitende Konnotationen erweitert. Aus der Liste der approbierten Schulbücher wurden sechs Bücher für die Sekundarstufe I und fünf für die Sekundarstufe II ausgewählt. Kriterien für die Auswahl waren ein Erscheinungsjahr zwischen 2015 und 2020 sowie die häufige Verwendung in Schulen. Außerdem wurden Schulbücher mit möglichst unterschiedlicher Ausstattung ausgewählt.

Ausgewählte Ergebnisse der Schulbuchanalyse

Wie Abbildung 1 zu entnehmen ist, gibt es in den Schulbüchern der Sekundarstufe I und II einen erheblichen Überhang an Darstellungen von männlichen Personen in Wort und Bild.

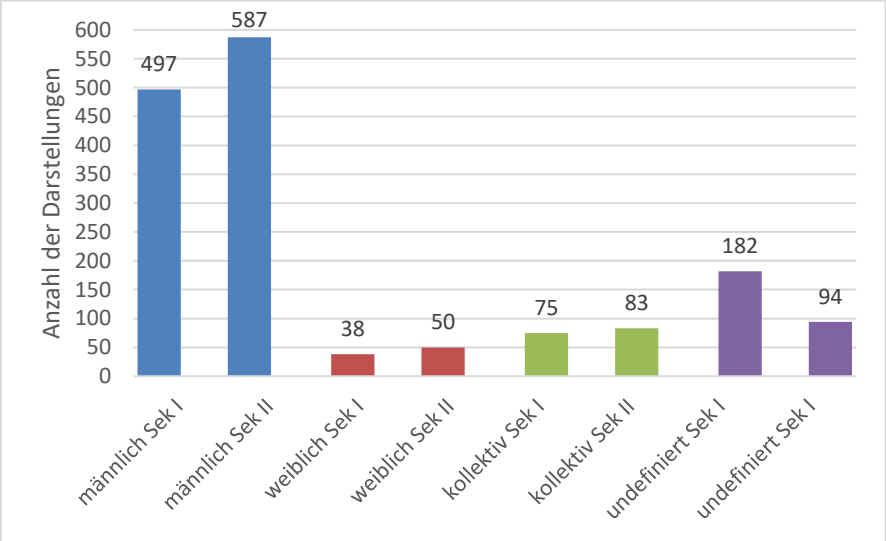


Abb. 1: Anzahl der Darstellung von Personen in Wort und Bild in Chemieschulbüchern für die Sekundarstufe I und II (kollektiv = männliche und weibliche Personen gemeinsam)

In Texten finden sich rund 40 verschiedene Darstellungsformen männlicher Personen, wie z. B. Glasbläser, Chemiker, Mechaniker, dagegen gibt es nur sieben verschiedene Darstellungsformen für weibliche Personen (Arbeiterin, Köchin, Wissenschaftlerin, Schülerin, Lehrerin, Patientin, Frau – nicht näher spezifiziert). Allein dieser erste Überblick macht überdeutlich, dass die gesetzlichen Vorgaben zu einer geschlechtergerechten Darstellung in den aktuellen österreichischen Chemieschulbüchern nicht zum Tragen kommen. Geht man weiter in die Tiefe und betrachtet die Art wie und die Kontexte in denen Personen dargestellt werden, so fällt auf, dass vergleichsweise mehr negative Konnotationen im Zusammenhang mit weiblichen Darstellungen zu finden sind.

Es besteht also dringender Handlungsbedarf, bei der Überarbeitung und Neuauflage der Schulbücher gezielt auf eine geschlechtergerechte Darstellung von Personen zu achten. Der vermutlich ab 2023 gültige neue Lehrplan für die Sekundarstufe I muss als Chance für eine bewusste, reflektierte und zeitgemäße Darstellung von Personen genutzt werden.

Literatur

Bartosch, I. & Lembens, A. (2012). Naturwissenschaftliche Bildung: Ein Menschenrecht! In IMST Gender_Diversitäten Netzwerk (Hrsg.), Gender_Diversity-Kompetenz im naturwissenschaftlichen Unterricht. Fachdidaktische Anregungen für Lehrerinnen und Lehrer. Klagenfurt: Institut für Unterrichts- und Schulentwicklung, 13-25. https://bu.schule.at/fileadmin/DAM/Gegenstandsportale/Beruf_und_Bildung/Dateien/nawi_auflage2014.pdf [28.09.2021]

Chatard, A., Guimond, S. & Martinot, D. (2005). Impact de la féminisation lexicale des professions sur l'auto-efficacité des élèves: une remise en cause de l'universalisme masculin ? In L'Année Psychologique 105, 249–272. doi: https://doi.org/10.3406/psy.2005.29694 [29.09.2021]

Good, J. Woodzicka, J. & Wingfield, L. (2010). The Effects of Gender Stereotypic and Counter-Stereotypic Textbook Images on Science Performance. Journal of Social Psychology, 150:2, 132-147. doi: 10.1080/00224540903366552

Liben, L., Bigler, R. & Krogh, H. (2002): Language at work: children's gendered interpretation of occupational titles. In Child Development 73, 810–828. doi: 10.1111/1467-8624.00440

Herzog, W., Makarova, E. & Fanger, F. (2019). Darstellung der Geschlechter in einem Physik- und in einem Chemieschulbuch für die Sekundarstufe II. In E. Makarova (Hrsg.), Gendersensible Berufsorientierung und Berufswahl: Beiträge aus der Forschung und Praxis. Bern: Hep-Verlag.

Lumerding, B. (2020). Geschlechterstereotype und Diskriminierung in Schulbüchern unter Bezugnahme auf die UN-Frauenrechtskonvention. Masterarbeit an der Universität Linz. https://epub.jku.at/obvulihs/download/pdf/5118218?originalFilename=true [28.09.2021]

Makarova, E. & Wenger, N. (2019). GESBI-Checkliste zur Überprüfung der Gendergerechtigkeit in naturwissenschaftlichen Lehrmitteln der Sekundarstufe II. Basel: Universität Basel, Institut für Bildungswissenschaften. https://bildungswissenschaften.unibas.ch/fileadmin/user_upload/bildungswissenschaften/01_Aktuelles/Dokumente/GESBI_Handreichung_2019.pdf

Moser, F. (2016). Schulbuchanalysen unter Geschlechtergesichtspunkten. In H. Faulstich-Wieland (Hrsg.) Enzyklopädie Erziehungswissenschaften. Online. Geschlechterforschung, Die Bedeutung von Geschlecht in pädagogischen Arbeitsfeldern. Weinheim und Basel: Beltz Juventa, 13-25. doi 10.3262/EEO17160359 [29.09.2021]

OECD (2013). Gleichstellung der Geschlechter: Zeit zu handeln. OECD Publishing. http://dx.doi.org/10.1787/9789264190344-de

RIS 1 Lehrplan der Mittelschule. Erster Teil. Allgemeines Bildungsziel. https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20007850 [28.09.2021]

RIS 2 Lehrplan der allgemeinbildenden höheren Schule Erster Teil. Allgemeines Bildungsziel. https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10008568 [28.09.2021]

Schmitz, S., Both, G., Ebeling, S., Günther, F., Herchenbach, S. & Kraher, A. (2020): Portal Gendering MINT digital. Hrsg.: Zentrum für transdisziplinäre Geschlechterforschung: HU Berlin, https://www2.hu-berlin.de/genderingmintdigital/

Spitzer, P. (2020). Unromantische Nerds. In Nachrichten aus der Chemie. 68,2. 8-10.

Strahl, A., Spillner, J., Gralfs, S. & Müller, R. (2012): Physik für Mädchen und Jungen? Betrachtung des Genderaspekts in Physikschulbüchern. In PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung.

Tavits, M. & Peréz, E. (2019). Language influence mass opinion toward gender and LGBT equality. In PNAS 2019/34. 16781–16786. doi:10.1073/pnas.1908156116 [28.09.2021]

Simon Goertz[1] [1]RWTH Aachen University
Heidrun Heinke[1]

Wirksamkeit von Lernzirkeln zur Förderung experimenteller Kompetenzen

Motivation

In den Bildungsstandards der KMK liegt seit einiger Zeit eine deutlichere Kompetenzorientierung vor (vgl. KMK, 2005). Damit sind auch experimentelle Kompetenzen stärker in den Fokus gerückt und in den Lehrplänen der deutschen Bundesländer fest verankert worden. Dies legitimiert eine Förderung experimenteller Kompetenzen ebenso wie die Tatsache, dass das Experimentieren eine zentrale Tätigkeit im Physikunterricht ist (vgl. Tesch, 2005, S. 95).
Mit der Plattform FLexKom (**F**ördern und **L**ernen **ex**perimenteller **Kom**petenzen) wurde an der RWTH Aachen University eine Plattform geschaffen, die modulare Unterrichtsmaterialien zur Förderung experimenteller Kompetenzen anbietet (vgl. Goertz et al., 2019 und Goertz et al., 2020). Die kostenfrei bereitgestellten Materialien können webbasiert abgerufen werden[1].

Module und Lernzirkel der Plattform FLexKom

Die Plattform und deren Materialien sind modular aufgebaut. Jedes Modul fokussiert eine spezielle experimentelle Teilkompetenz (z.B. Daten graphisch darstellen oder Variablenkontrollstrategie anwenden). Zur Förderung der Kompetenzen gehört zu jedem Modul ein Arbeitsblatt mit den Aufgaben für die Schülerinnen und Schüler (SuS) sowie eine Lehrerhandreichung, die die Modulidee und mögliche Lösungen beschreibt. Viele Module beinhalten zudem ein Experiment, das durch Hilfestellungen und ggf. Zwischenlösungen den Fokus auf die im Modul angesprochene Teilkompetenz legt. Damit wird der Experimentierprozess in Teilabschnitte zerlegt (vgl. Lunetta 1998), um gezielt detaillierte Fördermaßnahmen für experimentelle Teilkompetenzen anbieten zu können.
Neben dem Einzeleinsatz von Modulen können diese auch zu Lernzirkeln zusammengefasst werden (vgl. Goertz et al., 2019). Der Einsatz in der methodischen Umsetzung des Lernzirkels wurde im Rahmen einer empirischen Studie untersucht. Hierzu wurden zwei beispielhafte Lernzirkel evaluiert. Der erste Lernzirkel wurde so zusammengestellt, dass eine große Spannbreite an experimentellen Kompetenzen gefördert wird. Die einzelnen Module bewegen sich dabei alle in einem einheitlichen Inhaltsfeld. Der sogenannte Typ-A Lernzirkel besteht aus Modulen, die den elektronischen Versuchsaufbau, das graphische Darstellen von Daten, das Anfertigen von Schaltskizzen und die Variablenkontrollstrategie thematisieren. Das gemeinsame Inhaltsfeld stellt die Elektrizitätslehre dar.
Mit einer gegensätzlichen Konzeptionsidee wurde der zweite Lernzirkel zusammengestellt. Der sog. Typ-B Lernzirkel besteht aus Modulen, die alle eine gemeinsame Kompetenz fördern (in der aktuellen Studie den Einsatz der Variablenkontrollstrategie = VKS), wobei dies in den verschiedenen Modulen (= Lernzirkelstationen) für unterschiedliche physikalische Inhaltsfelder umgesetzt wird.

Forschungsfragen (FF) und Hypothesen (H)

Durch die Evaluation der beiden beispielhaften Lernzirkel soll zunächst die Lernwirksamkeit der entwickelten Lehr-Lern-Settings untersucht werden, was in FF1 deutlich wird: *Inwiefern fördern die beiden ausgewählten Lernzirkel der Plattform FLexKom experimentelle Kompetenzen unter schulpraxistauglichen Rahmenbedingungen?*
Nach den Erkenntnissen anderer Forschungsvorhaben zur Effektivität einer expliziten Förderung experimenteller Kompetenzen (vgl. Vorholzer, 2016 und Schwichow, 2015) sowie den positiven Ergebnissen aus der Pilotierungsphase (vgl. Goertz und Heinke 2021) ergeben sich

[1] Die Plattform kann über den Link www.sciphylab.de/flexkom erreicht werden.

die folgenden Hypothesen:
H1.1: Durch den Einsatz eines FLexKom-Lernzirkels kann man einen signifikanten Lernzuwachs in den einzelnen explizit geförderten Teilkompetenzen feststellen.
H1.2: In einem Lernzirkel nicht explizit geförderte Teilkompetenzen weisen keinen signifikanten Lernzuwachs auf.

Die zweite Forschungsfrage FF2 bezieht sich auf erwartete Unterschiede zwischen den beiden Lernzirkeln*: Inwiefern lassen sich Unterschiede im Lernzuwachs durch Lernzirkel beobachten, die entweder auf die Förderung mehrerer experimenteller Teilkompetenzen (Typ-A) oder speziell einer Teilkompetenz (Typ-B, hier „VKS anwenden") ausgerichtet sind?*
Hierzu ergeben sich aus der Literatur die nachfolgenden Hypothesen:
H2.1: Beim Typ-B Lernzirkel ist ein signifikant größerer Lernzuwachs für die Schwerpunktkompetenz festzustellen als beim Typ-A Lernzirkel.
H2.2: Beim Typ-B Lernzirkel werden einzelne Teilfähigkeiten der VKS stärker gefördert als beim Typ-A Lernzirkel.

Aufbau der Intervention
Die Lernzirkel sind in Interventionen eingebettet, die neben dem Lernzirkeleinsatz auch eine Motivations- und Sicherungsphase enthalten (vgl. Abb. 1).

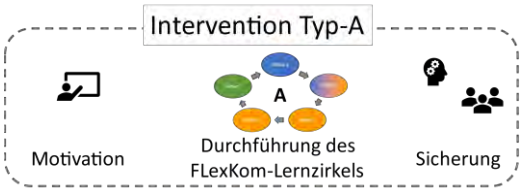


Abb.1: Aufbau der Intervention, bestehend aus einer Motivation, der Lernzirkeldurchführung (hier Typ-A) und einer Sicherungsphase.

In der Motivationsphase werden die SuS für die Lernziele der Lernzirkel sensibilisiert. Dabei sollen insbesondere die methodischen Aspekte der einzelnen Module (d.h. Lernzirkelstationen) betont und damit der Fokus verdeutlicht werden. Die Durchführung der Lernzirkel variiert für verschiedene Probandengruppen. Ein Teil der teilnehmenden Klassen führt den Typ-A Lernzirkel, der restliche Teil den Typ-B Lernzirkel durch. In beiden Fällen werden die Inhalte der Stationen in der dritten Phase der Intervention besprochen und vertieft, wobei die Ausgestaltung der Sicherungsphase naturgemäß für die beiden Lernzirkel variiert.

Testinstrumente
Damit die Forschungsfragen beantwortet und somit die Hypothesen bewertet werden können, ergeben sich verschiedene Anforderungen an die Testinstrumente. Zunächst müssen Testinstrumente so ausgewählt werden, dass einzelne Teilaspekte experimenteller Kompetenzen gemessen werden können. Zudem muss ein Lernzuwachs erfasst werden, um die Wirkung der Interventionsphase bewerten zu können. Damit Unterschiede zwischen den Lernzirkeltypen herausgestellt werden können, muss eine vergleichende Analyse der Gruppen erfolgen.
Wegen der genannten Anforderungen sind zwei Testinstrumente zur Messung experimenteller Kompetenzen gewählt worden. Zunächst wurde mit dem MeK-LSA-Test (Messung experimenteller Kompetenz in Large Scale Assessments) ein validiertes Testinstrument gewählt, das die Teilkompetenzen Planung, Versuchsaufbau und Datendarstellung durch eine computergestützte Durchführung verschiedener Experimentsimulationen erfassen kann. Detailliertere Informationen zum MeK-LSA-Test sind in Theyßen et al., 2016 aufgeführt. Des Weiteren werden durch einen Fragebogen zur Variablenkontrollstrategie (VKS) verschiedene Teilaspekte

der VKS gemessen (vgl. Schwichow und Nehring, 2018, S. 222–223; vgl. Schwichow, Christoph, Boone et al., 2016, S. 223–224). Hierzu gehören neben dem Interpretieren, Identifizieren und dem Planen kontrollierter Experimente auch das Verständnis der fehlenden Aussagekraft konfundierter Experimente. Die beiden erstgenannten Fähigkeiten des Interpretierens und Identifizierens kontrollierter Experimente sind in verschiedenen Untersuchungen als „leichtere Aspekte" der VKS herausgestellt worden (vgl. z.B. Schwichow, Christoph, Boone et al., 2016, S. 228ff.).
Zur Untersuchung eines Lernzuwachses und für den Vergleich der Lernzirkeltypen sind die Testinstrumente in einem Prä- und Post-Test-Design mit optionalem Follow-Up-Test eingesetzt worden. Die Tests und die Intervention fanden in insgesamt drei Doppelstunden statt. Der Follow-up-Test wurde in einigen Klassen in einer zusätzlichen Einzelstunde durchgeführt.

Stichprobe und Ergebnisse
Die Stichprobe der Hauptstudie umfasst 15 gymnasiale Schulklassen der 7., 8. und 9. Jahrgangsstufe aus der Region Aachen und Köln. Die SuS waren zwischen 12 und 14 Jahren alt (52% weiblich, 40% männlich, Rest divers oder ohne Angabe).
Die Gruppen wurden mittels Varianzanalysen verglichen (siehe auch Goertz und Heinke 2021), wobei mit Post-Hoc-Tests einzelne Gruppen paarweise gegenübergestellt wurden. Für den Typ-A Lernzirkel konnte insbesondere für die Skala „Aufbau [von Experimenten]" ein Lernzuwachs mit großer Effektstärke festgestellt werden. Ein entsprechender Lernzuwachs ist für den Typ-B Lernzirkel erwartungskonform nicht nachgewiesen worden, da diese Teilkompetenz dort nicht explizit gefördert wurde. Für den Bereich Datendarstellung, der ebenso explizit im Typ-A Lernzirkel gefördert wurde, konnte ebenfalls eine stärkere Verbesserung vom Prä- zum Post-Zeitpunkt ausgemacht werden.
Hinsichtlich der VKS-Skalen zeigt sich für die beiden Lernzirkel-Typen eine Verbesserung bei den beiden oben als „leichter" beschriebenen VKS-Aspekten. Nur die Gruppe, die den Typ-B Lernzirkel durchgeführt hatte, konnte sich zudem auch besonders bei den beiden „komplexeren" Aspekten verbessern. Dies lässt sich mit dem Schwerpunkt des Typ-B Lernzirkels begründen, der den Ergebnissen zufolge zu einem signifikant größeren Verständnis der VKS bei den SuS führte.

Zusammenfassung und Ausblick
Dieser Beitrag stellte die Konzeption und ausgewählte Ergebnisse einer Studie zur Förderung experimenteller Kompetenzen dar. Hinsichtlich der ersten Forschungsfragen konnte die Hypothese H1.1 mit den Ergebnissen bestätigt werden. Der Lernzuwachs ist im besonderen Maß nur für die Teilkompetenzen festgestellt worden, die im Rahmen der Lernzirkel[2] explizit gefördert wurden. Ein Vergleich zwischen den beiden Lernzirkeltypen zeigt, dass der Typ-B Lernzirkel die Aspekte der VKS insofern stärker fördert, als dass in der Literatur als komplexer eingeschätzte Aspekte nur durch den Typ-B Lernzirkel gefördert werden. Der Typ-A Lernzirkel, der nur in einer Station die VKS anspricht, führt zu einem geringeren Lernzuwachs bezüglich der VKS insgesamt und zu keiner signifikanten Verbesserung der SuS bei den komplexeren Aspekten. Damit konnten die Hypothesen 2.1 und 2.2 ebenfalls verifiziert werden.
In der Studie wurden zudem Lernzuwächse bei SuS verschiedener Leistungsniveaus und die Beurteilung der Lehrenden zum Konzept der Plattform und der Materialien untersucht.

Danksagung
Die Autor:innen danken den Entwickler:innen des MeK-LSA-Tests, insbesondere Prof. Dr. Heike Theyßen, für die Unterstützung sowie Jun.-Prof. Martin Schwichow für die Bereitstellung der VKS-Items für das Fach Physik und die stete Diskussionsbereitschaft.

[2] Gemeint ist immer die gesamte Intervention.

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.

Goertz, S. und Heinke, H. (2021). Förderung experimenteller Kompetenzen durch FLexKom-Lernzirkel. In:S. Habig (Hrsg.), Naturwissenschaftlicher Unterricht und Lehrerbildung im Umbruch? Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, online Jahrestagung 2020. Universität Duisburg-Essen, S. 220–223.

KMK (2005). Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss. Beschluss vom 16.12.2004. www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Bildungsstandards-Physik-Mittleren-SA.pdf. Abgerufen: 06.07.2020.

Lunetta, V. N. (1998). The school science laboratory: Historical perspectives and contexts for contemporary teaching. In: B. J. Fraser und K. G. Tobin (Hrsg.), International Handbook of Science Education – Part 1. Dordrecht: Kluwer, S. 249–262.

Schwichow, M. G. (2015). Förderung der Variablen-Kontroll-Strategie im Physikunterricht. Dissertation. Christian-Albrecht-Universität zu Kiel.

Schwichow, M., Christoph, S., Boone, W. J. et al. (2016). The impact of sub-skills and item content on students' skills with regard to the control-of-variables strategy. In: International Journal of Science Education 38(2), S. 216–237.

Schwichow, M. und Nehring, A. (2018). Variablenkontrolle beim Experimentieren in Biologie, Chemie und Physik: Höhere Kompetenzausprägungen bei der Anwendung der Variablenkontrollstrategie durch höheres Fachwissen? Empirische Belege aus zwei Studien. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften: ZfDN 24(1), S. 217–233.

Tesch, M. (2005). Das Experiment im Physikunterricht – Didaktische Konzepte und Ergebnisse einer Videostudie. Berlin: Logos Verlag.

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.

Guido Haag[1]
Jochen Scheid[1]
Patrick Löffler[1]
Alexander Kauertz[1]

[1]Universität Koblenz-Landau

Modellierung experimenteller Kompetenz

Ausgangslage.
Experimente als Methode naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung sind zentrales Element des Physikunterrichts. Darüber hinaus sind unterschiedlichste Ziele und Erwartungen damit verbunden: Überprüfen von Wissen, Motivation, Verbinden von Theorie und Praxis und viele mehr (Tesch & Duit, 2004). Empirische Studien zur Untersuchung der Wirksamkeit sind in der Ausrichtung der theoretischen Rahmung entsprechend vielfältig (Gut-Glanzmann & Mayer, 2018). Gemeinsam ist ihnen, dass es häufig nicht gelingt, die erhofften Effekte nachzuweisen (Harlen, 1999; Hofstein & Lunetta, 2004). Eine der direkt mit der Untersuchung verbundenen Herausforderungen ist es, die experimentelle Kompetenz als Personenmerkmal zu berücksichtigen (Gut-Glanzmann & Mayer, 2018). Bisherige Anstrengungen, experimentelle Kompetenz zu beschreiben, orientieren sich überwiegend an den typischen Schritten des Experimentierprozesses und benennen in diesem Zusammenhang in der Regel Teilkompetenzen. Hammann, Phan und Bayrhuber (2007) beispielsweise unterscheiden drei Dimensionen: „Suche im Hypothesenraum", „Testen von Hypothesen" und „Analyse von Evidenzen". Wellnitz und Mayer (2008) modellieren die vier Teilkompetenzen „Fragestellung", „Hypothese", „Untersuchungsdesign" und „Datenauswertung zum Experimentieren". Nach Gut-Glanzmann und Mayer (2018) umfasst experimentelle Kompetenz „*das Wissen und die Fähigkeit, durch gezielte handelnde Auseinandersetzung mit der Natur Daten zu gewinnen, diese vor dem Hintergrund von Modellen und Theorien zu interpretieren und dadurch Wissen und Erkenntnisse über die Natur abzuleiten*." (Gut-Glanzmann & Mayer, 2018, S. 122). Maiseyenka, Nawrath und Schecker (2013) unterteilen experimentelle Kompetenz in noch feinere Teilfähigkeiten: „Fragestellung entwickeln", „Vermutung/Hypothese aufstellen", „Experiment planen", „Versuch funktionsfähig aufbauen", „Beobachten/Messen/Dokumentieren", „Daten aufbereiten", „Schlüsse ziehen/diskutieren". Ein tragfähiges Modell experimenteller Kompetenz muss daher neben deklarativem immer auch prozedurales Wissen berücksichtigen (Gut-Glanzmann & Mayer, 2018). Um diese Teilfähigkeiten und damit auch experimentelle Kompetenz mess- und bewertbar zu machen, müssen Kompetenzniveaus modelliert werden (Mayer und Wellnitz 2014). Dazu gibt es verschiedenste Ansätze, z.B. Schulbuchanalysen oder Expertenbefragung (Schecker, Neumann, Theyßen, Eickhorst & Dickmann, 2016). Besondere Anforderungen werden dabei an die Untersuchung des prozeduralen Wissens gestellt, da die Validität von bestehenden schriftlichen Tests angezweifelt wird (Schecker et. al, 2016). Gut-Glanzmann und Mayer (2018) geben in diesem Zusammenhang zu bedenken, dass eine Fokussierung auf die kognitiven Elemente experimenteller Kompetenz die maßgeblichen, handlungsbezogenen Aspekte ausklammert und so die Untersuchung limitiert. In diesem Artikel wird daher versucht, einen Ansatz zu einem umfassenden Modell experimenteller Kompetenz zu beschreiben. Dazu soll gezeigt werden, wie die drei Fähigkeitsaspekte *kognitive Fähigkeit*, *manuelle Fähigkeit* und *affektive Fähigkeit* mit den genannten Teilkompetenzen in Zusammenhang stehen. Als Ausgangspunkt dient das im Rahmen des ESNaS-Projekts entwickelte und vielfach erprobte Kompetenzstrukturmodell (Walpuski, Kampa, Kauertz & Wellnitz 2008).

Kognitive Fähigkeitsaspekte der experimentellen Kompetenz
Im Kompetenzstrukturmodell nach Walpuski et. al (2008) werden kognitive Fähigkeitsaspekte auf vier Niveaustufen konkretisiert: *Reproduzieren* (Identifizieren von Information), *Selegieren* (Auswählen von Informationen), *Organisieren* (Strukturieren von Information) und *Integrieren* (Einbinden von Information in die Wissensbasis). In Tabelle 1 werden diese Abstufungen den Teilkompetenzen experimenteller Kompetenz nach Maiseyenka et al. (2013) gegenübergestellt und gezeigt, dass eine Integration möglich ist. Aus Platzgründen kann hier nur eine Auswahl dargestellt werden.

Tabelle 1: Kognitive Fähigkeitsaspekte und ausgewählte experimentelle Teilkompetenzen.

	Fragestellung entwickeln	**Vermutung / Hypothese aufstellen**	**Experiment planen**
Reproduzieren	Die Fragestellung des Experiments ist vorgegeben und muss genannt werden	Die Hypothesen sind vorgegeben und müssen genannt werden	Die Planung und gegebenenfalls die Sicherheitsvorkehrungen sind vorgegeben und müssen genannt werden
Selegieren	Aus vorgegebenen Fragestellungen muss eine Frage ausgewählt werden	Aus vorgegebenen Hypothesen muss eine Auswahl getroffen werden	Die vorgegebenen unabhängigen und abhängigen Variablen müssen identifiziert werden; aus bekannten Sicherheitsvorkehrungen müssen zu den Gefahrenquellen passende ausgewählt werden
Organisieren	Eine eigene Fragestellung muss formuliert werden	Eigene Hypothesen müssen formuliert werden	Selbstständige Planung auch unter Berücksichtigung von Variablenkontrollstrategie muss erstellt werden; Nach Hinweis müssen selbständig Sicherheitsvorkehrungen getroffen werden
Integrieren	Eine Fragestellung wird aus intrinsischem Interesse entwickelt	Hypothesen werden selbstständig erstellt und auf Basis des vorhandenen Wissens überprüft	Versuch wird selbstständig so geplant, dass Störgrößen möglichst eliminiert/minimiert werden; selbständige Berücksichtigung aller Sicherheitsaspekte

Manuelle Fähigkeitsaspekte der experimentellen Kompetenz
Als Ausgangspunkt zur Integration manueller Fähigkeitsaspekte wird auf bewährte Abstufungen von entsprechenden Lernzielen zurückgegriffen. Bloom (1976) unterscheidet dabei zwischen *Imitation* (Nachahmung von Bewegungen und Handlungen), *Manipulation* (Ausführung bestimmter Bewegungen nach Instruktion), *Präzisierung* (Verbesserung der Genauigkeit von Bewegungen), *Handlungsgliederung* (Koordination verschiedener Bewegungsabläufe) und *Naturalisierung* (Intuitives Anwenden). Wie zuvor, ist auch in Tabelle 2 aus Platzgründen eine Beschränkung der Beschreibung notwendig.

Tabelle 2: Manuelle Fähigkeitsaspekte und ausgewählte experimentelle Teilkompetenzen.

	Versuch funktionsfähig aufbauen	**Beobachten / Messen / Dokumentieren**	**Daten aufbereiten**
Manipulation	Experiment wird nach Instruktion aufgebaut	(Mess-)Geräte oder Experimentiermaterialien werden nach Instruktion gehandhabt	Tabelle oder Graph werden frei Hand nach Instruktion angefertigt
Präzisierung	Präzises Einmessen des Versuchsaufbaus	Messungen werden präzise durchgeführt und dokumentiert, nachvollziehbare Skizzen etc. werden erstellt	Werkzeuge wie Geodreieck, Taschenrechner oder Computer werden eingesetzt
Naturalisierung	Gewohnte experimentelle Aufbauschritte laufen automatisiert ab	Gewohnte experimentelle Messungen und Dokumentationsarten laufen automatisiert ab	Gewohnte Arten der Datenaufbereitung werden automatisiert umgesetzt

Affektive Fähigkeitsaspekte der experimentellen Kompetenz

Auch für affektive Fähigkeitsaspekte steht eine bewährte Lernzieltaxonomie zur Verfügung (Bloom, 1976): *Imitation* (Erkennen, dass Verhaltensweisen bewertet werden), *Wertbeantwortung* (Handeln nach be- und erkannten Wertevorstellungen), *Wertung* (Dingen und Handlungen einen Wert beimessen), *Wertordnung* (Aufbau eines individuellen hierarchischen Wertesystems), *Verinnerlichung* (Integration der Werte in die eigene Persönlichkeit). Auch hier ist eine Umfangsreduktion aus formalen Gründen notwendig (Tabelle 3).

Tabelle 3: Affektive Fähigkeitsaspekte und ausgewählte experimentelle Teilkompetenzen.

	Fragestellung entwickeln	**Versuch funktionsfähig aufbauen**	**Schlüsse ziehen / diskutieren**
Wertung	Begründung der Notwendigkeit der Fragestellung	Einsicht, dass sorgfältiger Aufbau zu besserem Ergebnis führt	Einsicht, dass die Diskussion zur besseren Interpretation der Ergebnisse führt

Diskussion und Ausblick

In dem vorliegenden Artikel soll gezeigt werden, wie verschiedene Fähigkeitsaspekte und typische Teilkompetenzen in Verbindung gebracht werden können. Um experimentelle Kompetenz messbar zu machen, müssen aber auch Merkmale von Experimenten standardisierbar gemacht werden, z.B. der fachliche Kontext oder schwierigkeitserzeugende Merkmale. Hier bietet sich die Adaption des Aufgabenmerkmals *Komplexität* (Kauertz, 2008) an, da damit eine weitere Eingliederung in das ESNaS-Kompetenzstrukturmodell (Walpuski et. al 2008) gut umsetzbar ist.

Literatur

Bloom, Benjamin Samuel (Hg.) (1976): Taxonomie von Lernzielen im kognitiven Bereich. Unter Mitarbeit von Max D. Engelhart. 5. Aufl., 17. - 21. Tsd. Weinheim, Basel: Beltz (Beltz-Studienbuch, 35).

Gut-Glanzmann, Christoph; Mayer, Jürgen (2018): Experimentelle Kompetenz. In: Dirk Krüger, Ilka Parchmann und Horst Schecker (Hg.): Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, S. 121–140.

Hammann, M., Phan, T. H., & Bayrhuber, H. (2008). Experimentieren als Problemlösen: Lässt sich das SDDS-Modell nutzen, um unterschiedliche Dimensionen beim Experimentieren zu messen? In M. Prenzel, I. Gogolin, & H.-H. Krüger (Eds.), Zeitschrift für Erziehungswissenschaft Sonderheft: Vol. 8.

Harlen, W. (1999). Effective teaching of science: A review of research. SCRE publication Using research series: Vol. 21. Glasgow: Scottish Council for Research in Education.

Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. Science Education, 88(1), 28–54.

Kauertz, Alexander (2008): Schwierigkeitserzeugende Merkmale physikalischer Leistungstestaufgaben: Logos Berlin.

Maiseyenka, V., Nawrath, D. & Schecker, H. (2011). Modellbasierte Förderung und Diagnose von Experimentierkompetenz. In: D. Höttecke (Hg.): Naturwissenschaftliche Bildung als Beitrag zur Gestaltung partizipativer Demokratie. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Potsdam 2010. Münster: Lit Verlag.

Mayer, J., & Wellnitz, N. (2014). Die Entwicklung von Kompetenzstrukturmodellen. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung (S. 19–29). Berlin: Springer.

Schecker, Horst; Neumann, Knut; Theyßen, Heike; Eickhorst, Bodo; Dickmann, Martin (2016): Stufen experimenteller Kompetenz. In: ZfDN 22 (1), S. 197–213. DOI: 10.1007/s40573-016-0050-3.

Tesch, Maike; Duit, Reinders (2004): Experimentieren im Physikunterricht – Ergebnisse einer Videostudie. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften; 10, S. 51–69.

Walpuski, Maik; Kampa, Nele; Kauertz, Alexander; Wellnitz, Nicole (2008): Evaluation der Bildungsstandards in den Naturwissenschaften. In: Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht: MNU 61 (6), S. 323–326.

Wellnitz, Nicole; Mayer, Jürgen (2008): Evaluation von Kompetenzstruktur und –niveaus zum Beobachten, Vergleichen, Ordnen und Experimentieren. In: Erkenntnisweg Biologiedidaktik (7), S. 129–143.

Lars Ehlert[1]
Oliver Tepner[1]

[1]Universität Regensburg

Evaluation einer Fortbildung zum selbstgesteuerten Experimentieren

Theoretischer Hintergrund

Für einen zeitgemäßen Chemieunterricht wird u. a. der Einsatz von offenen Experimentierformen durch die deutschen Bildungsstandards im Fach Chemie gefordert (KMK, 2005, 2020). Zwar können im deutschen naturwissenschaftlichen Unterricht hohe Anteile an experimentierspezifischen Phasen beobachtet werden, dennoch inkludieren diese zumeist eher kochbuchartige Schüler- oder Lehrerdemonstrationsexperimente (Stiller, 2015; Tesch & Duit, 2004). Die Analysen der Unterrichtsmuster im Zuge der PISA-Studie 2015 bestätigen diese Befunde und zeigen auf, dass 80,2 % der befragten deutschen Lernenden einen naturwissenschaftlichen Unterricht erhalten, der wenig Chancen zur selbstständigen Entwicklung von Experimenten bietet (Schiepe-Tiska et al., 2016). Trotz der Kritik der möglichen Überforderung der Lernenden bei offenen Experimentierformen (Kirschner et al., 2006), weisen aktuelle Metaanalysen darauf hin, dass angemessene Öffnungen von Experimenten u. a. einen positiven Effekt auf den Fachwissenszuwachs und das prozedurale Wissen haben (Lazonder & Harmsen, 2016; Minner et al., 2010). Als Hinderungsgründe für die Durchführung von selbstgesteuerten Experimentierformen im Unterricht führen Lehrkräfte beispielsweise den vermeintlich höheren Zeitaufwand sowie fehlendes Wissen an (Fitzgerald et al., 2019; Newman et al., 2004). Das selbstgesteuerte Experimentieren lässt sich in den Naturwissenschaften aufgrund der Verwendung von unterschiedlichen Begriffen zur Beschreibung von Öffnungsgraden, wie z. B. „open inquiry (R. L. Bell et al., 2005)“ oder „open-ended inquiry (Hofstein et al., 2019)“, nicht eindeutig definieren (T. Bell et al., 2010). Dennoch lässt sich eine Tendenz bei der Beschreibung offener Experimentierformen ableiten, bei der einerseits über die Aktivitäten der Schülerinnen und Schüler, andererseits über den Grad der Lehrkräftezentrierung klassifiziert wird (Rönnebeck et al., 2016). Um den Anteil selbstgesteuerter Experimente im Chemieunterricht zu erhöhen, wurde im Rahmen dieses Forschungsvorhabens eine Fortbildung zur praxisorientierten Planung von selbstgesteuerten Experimenten im Chemieunterricht für Lehrkräfte der Sekundarstufe entwickelt. Die Förderung der Komponenten Planung und Reflexion des sog. enacted PCK (ePCK) im „Refined Consensus Modell“ nach Carlson et al. (2019) standen hier Fortbildung im Vordergrund. Die Lehrkräftefortbildung wurde hinsichtlich der ersten und zweiten Evaluationsebenen nach Lipowsky (2010) evaluiert, welche die Zufriedenheit und Akzeptanz aus Sicht der Teilnehmenden sowie die Erweiterung der Lehrerkognition intendieren.

Die Fortbildung wurde mittels der möglichen Merkmale für effektive naturwissenschaftsdidaktische Lehrkräftefortbildungen, wie die Einbindung der Teilnehmenden in die praktische Experimentierphasen (Capps et al., 2012), konzipiert. Zur Unterstützung der Lehrkräfte wurde im Zuge der Fortbildung ein innovatives und literaturbasiertes Strukturierungskonzept vorgestellt. Mit diesem Konzept können einerseits selbstgesteuerte Experimente geplant werden, andererseits können bestehende imitatorische Versuche zu selbstgesteuerten Experimenten mit beliebigen Öffnungsgraden für Lerngruppen modifiziert werden (Ehlert & Tepner, 2020).

Ziele, Forschungsfragen und Methoden

Das Ziel dieses Forschungsprojekts war die Entwicklung und Evaluierung einer eintägigen Fortbildung für Chemielehrkräfte der Sekundarstufe zur Förderung der Planungskompetenz bezüglich selbstgesteuerter Experimente. Begleitend wurde die Entwicklung des fachdidaktischen Wissens der Teilnehmenden hinsichtlich der Planungskompetenz von selbstgesteuerten Experimenten in einem Prä-Post-Follow-Up-Design empirisch untersucht. Zur Erfassung des fachdidaktischen Wissens wurden ein Messinstrument im Multiple-Choice–Multiple-Select-Format schrittweise entwickelt und die Güte des Messinstruments evaluiert. Die Validierung des Tests zur Planungskompetenz von selbstgesteuerten Experimenten erfolgte anhand des fachdidaktischen Tests von Backes et al. (2012) im Zuge eines Studierendenseminars, das ebenfalls die Planungskompetenz der Teilnehmenden hinsichtlich selbstgesteuerte Experimente mit einem ähnlichem Konzept förderte (Seiler & Tepner, 2020). Die Evaluation der Akzeptanz und Zufriedenheit der Teilnehmenden mit der Fortbildung erfolgte mittels der adaptierten Fragebögen von Schmitt (2016) und Telser (2019).

Im Rahmen des Forschungsprojekts wurden folgende Forschungsfragen (F) aufgestellt:

- F 1: Kann die Maßnahme einen fachdidaktischen Wissenszuwachs der teilnehmenden Lehrkräfte im Bereich der Planung von selbstgesteuerten Experimenten kurz- sowie langfristig fördern?
- F 2: Kann der neuentwickelte Test das fachdidaktische Wissen der Teilnehmenden hinsichtlich der Planung von selbstgesteuerten Experimenten reliabel und valide erfassen?

Ergebnisse

Die 43 Fortbildungsteilnehmenden der Hauptstudie erreichten im Zuge eines Prä-Post-Vergleichs einen höchst signifikanten Lernzuwachs mit einer mittleren Effektstärke ($Z = -2.98$, $p = .003$, $r = .45$). Eine einfaktorielle ANOVA mit Messwiederholung mit 14 teilnehmenden Lehrkräften erfasste einen höchst signifikanten Unterschied zwischen den drei Messungen mit einer großen Effektstärke ($F(2,26) = -10.18$, $p = .001$, $\eta^2 = .430$). Ein Bonferroni korrigierter post-hoc Test wies einen hoch signifikanten Unterschied zwischen dem Prä- und Posttest mit einer großen Effektstärke auf ($p = .003$, $f = .88$). Zudem konnte ein signifikanter Unterschied zwischen dem Prä- und Follow-Up-Test mit einer großen Effektstärke gemessen werden ($p = .016$, $f = .88$). Ein signifikanter Unterschied zwischen Post- und Follow-Up-Test konnte nicht aufgezeigt werden. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass das in der Fortbildung erworbene Wissen langfristig behalten wurde.

Der Test zur experimentellen Planungskompetenz wies im Rahmen der Hauptstudie einen guten Cronbachs Alpha-Wert von .827 auf. Zudem schien der Test valide zu sein. Außerdem zeigte eine Rasch-Analyse, dass die Items das zu erfassende Konstrukt in der Gesamtheit akzeptabel abbildeten. Die Lehrkräftefortbildung wurde zudem durch die Teilnehmenden hinsichtlich der Zufriedenheit und der Akzeptanz in der Gesamtheit positiv beurteilt.

Literatur

Backes, A., Sumfleth, E. & Tepner, O. (2012). *Test zum experimentell-fachdidaktischen Wissen von Chemielehrkräften* [unveröffentlicht]. Essen.

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.

Capps, D. K., Crawford, B. A. & Constas, M. A. (2012). A Review of Empirical Literature on Inquiry Professional Development: Alignment with Best Practices and a Critique of the Findings. *Journal of Science Teacher Education*, *23*(3), 291–318.

Carlson, J., Daehler, K. R., Alonzo, A. C., Barendsen, E., Berry, A., Borowski, A., Carpendale, J., Kam Ho Chan, K., Cooper, R., Friedrichsen, P., Gess-Newsome, J., Henze-Rietveld, I., Hume, A., Kirschner, S., Liepertz, S., Loughran, J., Mavhunga, E., Neumann, K., Nilsson, P., . . . Wilson, C. D. (2019). The Refined Consensus Model of Pedagogical Content Knowledge in Science Education. In A. Hume, R. Cooper & A. Borowski (Hrsg.), *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science* (S. 77–94). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-13-5898-2_2

Ehlert, L. & Tepner, O. (2020). Konzept zur Öffnung geschlossener Experimentieranleitungen in Chemie. In S. Habig (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen: Jahrestagung in Wien 2019* (S. 868–871).

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

Hofstein, A., Dkeidek, I., Katchevitch, D., Nahum, T. L., Kipnis, M., Navon, O., Shore, R., Taitelbaum, D. & Mamlok-Naaman, R. (2019). Research on and Development of Inquiry-Type Chemistry Laboratories in Israel. *Israel Journal of Chemistry*, *59*(6-7), 514–523. https://doi.org/10.1002/ijch.201800056

Kirschner, P. A., Sweller, J. & Clark, R. E. (2006). Why Minimal Guidance During Instruction Does Not Work: An Analysis of the Failure of Constructivist, Discovery, Problem-Based, Experiential, and Inquiry-Based Teaching. *Educational Psychologist*, *41*(2), 75–86.

KMK. (2005). *Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10): Beschluss vom 16.12.2004*. *Beschlüsse der Kultusministerkonferenz*. Wolters Kluwer.

KMK. (2020). *Bildungsstandards im Fach Chemie für die Allgemeine Hochschulreife: Beschluss vom 18.06.2020*.

Lazonder, A. W. & Harmsen, R. (2016). Meta-Analysis of Inquiry-Based Learning. *Review of Educational Research*, *86*(3), 681–718. https://doi.org/10.3102/0034654315627366

Lipowsky, F. (2010). Lernen im Beruf: Empirische Befunde zur Wirksamkeit von Lehrerfortbildungen. In F. H. Müller, A. Eichenberger, M. Lüders & J. Mayr (Hrsg.), *Lehrerinnen und Lehrer lernen: Konzepte und Befunde zur Lehrerfortbildung* (S. 51–72). Waxmann.

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.

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.

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

Schiepe-Tiska, A., Schmidtner, S., Müller, K., Heine, J.-H., Knut, N. & Lüdtke, O. (2016). Naturwissenschaftlicher Unterricht in Deutschland in PISA 2015 im internationalen Vergleich. In K. Reiss, C. Sälzer, A. Schiepe-Tiska, E. Klieme & O. Köller (Hrsg.), *PISA 2015: Eine Studie zwischen Kontinuität und Innovation* (S. 133–176). Waxmann.

Schmitt, A. (2016). *Entwicklung und Evaluation einer Chemielehrerfortbildung zum Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung* [Dissertation]. Logos Verlag Berlin GmbH, Berlin.

Seiler, F. & Tepner, O. (2020). Evaluation eines Seminars zur Planung selbstgesteuerter Experimente. In S. Habig (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen: Jahrestagung in Wien 2019* (S. 645–648).

Stiller, J. (2015). *Scientific Inquiry im Chemieunterricht: Eine Videoanalyse zur Umsetzung von Erkenntnisgewinnungsprozessen im internationalen und schulstufenübergreifenden Vergleich.* Humbolt-Universität zu Berlin, Berlin.

Telser, V. (2019). *Erfassung und Förderung experimenteller Kompetenz von Lehrkräften im Fach Chemie*. *Studien zum Physik- und Chemielernen: Band 282*. Logos Verlag.

Tesch, M. & Duit, R. (2004). Experimentieren im Physikunterricht – Ergebnisse einer Videostudie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *10*, 51–69.

Steffen Brockmüller[1]
Mathias Ropohl[1]

[1]Universität Duisburg-Essen

Ein Mixed-Methods-Zugang zur Untersuchung von Schwierigkeiten beim Auswerten von Versuchsdaten

Theoretischer Hintergrund

In den Naturwissenschaften sind Lernende beim Auswerten von Versuchsdaten in Denk- und Arbeitsweisen involviert, die (1) das Daten Aufbereiten und (2) Interpretieren, (3) das Schlussfolgern, (4) die kritische Reflexion des Versuchs sowie das (5) Finden möglicher Generalisierungen einschließen. Derartige Operationen fallen Lernenden häufig schwer, so bspw. das Ableiten von Trends aus Daten, das Belegen von Schlussfolgerungen mit Versuchsergebnissen oder das Berücksichtigen von Gütekriterien beim Beurteilen von Daten (Jeong, Songer & Lee, 2007; Lubben & Millar, 1996; Sandoval & Millwood, 2005).

Insbesondere für prozedural komplexere Versuche von Oberstufenlernenden der Chemie ist allerdings bislang wenig darüber bekannt, welche Schwierigkeiten bestehen. Auch ist nicht geklärt, inwiefern diese Schwierigkeiten mit dem Vorwissen der Schülerinnen und Schüler zusammenhängen. Entsprechend gängigen Konzeptualisierungen des *Scientific Reasonings* (Opitz et al., 2017) werden prozedurales (d.h. auf das Auswerten von Versuchsdaten bezogenes) Wissen, epistemisches (d.h. auf Konzepte und Begründungen wissenschaftlichen Arbeitens bezogenes) Wissen und Fachwissen als mögliche Bedingungsfaktoren für die Performanz von Lernenden beim Experimentieren allgemein und beim Auswerten der darin erhobenen Daten im speziellen vermutet (Osborne, 2018).

Fragestellung

In der hier beschriebenen Untersuchung werden diese als Schwierigkeiten salient werdenden situationsspezifischen Denkprozesse der Lernenden aus ihrem Kommunizieren und Handeln beim Auswerten von Experimenten abgeleitet und in Bezug zu relevanten Wissensdispositionen gesetzt (Blömeke, Gustafsson & Shavelson, 2015; Vorholzer & von Aufschnaiter, 2020). Geklärt werden sollen dadurch folgende Forschungsfragen:

1. Welche Schwierigkeiten bei der Datenauswertung bestehen bei Lernenden der Oberstufe beim Auswerten aus chemischen Versuchen gewonnener Daten?
2. Welche Zusammenhänge bestehen zwischen dem Auftreten dieser Schwierigkeiten und dem Fachwissen sowie dem prozeduralen und epistemischen Wissen der Schülerinnen und Schüler?

Methode

Im Rahmen dieses Vorhabens läuft gegenwärtig (Stand Oktober 2021) eine Studie, bei der Lernende der Q1 und Q2 ($N = 100$) beim Durchführen und Auswerten von zwei inhaltlich und strukturell ähnlichen Versuchen in Zweiergruppen videographiert werden. Bei den Versuchen handelt es sich um hypothesenprüfende Versuche zu Säuren und Basen. Im ersten Setting untersuchen die Lernenden zwei Salzlösungen auf ihre Pufferwirkung. Im zweiten Setting vergleichen sie die Säurestärke zweier Säurelösungen. Die Problemstellung, Forschungsfrage, Hypothese und Durchführung der Versuche werden den Lernenden vorgegeben. Die Daten

nehmen die Lernenden mithilfe digitaler Sensoren auf, die eine Darstellung von abgelaufener Zeit, zugetropftem Volumen von Säure bzw. Base sowie pH-Wert in Form separater Tabellen ermöglichen. Ein Begleitheft mit offenen Fragen, die auf die o.g. Operationen des Auswertens von Versuchsdaten abheben, unterstützen die Lernenden beim Auswerten der Daten in diesen Tabellen.

Die so erhaltenen Videodaten werden, ergänzt durch die Lernendenantworten, mithilfe einer kategorienbildenden qualitativen Inhaltanalyse (Mayring, 2015) induktiv auf Schülerschwierigkeiten untersucht. Als Selektionskriterium dient dabei das Auftreten einer *unmittelbar beobachtbaren Schwierigkeit*, welches durch ein von Kechel (2016) adaptiertes Kodiermanual operationalisiert wird. Um das Vorwissen der Lernenden zu erheben, steht für die drei relevanten Wissensbereiche je ein Instrument zur Verfügung. Diese wurden aus bestehenden Skalen adaptiert und anschließend pilotiert (s. Brockmüller & Ropohl, 2021). Die Instrumente kommen vor der Durchführung der Versuche zum Einsatz und werden IRT-basiert ausgewertet. Zur Kontrolle der kognitiven Fähigkeiten wird eine nonverbale KFT-Skala verwendet.

Ergebnisse einer Pilotstudie

Im Zuge einer Erprobung des ersten Experimentiersettings (s. Brockmüller & Ropohl, 2021) wurden $N = 22$ Lernende beim Durchführen des Versuchs zur Untersuchung eines Säure-Base-Puffers in Zweiergruppen videographiert. Die Aufgabe für die Lernenden bestand zunächst darin, aus der technisch bedingt großen Anzahl an Datenpaaren systematisch aufzutragende Daten auszuwählen und in Form von Titrationskurven darzustellen. Darauf aufbauend strukturierten offene Aufgaben ihren Auswertungsprozess.

Die resultierenden elf Videos wurden mithilfe des oben beschriebenen Kodiermanuals inhaltsanalytisch ausgewertet. Dazu analysierten zwei Kodierer jeweils alle 11 Videos mithilfe von MAXQDA 2020 und erstellten dabei induktiv je ein Kategoriensystem von beobachteten Schwierigkeiten. Anschließend wurden diese beiden Systeme kritisch verglichen und zusammengeführt. Zur Prüfung der Intercoder-Reliabilität dieses Kategoriensystems wurde dieses anschließend erneut auf die 11 Videos angewendet. Beteiligt war ein Kodierer aus dem ersten Durchgang sowie ein dritter, neu an Kodiermanual und Kategoriensystem geschulter, Kodierer.

Ein Vergleich der Kodierungen dieses zweiten, deduktiven Durchgangs liefert eine nach Landis und Koch (1977) als substanziell zu bezeichnende Intercoder-Übereinstimmung von $\kappa = .62$, was angesichts der hohen Inferenz des zu kodierenden Merkmals ein adäquates Ergebnis darstellt. Das finale Kategoriensystem ist in Tabelle 1 einzusehen. Im Durchschnitt wurde eine Schwierigkeitskategorie für $M = 3.34$ Proband:innen kodiert ($SD = 4.33$). Pro Proband:in wurden durchschnittlich $M = 5.55$ Schwierigkeiten diagnostiziert ($SD = 1.60$, $Min = 3$, $Max = 9$). Es überwiegen bislang deutlich Kategorien für den Bereich *Daten aufbereiten*, was als Artefakt einer häufig unvollständigen Bearbeitung des Settings zu interpretieren ist. Eine Reduzierung des Zeitaufwands der Durchführung der Versuche sowie eine veränderte Schwerpunktsetzung der Auswertung schafft diesbezüglich für die Hauptstudie Abhilfe.

Tabelle 1
Inhaltsanalytisch abgeleitete Schwierigkeitskategorien

	#	Kurzbezeichnung der Kategorie
Daten aufbereiten	**1**	Unsicherheit beim Skalieren der Diagramme
	2	Auswahl von Variablen
	3	Zuweisung von Variablen auf Achsen
	4	Uneinheitl. Auflösung der Diagramme
	5	Uneinheitliche Intervallschritte innerhalb *eines* Diagramms
	6	Auflösung d. Diagramme zu groß/ klein
	7	Fehler beim Eintragen
	8	Eintragen ausgedachter Werte
	9	Auswahl v. Messdaten unsystematisch
	10	Keine Auswahl von Messwerten
	11	Zu grobe Auswahl von Messwerten
	12	Auswahl der Messwerte in Zeitintervallen
	13	Auswahl d. Messwerte durch Abzählen
	14	Auswahl v. Messwerten - Unsicherheit
	15	Nicht in *einem* Diagramm verglichen
	16	Unnötig Werte am Ende eingetragen
	F	Ungerichtete Frustration (Aufbereiten)
Daten interpretieren	**1**	Beschreibung d. Kurvenverlaufs ungenügend
	2	Interpretationsansatz ungenau
	3	Interpretation fachlich falsch
	4	Falsches Ablesen
	5	Mangelndes Vertrauen in eigenes Vorwissen
	F	Ungerichtete Frustration (Interpretieren)
Schlussf.	**1**	Kein Hypothesenbezug
	2	Keine Begründung der Schlussfolgerung
	3	Falsches Versuchsziel verfolgt
	F	Ungerichtete Frustration (Schlussfolgern)
Beurteilen	**1**	Fehler erkannt, aber nicht identifiziert
	2	Unsicherheit im Umgang mit anomalem Messwert
	3	Schweren Fehler nicht erkannt
	F	Ungerichtete Frustration (Beurteilen)
Ge	**1**	Folgeexperiment ungenau beschrieben
	F	Ungerichtete Frustration (Generalisieren)
Global	**1**	Ungültiges Abkürzen durch Vorwissen
	2	Zeit nicht genutzt
	3	Zeitmangel

Anmerkungen. Schlussf. = Schlussfolgern. Ge = Generalisieren.

Binär-logistische Regressionsanalysen des Einflusses der Personenfähigkeiten in den verschiedenen Wissensbereichen auf das Auftreten dieser Kategorien zeigen nicht zuletzt aufgrund der geringen Stichprobengröße in der Pilotstudie ein wenig konklusives Bild. So steigt die Wahrscheinlichkeit für unsystematische Auswahl von Messwerten zur Aufbereitung in Graphen (Schwierigkeit 9 beim *Aufbereiten*) mit steigendem epistemischen Wissen (B = 1.25, SE = .61, Wald = 4.16, p =.042, exp(B) = 3.47, CI[1.05, 11.49]). Die Wahrscheinlichkeit, mehrere zu vergleichende Graphen nicht einheitlich zu skalieren (Schwierigkeit 4 beim *Aufbereiten*), sinkt mit steigendem Fachwissen (B = -2.39, SE = 1.12, Wald = 4.53, p =.033, exp(B) = 0.092, CI[.01,.83]). In beiden Fällen lassen große Konfidenzintervalle allerdings auf die Notwendigkeit der geplanten Stichprobenvergrößerung für derartige Analysen in der Hauptstudie schließen. Weitere Regressionskoeffizienten sind nicht signifikant bzw. wurden wegen einer geringen Zahl an Fällen nicht berechnet.

Literatur

Blömeke, S., Gustafsson, J.-E., & Shavelson, R. J. (2015). Beyond dichotomies: Competence viewed as a continuum. *Zeitschrift für Psychologie*, 223 (1), 3-13.

Jeong, H., Songer, N.B. & Lee S.-Y. (2007). Evidentiary Competence: Sixth Graders' Understanding for Gathering and Interpreting Evidence in Scientific Investigations. *Research in Science Education* 37 (1), 75-97.

Kechel, J.-H. (2016). *Schülerschwierigkeiten beim eigenständigen Experimentieren. Eine qualitative Studie am Beispiel einer Experimentieraufgabe zum Hooke'schen Gesetz*. Berlin: Logos.

Landis, J., & Koch, G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 33, 159-174.

Lubben, F. & Millar, R. (1996). Children's ideas about the reliability of experimental data. *International Journal of Science Education*, 18(8), 955-968.

Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken* (12., überarb. Aufl.). Weinheim: Beltz.

Opitz, A., Heene, M. & Fischer, F. (2017). Measuring scientific reasoning – a review of test instruments. *Educational Research and Evaluation,* 23 (3-4), 78-101.

Osborne, J. (2018). Styles of scientific reasoning: What can we learn from looking at the product, not the process, of scientific reasoning? In Fischer, F., Chinn, C. A., Engelmann, K., & Osborne, J. (eds.), *Scientific reasoning and argumentation: The roles of domain-specific and domain-general knowledge*. London: Routledge.

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.

Vorholzer, A. & Aufschnaiter, C. v. (2020). Dimensionen und Ausprägungen fachinhaltlicher Kompetenz in den Naturwissenschaften – ein Systematisierungsversuch. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 26, 1-18.

Arne Bewersdorff [1]
Armin Baur[2]
Markus Emden[3]

[1]Technische Universität München
[2]Pädagogische Hochschule Heidelberg
[3]Pädagogische Hochschule Zürich

Untersuchung der Effektivität einer Lehrkräftefortbildung zum Experimentieren mit Fokus auf das Unterrichtshandeln

Für die Untersuchung der Effektivität von zwei Fortbildungsformaten zum geöffneten Experimentieren werden qualitativ mittels Videografie mögliche, durch die Fortbildung angestoßene Änderungen im Unterrichtshandeln erfasst. Hierzu wurde induktiv ein Kategoriensystem entwickelt, welches die methodische Tiefenstruktur des Unterrichtshandelns der Lehrkraft zum Experimentieren erfasst. Anschließend wurde das Kategoriensystem validiert. Zur Aufnahme des Offenheitsgrades des Experimentierprozesses sowie der Dauer der einzelnen Teilprozesse des Experiments wurden vorhandene Manuale adaptiert.
Die Ergebnisse zeigen, dass Änderungen des Unterrichtshandelns weitgehend unabhängig vom Fortbildungsformat von den Lehrkräften ausgelöst wurden. Allgemein ist jedoch eine Abkehr vom kochrezeptartigen Experimentieren hin zu einer stärkeren Öffnung, begleitet von Unterstützungsangeboten zu erkennen.

Studiendesign und Methoden

Die Studie untersucht die Wirksamkeit von zwei Fortbildungsformaten. Die Formate unterscheiden sich allein in Bezug auf die Kooperationstiefe zwischen den Teilnehmenden. Während in einem Format die Lehrkräfte Arbeitsaufträge zwischen den Fortbildungstreffen selbstständig bearbeiten und von den Fortbildnern bei Hospitationen individuell beraten werden (Vergleichsgruppe), werden die Lehrkräfte in dem anderen Fortbildungsformat ermutigt, Arbeitsaufträge kokonstruktiv zu bearbeiten, und es finden Gruppen- anstelle von Einzelhospitationen statt (Treatmentgruppe). Es wird erwartet, dass sich in der Gruppe mit intensivierter Zusammenarbeit bezüglich des Unterrichtshandelns der Lehrkräfte stärkere Effekte zeigen. Das Gesamtdesign der Studie ist aus Abbildung 1 ersichtlich.
Die Lehrkräfte (Sek. I) beider Gruppen (N=36) werden im Laufe eines Schulhalbjahrs in drei schulinternen Arbeitstreffen in das 'Entdeckende Experimentieren' (Emden und Baur 2017) eingeführt. Die Zuweisung der Lehrkräfte zu einem der Fortbildungsformate erfolgte gemäß des selbst berichteten Grades der Zusammenarbeit an den Schulen. Das erste Arbeitstreffen führt die Lehrkräfte in die Prozesse des geöffneten Experimentierens ein, das zweite beschäftigt sich mit Fehlern und Fehlkonzepten von Lernenden beim Experimentieren, und das dritte Arbeitstreffen führt in Aspekte der formativen und summativen Bewertung des Experimentierens ein. Nach den Arbeitstreffen fanden jeweils zwei Hospitationen statt, in denen Lehrkräfte eine Unterrichtsstunde mit Experiment zeigen sollten.
Das Unterrichtshandeln wurde mittels Videografie untersucht (ebenfalls vor und nach der Fortbildung, n=15 mit $n_{kokonstruktiv}$=6, $n_{individualisiert}$=9). Für die Videografie wurdenein zeitbasiertes Kategoriensystem und ein Ratingmanual (Stiller 2015; Baur und Emden 2020) jeweils adaptiert. Für die vertiefende Analyse wurde ein dichotomes Kategoriensystem neu entwickelt. Das zeitbasierte Kategoriensystem erfasst die Zeit, die den einzelnen Teilprozessen des Experimentierens vor und nach der Fortbildung gewidmet wird (*"Phasen des Experimentierprozesses"*). Dazu wurden die Videos in 15-Sekunden-Intervallen in die Teilprozesse des Experimentierens kategorisiert (z. B. 'Fragestellung', 'Planen' oder 'Auswerten'). Dies gibt Aufschluss darüber, ob sich die Priorisierung der Teilprozesse im Laufe der Fort-

bildung verschiebt. Ein Ratingmanual wurde verwendet, um den Öffnungsgrad während der einzelnen Teilprozesse des Experimentierens anhand einer 4-Punkt-Likert-Skala einzuschätzen. Ziel ist es, Informationen darüber zu erhalten, ob die Fortbildungsformate Lehrkräfte erfolgreich ermutigen, differenzierte Öffnungsgrade zu implementieren. Zur Identifikation weiterer Merkmale des Unterrichtshandelns, die mit dem Experimentieren zusammenhängen (z. B. Nutzung der Variablenkontrollstrategie), wurde ein dichotomes Kategoriensystem neu entwickelt. Das Kategoriensystem wurde induktiv aus zwölf Videotranskripten dieser Studie erstellt, anschließend deduktiv mit Kategorien aus bestehenden Instrumenten ergänzt (Wee et al. 2007; Weiss et al. 2003) und abschließend validiert.

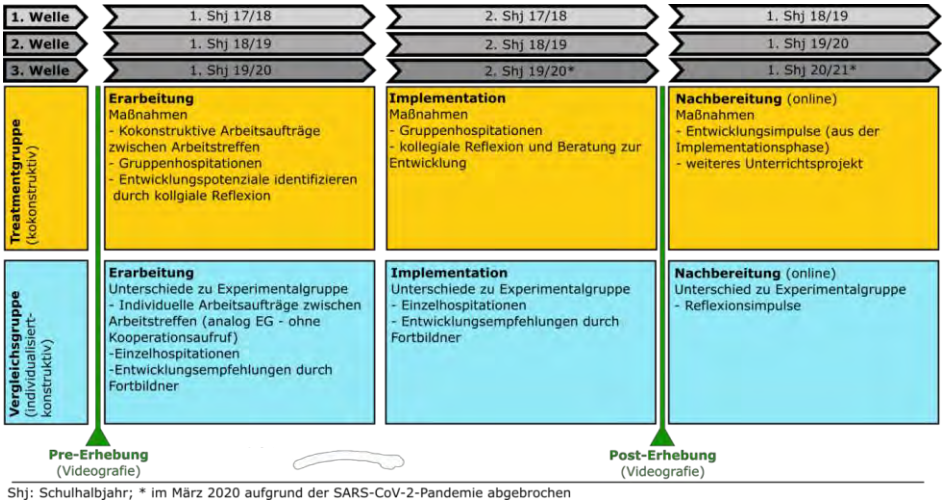


Abb. 1: Studiendesign

Ergebnisse

1. Kategoriensystem "Phasen des Experimentierprozesses"

Die Daten sind metrisch skaliert; Normalverteilung ist für keinen Teilprozess gegeben. Daher wurden zweiseitige exakte Wilcoxon-Tests für verbundene Stichproben durchgeführt.

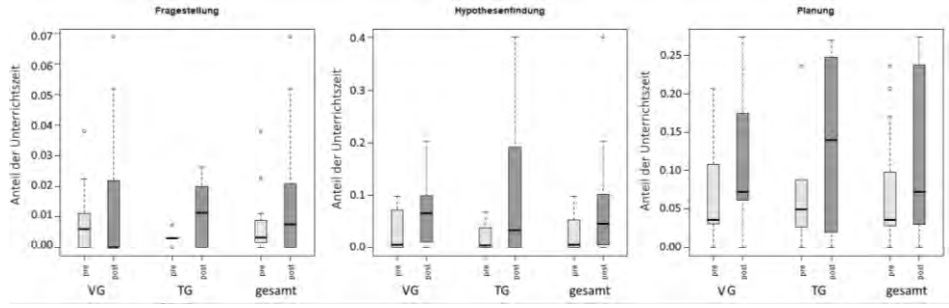


Abb. 2. Anteile der Unterrichtszeit für die Teilprozesse 'Fragestellung', 'Hypothesenfindung' und 'Planung' (pre/post für Vergleichs- (VG), Treatmentgruppe (TG) und Gesamtstichprobe)

Die Teilprozesse 'Fragestellung', 'Hypothesenfindung' und 'Planung' zeigen – insbesondere für die Treatmentgruppe – sowohl eine Erhöhung der Unterrichtszeit als auch eine Indivi-

dualisierung (Erhöhung der Standardabweichung in Abb.2). Im Falle der ‚Fragestellung' scheint aus der statistischen Signifikanz keine praktische Bedeutsamkeit ableitbar. Bei der Hypothesenfindung zeigt sich jedoch für die Vergleichsgruppe ein signifikanter (p = .031, T = 4) mittelstarker bis starker (d = .668) Effekt. Dieser Effekt ist mit vergleichbarer Stärke (d = .710) in der Gesamtstichprobe signifikant (p = .021, T = 9). Dies könnte ein Hinweis darauf sein, dass sich das Bewusstsein der Lehrkräfte verändert hat und beim Experimentieren eine fundierte theoretische Vorbereitung (Minds On) stärker als wesentlicher Bestandteil wahrgenommen wird anstelle einer vornehmlich manuellen Durchführung (Hands On).

2. Ratingmanual "Öffnungsgrade der Teilprozesse"
Es wurden zweiseitige exakte Wilcoxon-Tests für verbundene Stichproben durchgeführt.
Mit Ausnahme von 'Schlussfolgerung' in der Vergleichsgruppe und 'Fragestellung' in der Treatmentgruppe zeigt sich für alle Teilprozesse eine Zunahme des Offenheitsgrades zwischen den beiden Messzeitpunkten. Betrachtet man den gesamten Experimentierprozess ('Total'), so zeigt sich ein mittelstarker bis starker (d = .702) signifikanter (p = .022, T = 18) Effekt für die Treatmentgruppe. Die Gesamtstichprobe zeigt bezogen auf den gesamten Experimentierprozess einen signifikanten (p = .014, T = 147) mittleren (d = .496) Anstieg des Öffnungsgrades (Abb. 3).

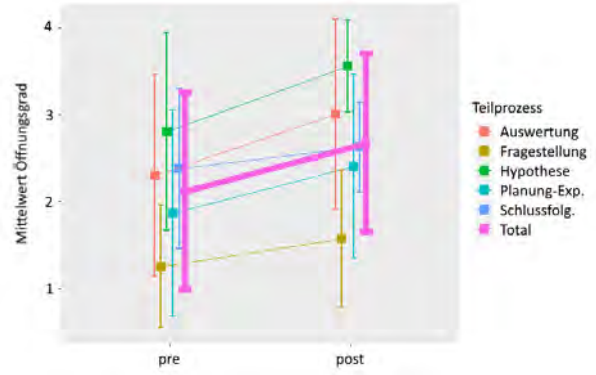


Abb. 3. Die Entwicklung der Öffnungsgrade für die Gesamtstichprobe

3. Kategoriensystem "Unterrichtshandeln von Lehrkräften beim Experimentieren"
Die Daten sind dichotom; es wurden exakte Binomialtests durchgeführt.
Für die Dimensionen 'Prozessstruktur' und 'Reflexion' wurden keine signifikanten Veränderungen im Unterrichtshandeln festgestellt. Bezüglich der Dimension 'Unterstützte Offenheit' zeigt die Treatmentgruppe einen kleinen bis mittleren (d = .313) signifikanten Effekt (p = .026, W = 6) auf das Unterrichtshandeln. Für die Gesamtstichprobe bleibt der Effekt signifikant (p = .035, W = 13), aber bestenfalls gering (d = .162).

Insgesamt deuten die Ergebnisse darauf hin, dass beide Fortbildungsformate dem Unterrichtshandeln förderlich sind. Obwohl die Effekte in der Treatmentgruppe in der Regel etwas höher sind, lässt sich – auch aufgrund der geringen Stichprobe und einer ungleichen Verteilung der Probanden aufgrund pandemiebedingter Ausfälle – keine eindeutige Aussage über die Überlegenheit des kokonstruktiven Fortbildungsformats treffen.

Literatur

Baur, Armin; Emden, Markus (2020). How to open inquiry teaching? An alternative teaching scaffold to foster students' inquiry skills. In: Chemistry Teacher International 2 (1), S. 1–12.

Emden, Markus; Baur, Armin (2017). Effektive Lehrkräftebildung zum Experimentieren – Entwurf eines integrierten Wirkungs- und Gestaltungsmodells. In: ZfDN 23 (1), S. 1–19.

Stiller, Jaana (2015). Scientific Inquiry im Chemieunterricht. Eine Videoanalyse zur Umsetzung von Erkenntnisgewinnungsprozessen im internationalen und schulstufenübergreifenden Vergleich. Humboldt-Universität, Berlin.

Wee, Bryan; Shepardson, Dan; Fast, Juli; Harbor, Jon (2007). Teaching and Learning About Inquiry. Insights and Challenges in Professional Development. In: J Sci Teacher Education 18 (1), S. 63–89.

Weiss, Iris; Pasley, Joan; Smith, Sean; Banilower, Eric; Heck, Daniel (2003). Looking Inside the Classroom. A Study of K–12 Mathematics and Science Education in the United States. Horizon Research, Inc.

Philipp Engelmann[1] [1]Friedrich-Schiller-Universität Jena
Volker Woest[1]

Digitale Lerngemeinschaften als kohärente Lehr-Lern-Räume

Einführung und bisherige Arbeiten

Professionelle Lerngemeinschaften stellen schon seit vielen Jahren ein zentrales Handlungsfeld der Schulpraxis wie auch der Bildungsforschung für eine gelingende Schulentwicklung dar (Bonsen & Rolff, 2006). An der Friedrich-Schiller-Universität Jena wird im Rahmen der Qualitätsoffensive Lehrerbildung dieses Modell in ein digitales Format übersetzt. Dabei wird eine verbesserte Zusammenarbeit zwischen Dozent:innen der Universität und Mentor:innen an Schulen zur Stärkung der Theorie-Praxis-Anbindung für Praxissemesterstudierende angestrebt. Dieses Vorhaben, dass sich im Rahmen der Qualitätsoffensive Lehrerbildung durch das Projekt DiLe (Digitale Lerngemeinschaften zur kohärenten Lernbegleitung im Jenaer Modell der Lehrerbildung) verankert (DiLe, 2021), stellt ein empirisch begleitetes Praxisbeispiel für die aktuelle Diskussion um Kohärenz in der Lehrkräftebildung dar (Hellmann, Kreutz, Schwichow & Zaki, 2019; Degeling et al., 2019). Inhaltlich umfasst das Projekt, dessen Struktur bereits an anderer Stelle ausführlich dargestellt wurde (Engelmann & Woest, 2021a), die Disziplinen Bildungswissenschaft, Pädagogische Psychologie (Weber-Liel & Kracke, 2021) sowie Fachdidaktik. Für die Fachdidaktik Chemie besteht die zentrale Aufgabe darin, fachdidaktische Wissensfacetten, mit denen Studierende in das Praxissemester einsteigen, abzubilden und Lehrkräften in Form digitaler Lernfelder zugänglich zu machen. Dazu wurden die Themen Modelle, Schülervorstellungen, Sprache im Fach, Didaktische Rekonstruktion, Forschendes Lernen, Aufgabenkultur/Lernhilfen und Chemie im Kontext gemeinsam mit Studierenden entwickelt und von insgesamt fünf Lehrkräften pilotiert (Engelmann & Woest, 2021b). Die Pilotierung wurde mithilfe eines mixed-methods-Designs (Fragebogen und Interviews) begleitet, dessen Ergebnisse im Folgenden dargestellt werden sollen.

Studiendesign

Der Fragebogen umfasst die Dimensionen *Interesse* an, *strukturelle Gestaltung* der, *inhaltliche Gestaltung* der und *bewerteter Nutzen* der Lernfelder. Diese wurden durch 4-stufige Likert-Skalen und auf affektiver Seite durch ein Polaritätsprofil abgebildet. Darüber hinaus wurden ausgewählte Strukturelemente auf einer Notenskala eingeschätzt. Dazu zählen: *Einstieg, Erarbeitung* und *Festigung* innerhalb des bearbeiteten Bausteins, die *Qualität der eingesetzten Videos*, die *Literaturempfehlung* sowie die *Übersichtlichkeit* des Moodleraums. Weiterhin wurden in halboffenen Formaten Angaben über gewünschte, weitere *inhaltliche Schwerpunktsetzungen*, weitere *Strukturelemente* und weitere *Zusammenarbeiten* erhoben. In offenen Formaten konnten *gut gelungene* und *verbesserungswürdige Aspekte* sowie *weitere Auffälligkeiten* notiert werden. Der Interviewleitfaden bestand aus den folgenden Fragen:

- Haben Sie im Fragebogen irgendwelche Verständnisschwierigkeiten gehabt?
- Welchen Mehrwert sehen Sie bei den Lernfeldern? Welchem Zweck dienen diese?
- Was hätten Sie gänzlich anders gemacht? Was hätten Sie genauso gemacht?
- Welche Empfehlungen haben Sie für uns für die Hauptphase im kommenden Schuljahr?
- Für welche anderweitigen Zwecke (Fortbildung, , aktuelle Baustellen an Schulen) könnten Sie sich ein ähnliches Vorgehen vorstellen? Wie würde dies aus Ihrer Sicht aussehen?
- Welchen Unterstützungsbedarf haben Sie oder Kolleg:innen in Bezug auf Digitalisierung?

Zentrale Ergebnisse

Das Polaritätsprofil (Abb. 1) zeigt hinsichtlich der Bearbeitung der Lernfelder ein grundsätzliches Interesse. Auffällig ist die Bewertung als eher phantasielos. Zu vermuten wäre, dass diese mit der schulnahen aber natürlich wenig kreativen Struktur der Lernfelder (Einstieg – Erarbeitung – Ergebnissicherung) einhergeht. Hinsichtlich der Gestaltung kann abgeleitet werden, dass diese von den Lehrkräften als abwechslungsreich, gut strukturiert und vielfältig betrachtet wird. Den Inhalten wird eine hohe Bedeutung zugemessen, zudem seien die Lernfelder schulnah und zweckmäßig. Die Skalen Gestaltung, Inhalte und Nutzen untermauern dieses Bild (Abb. 1). Bei der Frage zur eigenständigen Vertiefungsmöglichkeit (Item 3, Skala Gestaltung) ergibt sich ein eher differenziertes Bild. Hier wäre zu hinterfragen, inwieweit das Projekt ausreichend Rücksicht auf die individuellen Bedürfnisse der Lehrkräfte nimmt. Die Benotung der zugehörigen Strukturelemente weißt ebenfalls gute bis sehr gute Beurteilungen auf. Die Bewertung der Erarbeitung mit 2,5 deutet auf das größte Überarbeitungspotenzial hin- Hierbei handelt es sich um 30-min. eingesprochene Präsentationen als Videos, die zudem keine Interaktionsmöglichkeiten enthalten. Inhaltsspezifische Rückmeldungen zu Lernfeldern aus den Interviews liefern dafür die Grundlage. Auch die positiven Rückmeldungen aus den offenen Formaten unterstreichen die Angemessenheit der entwickelten Lernfelder. Darüber hinaus wird sich insbesondere mit Studierenden als auch mit Lehrkräften der eigenen und anderer Schulen gewünscht. Neben der Arbeit mit den digitalen Lernfeldern soll dies vor allem durch Arbeitskreise realisiert werden. Letztlich haben sich de Lehrkräfte in den offenen Formaten auch einen Fokus auf individuelle Bedürfnisse in den Inhalten gewünscht.

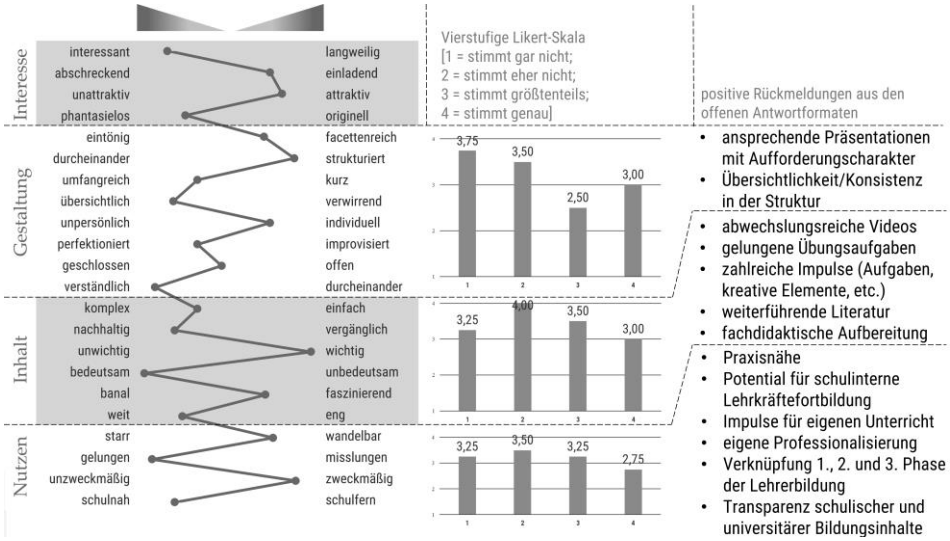


Abb. 1 Ergebnisse der Fragebogenerhebung (Auswahl)[1]

[1] Items *Gestaltung*: Der Aufbau der Module (EL/EA/ES) ist sinnvoll. (1), Innerhalb der Module ist ein roter Faden zu erkennen. (2), Die Module bieten ausreichend eigenständige Vertiefungsmög. (3), Die Qualität der eingesetzten Medien (ppt, Video, Anima. etc.) ist sehr gut. (4); Items *Inhalt*: Die inhaltl. Darstellung ist fachlich angemessen. (1), Die Module decken zent. fachdid. Dimensionen ab. (2), Die Module sind inhaltl. für den Unterricht relevant. (3), Die Module geben einen guten Überblick über die fachdid. Ausbild. an der Uni. (4); Items *Nutzen*: Die Module können mir helfen, Praxissemesterstudierende besser zu betreuen. (1), Die Module können zusammen mit Kolleg:innen oder Praxissemesterstudierenden bearbeitet werden. (2), Die Module können meiner eigenen Fortbildung als Lehrkraft dienen. (3), Ich habe viele neue inhaltl. Aspekte gelernt. (4).

Die Interviews wurden durch die Qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2015) ausgewertet (Tab. 1). Der durch die Lehrkräfte eingeschätzte Mehrwert der Module deckt sich mit den Zielen bzw. dem Anliegen des Projekts: Sowohl die verbesserte *Zusammenarbeit zwischen Schule und Universität* als auch das *Lernen in einer Lerngemeinschaft* wurden als Zwecke des Projektes erkannt. Darüber hinaus stellt die eigene Professionalisierung den Fortbildungsgedanken hinsichtlich aktueller bildungswissenschaftlicher und fachdidaktischer Dimensionen dar. Auch die Interviews verdeutlichen die Angemessenheit der bisherigen Entwicklungsarbeit. Es zeigt sich, dass sich die Lehrkräfte zusätzlich interaktive, kollaborative und auf die individuellen Bedürfnisse gerichtete Formate wünschen. Die bisherigen Entwicklungen sind demnach um Aspekte gemeinschaftlichen Arbeitens und Lernens zu ergänzen.

Tab. 1 Abgeleitetes Kategoriensystem aus der Interviewbefragung (Auswahl)

Eingeschätzter Mehrwert der Lernfelder		
Theorie-Praxis-Verknüpf.	eigene Professionalisierung	Lerngemeinschaft
1 verbesserte Kommunikation 2 Transparenz in der Ausbildung	3 eigene fachdidaktische Auffrischung 4 Anregungen für den eigenen Unterricht	5 Austausch mit Kolleg:innen 6 Aufbau von Blended-Learning-Formaten

Erhaltenswertes (*) und Änderungspotenzial (**)	
Lerngemeinschaft	Bausteine
1 individuelle Bedürfnisse berücksichtigen ** 2 Integration interaktiver und Praxisphasen ** 3 Integration kollaborativer Arbeitsphasen ** 4 Arbeitsphasen ins Zentrum stellen **	7 Aufbau und Struktur der Lernfelder * 8 Varianz in den Lernzugängen * 9 Reduktion auf das Elementare * 10 Vorhandensein von Lösungen * 11 Bausteine um einen Transfer ausgehend vom Einstieg erweitern **
Projektgestaltung	
5 Evaluation im Online-Format * 6 Darstellung von Querbezügen zwischen den Lernfeldern **	

Schlussfolgerung und weiterer Projektverlauf[2]

Aus der Triangulation der Evaluationsergebnisse folgt, dass für die weitere Entwicklungsarbeit auf den entwickelten Lernfeldern aufgebaut werden kann. Neben bausteinspezifischen Überarbeitungen, die insbesondere Interaktionen in den Lernfeldern umfassen, muss für die Hauptphase *der Charakter einer Lerngemeinschaft* ausgeschärft werden. Dies zeigt sich in den Forderungen der Lehrkräfte nach stärkeren Zusammenarbeiten mit weiteren Akteur:innen. Auch der Wunsch nach eigener Professionalisierung und der Berücksichtigung individueller Themen drücken einen Fortbildungsgedanken aus, durch den Lehrkräfte sich sowohl fachlich-fachdidaktisch-bildungswissenschaftliche Erkenntniszuwächse erhoffen als auch hinsichtlich der Fortbildungsformate in Gemeinschaften kooperativ und lernend tätig sind. Für die Hauptphase bilden deshalb die Lernfelder die inhaltliche Grundlage, um anschließend in einer Lernwerkstatt gemeinsam die individuellen Bedürfnisse der Lehrkräfte aufzugreifen. Letztlich wird auch das Potenzial zur Vernetzung mit der 2. Phase der Lehrerbildung eruiert.

[2] Für eine ausführliche Auswertung siehe Engelmann, Jünger & Woest (2021).

Literatur

Bonsen, M., & Rolff, H.-G. (2006). Professionelle Lerngemeinschaften von Lehrerinnen und Lehrern. Zeitschrift für Pädagogik, 52 (2), 167-184

Degeling, M., Franken, N., Freund, S., Greiten, S., Neuhaus, D. & Schellenbach-Zell, J. (Hrsg.) (2019). Herausforderung Kohärenz: Praxisphasen in der universitären Lehrerbildung. Bildungswissenschaftliche und fachdidaktische Perspektiven. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

DiLe (2021). https://www.dile.uni-jena.de/dile

Engelmann, P, Jünger, T. & Woest, V. (2021). Dokumentation und Auswertung der Ergebnisse der Pilotierung der Lernfelder für das Projekt DiLe. Dokumentationsbericht. Abrufbar unter: https://www.chemgeo.uni-jena.de/chegemedia/arbeitsgruppe+chemiedidaktik/forschung+ag+woest/dokumentation+und+auswertung+der+evaluation_neu.pdf

Engelmann, P. & Woest, V. (2021a). Digitale Lerngemeinschaften in der Lehrkräftefortbildung. In C. Maurer, K. Rincke, L. Holzäpfel & F. Lipowsky (Hrsg.), Wie viel Wissenschaft braucht die Lehrerfortbildung - Arbeitsbündnisse im analogen und virtuellen Raum. QLB-Programmkongress, Online-QLB-Tagung an der Universität Regensburg 2021 (116-119), Universität Regensburg.

Engelmann, P. & Woest, V. (2021b). Phaseninterne Kooperation zur Entwicklung von Lehr-Lern-Einheiten. In S. Habig (Hrsg.), Naturwissenschaftlicher Unterricht und Lehrerbildung im Umbruch?. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung 2020 (322-325), Universität Duisburg-Essen.

Hellmann, K. A., Kreutz, J., Schwichow, M. G. & Zaki, K. (Hrsg.). (2019). Kohärenz in der Lehrerbildung: Theorien, Modelle und empirische Befunde [1. Auflage]. Springer VS.

Mayring, P. (2015). Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. 12., aktualisierte Auflage. Weinheim, Basel: Beltz.

Weber-Liel, D. & Kracke, B. (2021). Digitale Bildung für Inklusion - Erste Ergebnisse im Projekt DiLe: Digitale Lerngemeinschaften zur kohärenten Lernbegleitung im Jenaer Modell der Lehrerbildung. In C. Maurer, K. Rincke, L. Holzäpfel & F. Lipowsky (Hrsg.), Wie viel Wissenschaft braucht die Lehrerfortbildung - Arbeitsbündnisse im analogen und virtuellen Raum. QLB-Programmkongress, Online-QLB-Tagung an der Universität Regensburg 2021 (124-127), Universität Regensburg.

Leonie Lieber[1]
Nicole Graulich[1]

[1]Justus-Liebig-Universität Gießen

Warum ist das (un)plausibel? Analyse von Argumentationsstrukturen in der OC

Einleitung und theoretische Perspektive

Die Diagnose, Analyse und Förderung von Argumentierfähigkeit nimmt in den Naturwissenschaften und als Teil davon auch in der Organischen Chemie einen immer größeren Stellenwert ein, da das Bilden von Argumenten eine Kernfähigkeit in den Naturwissenschaften darstellt. Dieser Prozess beinhaltet das Evaluieren von Annahmen, das Bilden, aber auch das Abwägen von Belegen (Driver, Newton & Osborne, 2000; Erduran, 2019). In der Organischen Chemie ist der Lernerfolg von Studierenden häufig mit der Fähigkeit verknüpft, Argumente zu bilden und über Reaktionsmechanismen diskutieren zu können (Bodé, Deng & Flynn, 2019; Caspari, Kranz & Graulich, 2018; Grove, Cooper & Cox, 2012). Um Ursachen und auftretende Veränderungen beurteilen und gewichten zu können, müssen gemachte Annahmen mit Belegen und Begründungen untermauert werden (Cooper, Kouyourndjian & Underwood, 2016). Hier zeigt sich die Schwierigkeit bei Lernenden alternative Reaktionswege in ihren Problemlöseprozess miteinzubeziehen. Stattdessen konzentrieren sie sich eher auf ein Produkt der Reaktion, ohne die zugrundeliegenden Prozesse genauer zu betrachten (Popova & Bretz, 2018). Zudem sind Lernende häufig von einzelnen Faktoren beeinflusst, was dazu führen kann, dass Reaktivitäten und die Bildung weiterer Produkte außer Acht gelassen werden (Kraft, Strickland & Bhattacharyya, 2010). In Bezug auf die Bildung von Argumenten ist auffällig, dass Lernende Schwierigkeiten haben, Annahmen gezielt mit Belegen zu untermauern (McNeill, Lizotte, Krajcik & Marx, 2012; Walker, Van Duzor & Lower, 2019). Defizite im Verständnis von chemischen Konzepten führen außerdem dazu, dass Lernende weniger Belege bilden. Als Folge wird sich eher auf das persönliche Empfinden verlassen (Hogan & Maglienti, 2001).

Aufgabendesign

Für die Studie wurde eine Aufgabensequenz entwickelt. 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 die expliziten Charakteristika einer S_N2 Reaktion leicht erkennen kann. Diese Aufgabe ist absichtlich einfach designt, um einen Erfolg durch Auswendiglernen zu garantieren. Die zweite Aufgabe erscheint auf den ersten Blick ähnlich wie Aufgabe 1, weil sie sich nur in einem Oberflächenmerkmal von der ersten Reaktion unterscheidet. Dabei ist die zweite Aufgabe so gestaltet, dass sie das Nutzen derselben Problemlösestrategie provoziert, die bereits in Aufgabe 1 verwendet wurde. Bei dieser Aufgabe ist die gleiche 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. Dabei stellen die Studierenden eine Annahme über die Plausibilität der alternativen Produkte auf und bilden Belege und Begründungen für die getätigte Annahme. In der letzten Aufgabe

entscheiden die Studierenden, ob sie bei ihrem in Aufgabe 2 gebildeten Produkt bleiben oder ob sie sich für ein anderes Produkt entscheiden (Lieber & Graulich, 2020).

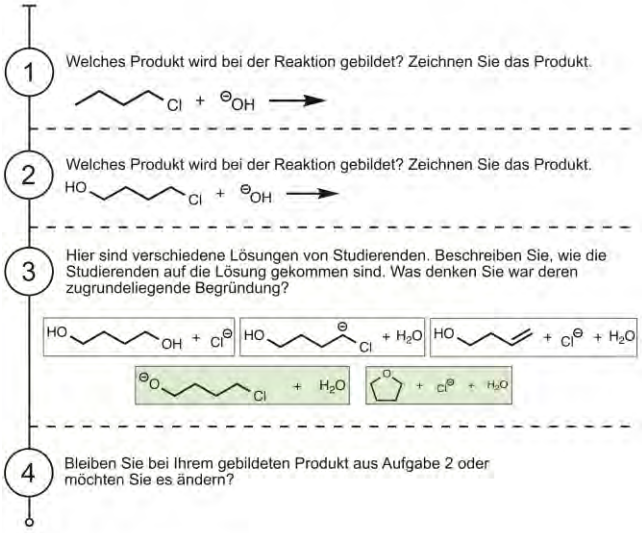


Abb. 1 Darstellung des Aufgabendesigns. Adaptiert nach Lieber & Graulich (2021a)

Methoden

Im Herbst 2019 wurde eine qualitative Interviewstudie durchgeführt. Daran haben 29 Studierende des Moduls „Organische Chemie 3“ freiwillig teilgenommen. Zur Analyse der Studierendenantworten wurde eine vereinfachte Version von Toulmins Argumentationsmodell verwendet (Lieber & Graulich, 2021b). Das Modell besteht aus drei Teilen: Annahme, Beleg und Begründung. Die Annahme ist die Position für die man argumentiert. In diesem Fall begrenzt sich die Annahme auf zwei Möglichkeiten, entweder ist eine Produktkarte plausibel oder unplausibel. Eine Aussage wird als Beleg bezeichnet, wenn sie aus Daten besteht, auf denen eine Annahme beruht und die Begründung beruht auf wissenschaftlichen Prinzipien und bezieht sich direkt auf den Beleg. Um zu unterscheiden, was als Beleg oder als Begründung gezählt wird, ist es entscheidend sich die Struktur des Arguments anzugucken. Um einen Beleg zu erzielen habe wurde gezielt gefragt, warum die Studierenden die Produktkarte für plausibel oder unplausibel halten. Das konnte zum Beispiel eine Aussage sein wie “Chlorid ist eine gute Abgangsgruppe”. Eine Begründung war es, wenn die Studierenden den Beleg näher erklären, also zum Beispiel eine Begründung gegeben haben, warum Chlorid eine gute Abgangsgruppe ist.

Ergebnisse

Es wurden für alle 29 Studierenden Belege und Begründungen kodiert und die Summe über alle Produktkarten gebildet. Dadurch hat jeder Studierende einen Beleg- und einen Begründungswert erhalten. Anhand des Verhältnisses wurde festgestellt, dass drei Gruppen entstanden sind, die entweder einen Wert >1 also mehr Begründungen als Belege gebildet haben, ungefähr bei 1 und kleiner als 1 hatten. Um dies näher zu spezifizieren wurde auch die Anzahl an Belegen und Begründungen bei der Zuordnung berücksichtigt. Es konnten drei Argumentationsansätze charakterisiert werden. Der begründungsbasierte Ansatz ließ sich bei

10 Studierenden finden, der auf-beidem-basierte Ansatz bei 10 und der belegbasierte Ansatz bei 9 Studierenden. Außerdem wurde charakterisiert inwiefern die Studierenden einen Annahmenwechsel nach dem Reflektieren über alternative Reaktionswege vollzogen haben. Die Studierenden haben in Aufgabe 2 erst selbst ein Produkt gebildet und nach Aufgabe 3 haben sie sich final für ein oder mehrere Reaktionsprodukte entschieden. Im begründungsbasierten Ansatz und im belegbasierten Ansatz konnte kein Studierender von allein das korrekte Reaktionsprodukt bilden. Im auf-beidem-basiertem Ansatz waren schon 13% der gebildeten Produkte korrekt. Nach der Diskussion mit alternativen Reaktionsprodukten konnte ein Zuwachs an richtig ausgewählten Produkten von 67% im begründungsbasierten Ansatz, im auf-beidem-basierten Ansatz ein Zuwachs von 30% und im belegbasierten Ansatz ein Zuwachs von 56% in Bezug auf korrekte Produkte beobachtet werden. Es wurde allerdings auch deutlich, dass kein Studierender aus dem beleg-basierten Ansatz die Produktkarte „Alkoholat", als Vorstufe zu THF, für plausibel gehalten hat. Im belegbasierten Ansatz haben sich die Studierenden häufig auf ihr Bauchgefühl verlassen oder auf Vorlesungsaufzeichnungen verwiesen, an die sie sich aber nur noch bruchstückhaft und in der Regel fehlerhaft erinnern konnten.

Fazit und Implikationen

Zusammenfassend ist zu sagen, dass das Lösen von Aufgaben, bei denen Studierende mehrere Argumente bilden müssen, zu einer sorgfältigeren Entscheidungsfindung führen kann, die es ermöglicht, eine Annahme zu rechtfertigen, während man gleichzeitig die Möglichkeit hat, die Annahme zu überarbeiten. Außerdem muss erwähnt werden, dass es keinen idealen Argumentationsansatz gibt. Die Analyse ist vielmehr Indikator für die potentielle Qualität eines Arguments. Je größer die Anzahl der Belege und Begründungen ist, desto höher ist auch die Wahrscheinlichkeit, dass die Studierenden viele unterschiedliche Aspekte in ihren Entscheidungsprozess integriert haben (Choi, Hand & Greenbowe, 2013; Sandoval & Millwood, 2005). Außerdem ist positiv anzumerken, dass die Studierenden offen dafür waren ihre am Anfang gebildete Annahme zu hinterfragen. Von Luo *et al.* und Walker *et al.* wurde bereits publiziert, dass Studierende häufig Probleme damit haben sich mit ihrer Annahme auseinanderzusetzen (Luo, Wei, Shi & Xiao, 2020; Walker, Van Duzor & Lower, 2019). Allerdings wurde in diesen Studien schriftliche Aussagen untersucht, wohingegen in dieser Studie Interviews durchgeführt wurden. Um Lernende im Prozess der Argumentbildung zu unterstützen, sollte darauf geachtet werden, dass Lernende nicht bei einem Beleg oder einer Annahme stehen bleiben, sondern die Bildung von Begründungen unterstützt wird. Außerdem kann mit Argumentationsbäumen die Breite und Tiefe eines Arguments visualisiert werden, wodurch auch Lücken sichtbar werden. Bezogen auf die drei klassifizierten Argumentationsansätze entstehen unterschiedliche Implikationen. Die Studierenden, die den begründungsbasierten Ansatz genutzt haben, haben schon eine größere Anzahl an Belegen und Begründungen geliefert. Um dies aufrecht zu erhalten und weiter zu unterstützen, können diese Studierende Training erhalten ihre Annahmen mit mehreren Belegen und Begründungen zu unterstützen. Studierende des auf-beidem-basierten Ansatz haben jeden Beleg durchschnittlich mit einer Begründung untermauert. Diese Lernenden können gezielte Übungen erhalten, um die Breite ihres Arguments zu erweitern und mehr Begründungen zu liefern. Im belegbasierten Ansatz hatten die Studierenden Probleme ihre Annahmen überhaupt mit angemessenen Belegen und Begründungen zu unterstützen. Dies kann auch daran liegen, dass die Studierenden kein abrufbares konzeptuelle Wissen besaßen um überhaupt Belege oder Begründungen zu liefern. Diese Studierenden bräuchten demnach auch konzeptuelle Unterstützung. Daraus ergibt sich Forschungsimplikation, Studierende in Form eines Scaffolds zu unterstützen, der binnendifferenziert und adaptiv ansetzt.

Literatur

Bodé, N. E., Deng, J. M., & Flynn, A. B. (2019). Getting Past the Rules and the WHY: Causal Mechanistic Arguments When Judging the Plausibility of Organic Reaction Mechanisms, Journal of Chemical Education, 96 (6), 1068-1082

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 (49), 1117-1141

Choi, A., Hand, B., & Greenbowe, T. (2013). Students' Written Arguments in General Chemistry Laboratory Investigations. Research in Science Education, 43 (5), 1763-1783

Cooper, M. M., Kouyourndjian, H., & Underwood, S. M. (2016). Investigating Students' Reasoning about Acid-Base Reactions. Journal of Chemical Education, 93 (10), 1703-1712

Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. Science Education, 84 (3), 287-312

Erduran, S. (2019). Argumentation in Chemistry Education: An Overview. In S. Erduran (Eds.), Argumentation in Chemistry Education. Royal Society of Chemistry, 1-10

Grove, N. P., Cooper, M. M., & Cox, E. L. (2012). Does mechanistic thinking improve student success in organic chemistry? Journal of Chemical Education, 89 (7), 850-853.

Hogan, K., & Maglienti, M. (2001). Comparing the epistemological underpinnings of students' and scientists' reasoning about conclusions. Journal of research in Science Teaching, 38 (6), 663-687

Kraft, A., Strickland, A. M., & Bhattacharyya, G. (2010). Reasonable reasoning: multi-variate problem-solving in organic chemistry. Chemistry Education Research and Practice, 11 (4), 281-292

Lieber, L., & Graulich, N. (2021a). Epistemic stances in action – Students' reasoning process while reflecting about alternative reaction pathways in organic chemistry. In N. Graulich, G. Shultz (Eds.), student reasoning in organic chemistry, Royal Society of Chemistry, Eingereichtes Manuskript.

Lieber, L., & Graulich, N. (2021b). Investigating Students' Argumentation when Judging the Plausibility of Alternative Reaction Pathways in Organic Chemistry. Chemistry Education Research and Practice, DOI: 10.1039/D1RP00145K

Lieber, L., & Graulich, N. (2020). Thinking in Alternatives – A Task Design for Challenging Students' Problem-Solving Approaches in Organic Chemistry. Journal of Chemical Education, 97 (10), 3731-3738

Luo, X. L., Wei, B., Shi, M., & Xiao, X. (2020). Exploring the impact of the reasoning flow scaffold (RSF) on students' scientific argumentation: based on the structure of observed learning outcomes (SOLO) taxonomy. Chemistry Education Research and Practice, 21 (4), 1083-1094

Popova, M., & Bretz, S. L. (2018). "It's Only the Major Product That We Care About in Organic Chemistry": An Analysis of Students' Annotations of Reaction Coordinate Diagrams. Journal of Chemical Education, 95 (7), 1086-1093

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

Walker, J. P., Van Duzor, A. G., & Lower, M. A. (2019). Facilitating Argumentation in the Laboratory: The Challenges of Claim Change and Justification by Theory. Journal of Chemical Education, 96 (3), 435-444

Theresa Jünger[1]
Volker Woest[1]

[1]Friedrich-Schiller-Universität Jena

Speed, Meth und MDMA - Ergebnisse einer schulischen Interventionsstudie

Im Rahmen einer zeitgemäßen Drogenprävention gilt es, Persönlichkeits-, Risiko- und Handlungskompetenzen von Schüler:innen zu stärken und durch interaktive Interventionen Fachwissen zu vermitteln. Das vorliegende Forschungsprojekt präsentiert erste Ergebnisse der Hauptstudie, bei der die curriculare Umsetzung der Lerneinheit *Drogen im Chemieunterricht - Die Stoffklasse der Amphetamine* mit 112 Schüler:innen durchgeführt wurde. Bezüglich methodischer und inhaltlicher Konkretisierungen sei auf die letzten Beiträge der GDCP-Jahrestagung verwiesen (Jünger & Woest, 2020, 2021). Um die Thematik konzeptionell sowie empirisch zu verschränken und deren Wirksamkeit für die unterrichtliche Praxis zu überprüfen, orientiert sich die vorliegende Forschungsarbeit an mehreren fachdidaktischen Prinzipien. So gelingt es, curriculare Innovations- und Entwicklungsforschung sowie fachdidaktische Transferforschung mit Lehr-Lern-Forschung und empirischer Sozialforschung zu vereinen. Insbesondere für die experimentellen Stationen (Nachweisreaktionen, Drogenschnelltests) gestaltet sich eine Verknüpfung von Fachdidaktik und Fachwissenschaft (insbesondere mit der ESA-TEST GmbH aus Eisenach) gewinnbringend (vgl. Parchmann et. al, 2017). In Anbindung an das Modell der Partizipativen Fachdidaktischen Aktionsforschung können drei zyklische Phasen der Entwicklung und Evaluation des neuen Konzepts konstatiert werden (Eilks & Ralle, 2002), die im Rahmen der *Learning to Teach-Lab: Science (LTL:S)* des Projekts *Professionalisierung von Anfang an im Jenaer Modell der Lehrerbildung (PROFJL²)* initiiert werden. Ausgehend von ersten Erprobungen mit Lehrkräften und Studierenden im Rahmen von Fortbildungen und universitären Lehrveranstaltungen (Oktober 2018 bis August 2019) gelang es, die Materialien auf den schulischen Kontext zu adaptieren. Durch eine Pilotstudie im Dezember 2019 konnte die Lerneinheit erstmals mit zwei Schulklassen (32 Schüler:innen) erprobt und für die bevorstehende Hauptuntersuchung im Herbst 2020 optimiert werden, an der sieben Schulklassen aus Thüringen teilnahmen. Die Durchführung der Interventionsstudie erfolgte unter konstanten Rahmenbedingungen in Form einer Laborstudie an der Friedrich-Schiller-Universität Jena. Während vor und nach der Intervention Prä- und Post-Fragebögen in Form offener und geschlossener Formate eingesetzt wurden, konnte die Bearbeitungsweise der Stationen in kollaborativen Arbeitsformen (insgesamt 39 Lerngruppen) durch ein geschultes Beobachterteam dokumentiert werden.

Folgende **zentrale Fragstellungen** sollen mithilfe der Fragebögen untersucht werden:
- Welche kurzfristigen Programmeffekte können durch den Projekttag sichergestellt werden?
- Wie bewerten die Schüler:innen das gesamte Programm sowie die einzelnen Stationen?
- Welcher inhaltliche Lernzuwachs ist infolge der Intervention festzustellen?

Ausgewählte Ergebnisse und Datenanalyse
Insgesamt konnten Daten aus 112 Prä- und Post-Fragebögen generiert werden. Von den Schüler:innen, die die Klassenstufen 10 und 11 besuchten, waren 38 männlich und 74 weiblich. Es beteiligten sich insgesamt fünf Kooperationsschulen aus Thüringen. Davon waren 58 Probanden aus der Gemeinschaftsschule, 40 aus dem Gymnasium und 14 aus der Regelschule.

Die statistische Datenanalyse der Fragebogenerhebung fokussiert jeweils drei Konstrukte im Prä- als auch im Posttest (t_0, t_1), die die Schüler:innen auf einer vierstufigen Likert-Skala bewerteten. Die Ergebnisse umfassen statistische Analysen der Mittelwerte, explorative Analysen zur Identifikation von Gruppenunterschieden und Rangkorrelationsanalysen (Döring & Bortz, 2016).

Ergebnisse der Prä-Post-Vergleiche (Vorzeichentest) machen deutlich, dass sich infolge der Intervention keine statistisch signifikanten Unterschiede bezüglich des individuellen Interesses an der Thematik Drogen und des situationalen Interesses am Lerngegenstand (im Prätest unter der Variable Erwartungen an die Veranstaltung erfasst) ergeben. Allerdings ist das individuelle Interesse der Schüler:innen an der Thematik Drogen sowohl vor ($p = .000$, $r = .38$) als auch nach der Intervention ($p = .001$, $r = .33$, mittlerer Effekt) statistisch signifikant höher als das individuelle Interesse am Unterrichtsfach Chemie (t_0) .

Explorative Analysen geben zu erkennen, dass sich weibliche und männliche Probanden in Bezug auf das individuelle Interesse an der Thematik Drogen sowohl vor ($U = 972.5$, $p = .012$, $r = .24$) als auch nach der Intervention ($U = 911$, $p = .003$, $r = .28$) statistisch signifikant unterscheiden. Die Schülerinnen zeigen jeweils ein höheres individuelles Interesse an der Thematik Drogen. Der größte statistisch signifikante Unterschied bezüglich des Geschlechts besteht hinsichtlich der Variable situationales Interesse am Lerngegenstand (t_1) (Abb. 1). Schülerinnen ($Md = 3.50$) beurteilen die Durchführung der Stationen positiver als die männlichen Teilnehmer ($Md = 3.00$, exakter Mann-Whitney-U-Test: $U = 757.5$, $p = .000$, $r = .34$). Die Effektstärke entspricht dabei einem mittleren Effekt. Ergebnisse des Kruskal-Wallis-Tests belegen, dass lediglich das situationale Interesse am Lerngegenstand von der Schulform beeinflusst wird ($\chi^2 = 9.953$, $p = .007$). Der Post-hoc-Test zeigt, dass sich Probanden des Gymnasiums statistisch signifikant von Probanden der Gemeinschaftsschule mit einem mittleren Effekt unterscheiden ($z = -2.892$, $p = .011$, $r = .30$). Während die Probanden der Gemeinschaftsschule und der Regelschule alle Variablen des Prä- und Postfragebogens gleich beurteilen, bewerten die Gymnasialschüler:innen ($Md = 3.50$) insbesondere die Durchführung der Intervention deutlich besser.

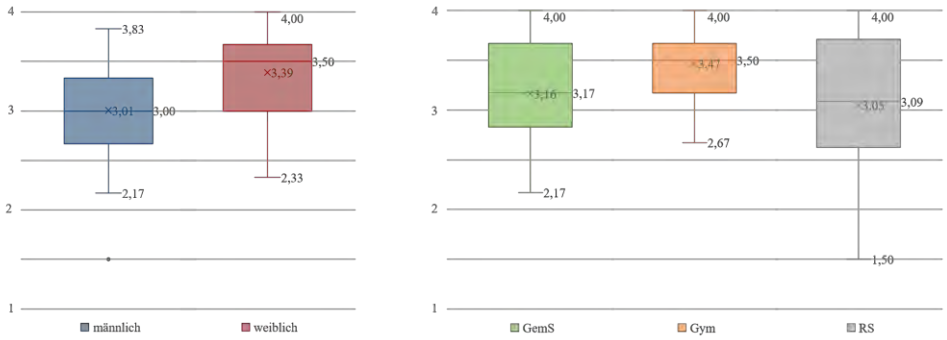


Abb. 1: Gruppierte Box-Plots der Variable situationales Interesse am Lerngegenstand zum Zeitpunkt t_1 in Abhängigkeit vom Geschlecht (links) und der Schulform (rechts)

Mit Hilfe der *Spearman-Rangkorrelationsanalyse* können zehn statistisch signifikante Korrelationen bestimmt werden. So zeigt sich unter anderem, dass das individuelle Interesse an der Thematik Drogen nach der Intervention positiv mit dem situationalen Interesse am Lerngegenstand korreliert ($r_s = .51$, $p = .000$, $n = 108$). Schüler:innen, die ein höheres Interesse an der Drogenproblematik nach der Intervention zeigen, beurteilen auch die Durchführung der Stationen positiver. Der inhaltliche Wissenszuwachs korreliert positiv mit dem situationalen Interesse am Lerngegenstand infolge der Intervention ($r_s = .31$, $p = .002$, $n = 100$). Demzufolge beurteilen Schüler:innen, die die Bearbeitung der Stationen positiver empfinden, auch das erworbene Wissen höher.

Auswertung der freien Äußerungen des Posttests – induktive Kategorienbildung
Neben den aufgezeigten Programmeffekten konnten die offenen Antworten bezüglich der fünf Themenbereiche (Tab. 1) mittels qualitativer Inhaltsanalyse ausgewertet werden, die den inhaltlichen Lernzuwachs infolge der Intervention untersuchen (Mayring, 2015). Durch den Intercoder-Check konnte das vorläufige Kategoriensystem überarbeitet und letztlich 1263 Kodierungen erzeugt werden. Neben inhaltlichen Dimensionen zeigen sich in vier der fünf Themenbereiche differenzierte Meinungsbilder der Schüler:innen, die ein gewinnbringendes Potential der Lernstationen versprechen. So konnten beispielsweise bei den Kategoriensystemen Wirkungen und Nachweismöglichkeiten argumentative Äußerungen und subjektive Schlussfolgerungen parallel erfasst werden.

Tab. 1: Haupt- und Subkategorien des Kategoriensystems „inhaltlicher Lernzuwachs“ des Post-Fragebogens (inklusive der absoluten Häufigkeiten)

Molekülstrukturen (184)	*strukturelle Ähnlichkeit der drei Verbindungen* ***(85)***
	Bestandteile ***(67)***
	differenziertes Meinungsbild ***(24)***
	Sonstiges ***(8)***
Geschichte (239)	*Anwendungsbereiche* ***(126)***
	Akteure ***(35)***
	Sonstiges ***(78)***
Herstellung (67)	*Ablauf mehrerer Schritte* ***(29)***
	differenziertes Meinungsbild ***(25)***
	Illegale Herstellung (Medikamente, Drogenlabore) ***(13)***
Wirkungen (337)	*unerwünschte/negative Wirkungen* ***(140)***
	erwünschte/positive Wirkungen ***(90)***
	differenziertes Meinungsbild ***(97)***
	weitere Aspekte ***(10)***
Nachweismöglichkeiten (277)	*Handhabung von Drogenschnelltests* ***(73)***
	Ungenauigkeit von Drogenschnelltests ***(111)***
	fachliche/inhaltliche Aspekte ***(52)***
	Allgemeines ***(41)***

Zusammenfassung und Ausblick

Durch die Datenanalyse wird ersichtlich, dass sich sowohl an der Thematik Drogen als auch an der Durchführung der Stationen ein hohes Interesse abzeichnet, was erste Indizien für ein akzeptanzorientiertes Lernarrangement gibt. Ähnliche Ergebnisse der Benotung einzelner Stationen, die Rückmeldung der Variable Wissenszuwachs und die Ergebnisse des Kategoriensystems zeigen, dass insbesondere die experimentellen und kreativen Stationen eine hohe Lernattraktivität und positive Resonanz erzeugen. Dass vor allem für die Schülerinnen der Lerngegenstand attraktiv zu sein scheint, befürwortet das Potential der Lernstationen für die Vermittlung naturwissenschaftlicher Inhalte. Langfristiges Ziel ist es, die nun positiv evaluierten Materialien an Schulen und Multiplikator:innen heranzutragen und durch Kooperationen (z. B. polizeiliche und gesundheitspräventive Initiativen) in die Breite zu streuen. Wie sich die Bearbeitungsweise an den einzelnen Stationen im Detail darstellt, wird die bevorstehende Auswertung der strukturierten Beobachtungsprotokolle zeigen.

Literatur

Döring, N. & Bortz, J. (2016). Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften. 5. Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer

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

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 (Bd. 40). Universität Duisburg-Essen, 166-169

Jünger, T., & Woest, V. (2021). Von der Beobachtung zur Erkenntnis: Erfahrungen aus einem Schulprojekt. In S. Habig (Hrsg.), Naturwissenschaftlicher Unterricht und Lehrerbildung im Umbruch? Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung 2020 (Bd. 41). Universität Duisburg-Essen, 314-317

Mayring, P. (2015). Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. 12., aktualisierte Auflage. Weinheim, Basel: Beltz

Parchmann, I., Schwarzer, S., Wilke, T., Tausch, M. W. & Waitz, T. (2017). Von Innovationen der Chemie zu innovativen Lernanlässen für den Chemieunterricht und darüber hinaus. Wie finden chemische Forschung und Entwicklung systematisch und zeitnah Eingang in unterrichtliche und außerunterrichtliche Lernprozesse? CHEMKON, 24 (4), 161-164

Dennis Dietz[1]
Claus Bolte[1]

[1]Freie Universität Berlin

Vernetztes Lernen im (Integrierten) Naturwissenschaftlichen Unterricht

Ausgangspunkt und Theorie

Als Lösungsansatz für die enttäuschenden Ergebnisse Deutschlands in den zurückliegenden TIMS- (Baumert & Lehmann, 1997) und/oder PISA-Studien (u.a. Baumert et al., 2001) wurden Basiskonzepte, wie das Energiekonzept, in den deutschen Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss verankert (KMK, 2005a-c). Damit war die Hoffnung verknüpft, sowohl mehr vertikale (fachimmanente) als auch mehr horizontale (fächerübergreifende) Vernetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht zu ermöglichen (Demuth et al., 2005), um so umfassenderen und nachhaltigeren Lernerfolg sicherzustellen. Inwieweit allein deshalb eine fächerübergreifende Vernetzung von Wissen innerhalb des Energiekonzepts stattfindet, kann jedoch bezweifelt werden. So stellen Eisenkraft et al. (2014, S. 1f.) fest, dass die Schülerinnen und Schüler den Energiebegriff aus den einzelnen Unterrichtsfächern nur selten miteinander verbinden, da der Energiebegriff je nach Fachdisziplin sehr unterschiedlich unterrichtet werde. Ein Lösungsansatz, mehr und nachhaltigere Vernetzung im naturwissenschaftlichen Unterricht zu ermöglichen, könnte die Integration der Fächer Biologie, Chemie und Physik in einem gemeinsamen Unterrichtsfach „Integrierte Naturwissenschaften (NaWi)“ darstellen. Schon aus lerntheoretischer Perspektive wird einem Unterrichtsfach “Integrierte Naturwissenschaften“ eine stärkere Vernetzung von Wissen unterstellt - empirische Belege hierfür fehlen bisher allerdings (Labudde, 2014, S. 18).
Das begriffliche Wissen ist ein wesentlicher Bestandteil des menschlichen Wissens (Aebli, 1981). Strukturalisten, wie Aebli (1980; 1981) und Schnotz (1994), sehen den Aufbau des begrifflichen Wissens als ein propositionales Netzwerk an, bei dem jeder Begriff aus Begriffselementen besteht, die auf hierarchische oder nicht-hierarchische Art und Weise miteinander verknüpft sein können. Je mehr Verknüpfungen vorliegen, desto vernetzter ist das begriffliche Wissen. Auf der Basis von verschiedenen Modellen und Ansätzen in der Literatur, welche entweder hierarchische oder nicht-hierarchische Verknüpfungsstrukturen beschreiben, haben wir ein spezielles Modell entwickelt, welches eine umfassende Analyse von vertikalen und horizontalen Vernetzungsleistungen in Essays ermöglicht (Dietz & Bolte, 2021; 2022). Das Modell zur Analyse der Vernetzung von Begriffselementen in Essays (MAVerBE) umfasst ein dreidimensionales Kategoriensystem (s. Abb. 1) und hat sich in Bezug auf die Analyse der Vernetzung von Begriffselementen des Basiskonzepts Energie bereits bewährt (Dietz & Bolte, 2021; 2022). Mit Hilfe des MAVerBE gehen wir gegenwärtig der folgenden Forschungsfrage nach: *Inwieweit unterscheiden sich die Aussagen von Schüler*innen zum Basiskonzept Energie bezüglich der vertikalen und horizontalen Vernetzung, wenn diese fächerdifferenzierten oder fächerintegrierten naturwissenschaftlichen Unterricht in den Jahrgangsstufen 7 und 8 erhalten haben?*

Design und Methode

Im Rahmen der Bemühungen um eine stärkere Profilierung des Bildungsangebots eines Berliner Gymnasiums haben wir die Möglichkeit bekommen, den Reformprozess von traditionellem fächerdifferenzierten auf einen integrierten naturwissenschaftlichen Unterricht in den Jahrgangsstufen 7 und 8 fachdidaktisch zu begleiten. Im Zuge dessen konnten wir an dieser Schule eine Art Fallstudie in Anlehnung an ein Kontroll- und Interventionsgruppendesign konzipieren. Ziel war es, die große Vielfalt von Störvariablen bei

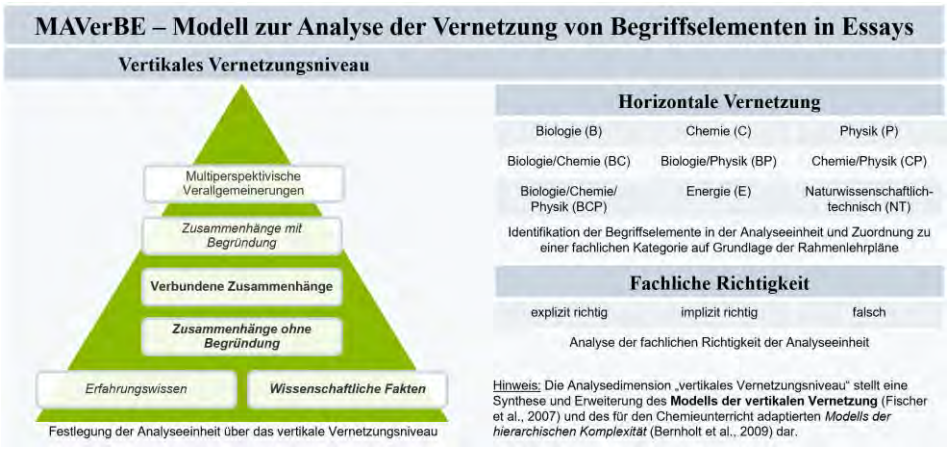


Abb. 1: Das MAVerBE (abgeändert entnommen aus Dietz & Bolte, 2021)

einem Vergleich dieser beiden Unterrichtsansätze zu minimieren; denn die untersuchten Schüler*innen - sowohl der Kontroll- als auch der Interventionsgruppe - entstammen derselben Schule. Auf diese Weise konnten potenzielle Auswirkungen von unterschiedlichen Schülerpopulationen aus verschiedenen Einzugsgebieten minimiert werden. Um möglichst substanzielle Auswirkungen der verschiedenen naturwissenschaftlichen Unterrichtsansätze ermitteln zu können, entschieden wir uns für einen authentischen Untersuchungszeitraum von zwei Schuljahren. In diesem Zeitraum wurde sowohl im differenzierten als auch im integrierten naturwissenschaftlichen Unterricht eine umfassende Zahl verschiedener Themen zum Basiskonzept Energie unterrichtet, so dass in beiden Settings inhaltlich umfassenden Vernetzungsleistungen zu erwarten waren. In Hinblick auf die Vergleichbarkeit der beiden Unterrichtsansätze galt es ein Thema auszuwählen, das in beiden Unterrichtsansätzen eine zentrale Rolle einnimmt. Daher entschieden wir uns, die inhaltliche Wissensverknüpfung innerhalb des Basiskonzepts Energie zu untersuchen. In den nationalen Bildungsstandards für den naturwissenschaftlichen Unterricht ist das Basiskonzept Energie das einzige, das in allen drei Unterrichtsfächern Biologie, Chemie und Physik explizit zu unterrichten ist (KMK, 2005a-c).

Schüler*innen, die in den Schuljahren 2017/18 und 2018/19 in der Doppeljahrgangsstufe 7/8 nach dem differenzierten naturwissenschaftlichen Unterrichtsansatz unterrichtet wurden, fungieren in unserer Studie als Kontrollgruppe (BCP). Schüler*innen der Interventionsgruppe (NaWi) erhielten in den Schuljahren 2018/19 und 2019/20 integrierten naturwissenschaftlichen Unterricht. Die Datenerhebung erfolgte in beiden Settings zum Beginn des jeweils 9. Schuljahres während einer Deutschunterrichtsstunde, um fachbezogene Assoziationsketten (z. B. fachspezifischer oder sozialer Erwünschtheit) zu vermeiden. Zum Zweck der Datenerhebung baten wir die Schüler*innen der Kontrollgruppe im Schuljahr 2019/20 und die der Interventionsgruppe im Schuljahr 2020/21, ein Essay zum Thema Energie zu schreiben. Um den Schüler*innen das Erarbeiten des Essays zu erleichtern, erhielten sie eine Liste mit 26 lehrplanrelevanten Begriffselementen des Basiskonzepts Energie (Dietz et al., 2021; Dietz & Bolte, 2021; 2022).

Für die Untersuchung der Essays verwendeten wir das eingangs erwähnte und eigens entwickelte MAVerBE (Dietz & Bolte, 2021; 2022; siehe Abb. 1). Um die Dimensionen „vertikales Vernetzungsniveau" und „fachliche Richtigkeit" der Schüler*innen-Äußerungen zu kodieren, nutzen wir die Software MAXQDA (VERBI Software, 2019). Die Netzwerke, die aus unseren Kookkurrenzanalysen zur Untersuchung der horizontalen Vernetzungsdimension resultieren, generieren wir mit der UCINET-Software (Borgatti et al., 2013).

Ergebnisse

134 Schüler*innen der Kontrollgruppe (BCP) und 141 Schüler*innen der Interventionsgruppe (NaWi) schrieben ein Essay über das Basiskonzept Energie. Die Schüler*innen der Interventionsgruppe erarbeiteten durchschnittlich längere Essays als die Schüler*innen der Kontrollgruppe (M(NaWi) = 173 ± 73 Wörter/Essay versus M(BCP) = 126 ± 75 Wörter/ Essay; ohne Abb.). Außerdem enthielten die Essays der Interventionsgruppe im Durchschnitt fünf Analyseeinheiten (AE) pro Essay mehr als die der Kontrollgruppe (M(NaWi) = 19,3 ± 6,3 AE/Essay versus M(BCP) = 14,3 ± 7,4 AE/Essay; ohne Abb.).

Die Schüler*innen der Interventionsgruppe formulieren in den Essays nicht nur durchschnittlich mehr verschiedene Begriffselemente vernetzende Aussagen, sondern auch qualitativ hochwertigere Aussagen. So sind mit Ausnahme der Kategorie „Erfahrungswissen" in allen vertikalen Vernetzungsebenen prozentual mehr explizit richtige Aussagen im Verhältnis zur Gesamtzahl der Aussagen in der Interventionsgruppe zu finden (Abb. 2).

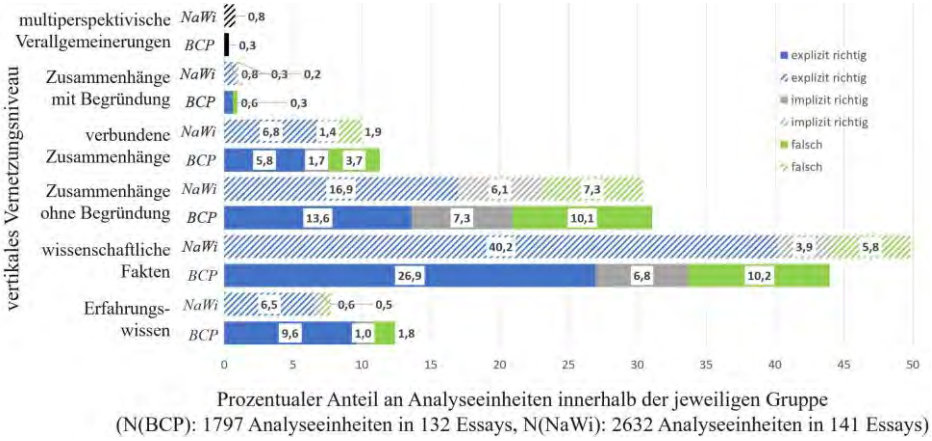


Abb. 2: Kategorienbelegung der verschiedenen vertikalen Vernetzungsebenen differenziert nach Kontrollgruppe (BCP) und Interventionsgruppe (NaWi)

Mit dem MAVerBE können außerdem unterschiedliche horizontale Vernetzungsstrukturen innerhalb der Kontroll- und der Interventionsgruppe nachgewiesen werden (ohne Abb.). Die Analysen deuten darauf hin, dass Schüler*innen der Interventionsgruppe ein etwas elaborierteres Verständnis vom Konzept der Energieumwandlung besitzen. So sind in der Interventionsgruppe mehr Kookkurrenzen in den explizit richtigen Schüler*innen-Äußerungen bzgl. der Kombination der Begriffselemente Energieumwandlung einerseits und denen der Energieformen andererseits nachzuweisen als dies in der Kontrollgruppe der Fall ist.

Diskussion und Ausblick

Die Ergebnisse der hier zur Diskussion gestellten Fallstudie zeigen positive - sowohl qualitative als auch quantitative - Effekte eines integrierten naturwissenschaftlichen Unterrichts in den Jahrgangsstufen 7 und 8 auf die Wissensvernetzung der Schüler*innen bzgl. des Basiskonzepts Energie. Selbstverständlich sind wir uns der möglichen Leistungsunterschiede zwischen verschiedenen Jahrgängen auch innerhalb derselben Schule bewusst. Um zu überprüfen, inwieweit sich unsere Ergebnisse reproduzieren lassen, haben wir zwischen August und September 2021 einen weiteren Jahrgang dieser Schule befragt, deren Schüler*innen ebenfalls in den Jahrgangsstufen 7 und 8 integrierten naturwissenschaftlichen Unterricht erhalten haben. Wir sind gespannt, ob die positiven Effekte eines integrierten naturwissenschaftlichen Unterrichts auch in Zeiten des Unterrichtens unter Pandemie-Einschränkungen identifiziert werden können.

Literatur

Aebli, H. (1980). *Denken: das Ordnen des Tuns. Band I: Kognitive Aspekte der Handlungstheorie*. Stuttgart: Klett-Cotta.

Aebli, H. (1981). *Denken: das Ordnen des Tuns. Band II: Denkprozesse.* Stuttgart: Klett-Cotta.

Baumert, J., & Lehmann, R. (1997). *TIMSS – Mathematisch-naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich.* Opladen: Leske + Budrich.

Baumert, J., Klieme, E., Neubrand, M., Prenzel, M., Schiefele, U., Schneider, W., Stanat, P., Tillmann, K.-J. & Weiß, M. (Hrsg.). (2001). *PISA 2000 - Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich*. Opladen: Leske & Budrich.

Bernholt, S., Parchmann, I. & Commons, M. L. (2009). Kompetenzmodellierung zwischen Forschung und Unterrichtspraxis. *ZfDN*, *15*, 219-245.

Borgatti, S. P., Everett, M. G. & Johnson, J. C. (2013). *Analyzing Social Networks.* Sage Publications.

Demuth, R., Ralle, B., & Parchmann, I. (2005). Basiskonzepte – eine Herausforderung an den Chemieunterricht. *Chemkon, 12, Nr.2*, 55-60. https://doi.org/10.1002/ckon.200510021

Dietz, D., Hickmann, P., Lenze, J. & Bolte, C. (2021). Analyse der Vernetzung von Begriffselementen im Basiskonzept Energie. In: S. Habig (Hrsg.). *Naturwissenschaftlicher Unterricht und Lehrerbildung im Umbruch?* (S. 193-196). Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, virtuelle Jahrestagung 2020. Universität Duisburg-Essen.

Dietz, D. & Bolte, C. (2021). Mehrdimensionale Analyse zur Vernetzung von Begriffselementen des Basiskonzepts Energie. In: J. Grebe-Ellis & H. Grötzebauch (Hrsg.), *PhyDid B, Didaktik der Physik, Beiträge zur virtuellen DPG-Frühjahrstagung 2021* (S. 233-241).

Dietz, D. & Bolte, C. (2022). Multidimensional Analysis of Knowledge-Linking within the concept of energy in student essays. *NorDiNa*, Beitrag angenommen.

Eisenkraft A., Nordine, J., Chen, R., Fortus, D., Krajcik, J., Neumann, K. & Scheff, A. (2014) Introduction: Why Focus on Energy Instruction? In: R. Chen, A. Eisenkraft, D. Fortus, J. Krajcik, K. Neuman, J. Nordine & A. Scheff (alle Hrsg.) *Teaching and Learning of Energy in K – 12 Education* (S. 1-11). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-05017-1_1

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. Häußler (Hrsg.), *Physikdidaktik. Theorie und Praxis*. Berlin, Heidelberg: Springer.

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.

Labudde, P. (2014). Fächerübergreifender naturwissenschaftlicher Unterricht – Mythen, Definitionen, Fakten. *ZfDN*, 20, 11-19. https://doi.org/10.1007/s40573-014-0001-9

Schnotz, W. (1994). *Aufbau von Wissensstrukturen. Untersuchungen zur Kohärenzbildung bei Wissenserwerb mit Texten.* Weinheim: Beltz.

VERBI Software (2019). MAXQDA 2020 [computer software]. Berlin: VERBI Software. Available at maxqda.com.

Petra Wolthaus[1]
Martin Gröger[1]

[1]Universität Siegen

Design Thinking im Chemieunterricht - Rahmenbedingungen für eine erfolgreiche Implementierung

Neue Herausforderungen an die Schule

In der heutigen global vernetzten – sogenannten – VUCA-Welt (vgl. Fadel, Bialik & Trilling, 2017) stehen Informationen aus verschiedensten Fachdisziplinen in fast unbegrenzter Fülle und unterschiedlichster Qualität zur Verfügung. Volatilität (volatility, Unbeständigkeit) und geringe Vorhersehbarkeit bzw. nicht abzuschätzende Auswirkungen (uncertainty) sind dabei die Folge der immer komplexer werdenden Welt (complexity). Aufgrund unterschiedlicher individueller und gesellschaftlicher Bedürfnisse kommt es zu einer Vielzahl an sich widersprechenden, oft mehrdeutigen Handlungsmöglichkeiten (ambiguity).
Damit Schüler:innen mit diesen Unwägbarkeiten zurechtkommen, sollten agile Unterrichtskonzepte in die Schule integriert werden, die insbesondere die Fähigkeiten Kreativität, kritisches Denken, Kollaboration und Kommunikation – die 4 Ks – fördern (ebd., S. 118 ff.).

Design Thinking als Lösungsansatz

Agile Konzepte, die aus dem Unternehmensbereich bereits Eingang in die Schule gefunden haben, sind z.B. Scrum, Kanban oder Design Thinking (Kantereit, 2021). Für einen experimentellen Unterricht, indem ein „neues“ Produkt entwickelt werden soll, stellt besonders Design Thinking einen interessanten Ansatz dar.
Design Thinking ist ein innovatives Konzept, das an der Stanford University entwickelt wurde, um Unternehmen zu unterstützen kreative Lösungsideen zu komplexen Fragestellungen in einem multidisziplinären Team zu finden. Eine einheitliche Definition lässt sich in der Literatur nicht finden und ist nach Johannson-Sköldberg, Woodilla und Cetinkaya (2013, S. 131) auch nicht sinnvoll. Allen Ansätzen gemeinsam ist, dass die Bedürfnisse der Nutzer im Mittelpunkt stehen (vgl. z.B. Plattner & Meinel, 2009). Ziel des gesamten Prozesses ist immer eine Balance zwischen drei konkurrierenden Aspekten – der Wirtschaftlichkeit, den Nutzerbedürfnissen und der Machbarkeit – bei der Verwirklichung der Lösung einzuregulieren (Grots & Pratschke, 2009). Dabei werden verschiedene Phasen durchlaufen, wobei auf diese stets wieder zurückgegriffen werden kann (iteratives Vorgehen) und so mögliche Fehler konstruktiv genutzt werden können. Dabei wechseln sich divergente mit konvergenten Phasen ab. Die Entwicklung von Prototypen fördert die Weiterentwicklung von Ideen. Grundlegende Voraussetzungen zur erfolgreichen Durchführung sind eine offene Haltung gegenüber neuen Ideen (Wolthaus & Gröger, 2021).

Design Thinking im Chemieunterricht

Bislang wird Design Thinking hauptsächlich in Projektkursen und gesellschaftswissenschaftlichen oder sprachlichen Fächern umgesetzt (vgl. Feldhaus, Primavera & Kleible, 2018). Dabei werden oft auch nur einzelne Schritte des gesamten Design Thinking-Prozesses genutzt (ebd.), sodass die Funktion bzw. der Sinn dieses Ansatzes den Jugendlichen schwerer zu vermitteln sein könnte. Um möglichst viele Schüler:innen zu erreichen, sollten weitestgehend alle Fächer – unter Anbindung an die Lehrpläne – beteiligt werden. Förderschwerpunkt des von uns entwickelten Konzeptes für den Chemieunterricht ist die Förderung der Kreativität, um den Jungen und Mädchen ein positiveres Image von Chemie zu vermitteln, denn für die meisten von ihnen erscheint Chemieunterricht wohl eher starr und wenig kreativ. Eine zu starke Lenkung führt nach Gräber und Kleuker (1998) jedoch zu einer negativen Einstellung zum Fach.

Unter Berücksichtigung der oben genannten Anforderungen – angelehnt an ähnliche Konzepte (vgl. ebd.) – wurde ein Ablaufprozess aus sechs Phasen entwickelt, anschließend erprobt und evaluiert. Neuartig an diesem Ansatz sind z.B., dass die komplexe Problemstellung vom Bereich der Nachhaltigkeit mit seinen ökologischen, sozialen und ökonomischen Folgen ausgeht und die Lösungsansätze mithilfe nachwachsender Rohstoffe selbstständig von den Schülern:innen gefunden werden können. Damit ist gleichzeitig die experimentelle Phase so gestaltet, dass die Schülerteams viele verschiedene, individuelle Versuchsansätze entwickeln können. Nachdem die Schüler:innen sich im Team auf eine Lösungsidee geeinigt haben, wird diese erprobt, indem ein erster Prototyp hergestellt wird. Dieser kann anhand von Kriterien, die einem der Aspekte Machbarkeit, Wirtschaftlichkeit oder Bedürfnisse der Nutzer zugeordnet werden können, bewertet werden. Die Integration dieser Bewertungsphase stellt ein besonderes Merkmal unseres Ansatzes dar. Den Abschluss bildet die Präsentation des eigenen Prototyps im Unterricht (vgl. Wolthaus & Gröger, 2021).

Rahmenbedingungen der Implementation

Aus bisherigen Forschungsergebnissen und Studien wurden mögliche Rahmenbedingungen für eine erfolgreiche Integration abgeleitet, die es in der eigenen Studie zu überprüfen galt. So sollte z.B. ein modularer Aufbau in Form von drei aufeinanderfolgenden Modulen nach den Studien von Wrigley und Straker (2017) vielversprechend sein. Diese wurden in den Klassenstufen 11, 12 und 13 in zwei Parallelkursen (ca. 40 Schüler:innen) einer Gesamtschule in Nordrhein-Westfalen durchgeführt. Dabei erstreckte sich die Unterrichtsreihe auf jeweils zehn Stunden. Nach Taheri, Unterholzer, Hölzle und Meinel (2016) soll bereits in kurzen Workshops das kreative Selbstvertrauen – gemäß Rauth, Köppen, Jobst und Meinel (2010) dem obersten Ziel von Design Thinking – der Teilnehmer:innen gefördert werden können. Folgt man dabei Jobst, Köppen, Lindberg, Moritz, Rhinow und Meinel (2012), so wird dieses mit der Selbstwirksamkeitserwartung nach Bandura (1977) gleichgesetzt.

Forschungsansatz und Methoden

Passend zum modularen Aufbau der Umsetzung des Konzeptes wurde der Design-Based Research-Ansatz gewählt und Leitlinien formuliert (vgl. Plomp, 2013), um mögliche Verbesserungen direkt in den folgenden Modulen einbauen und testen zu können. Die sich an den von Plomp und Niewen (2010) orientierte übergeordnete Forschungsfrage lautet:

- Unterstützen die abgeleiteten Rahmenbedingungen die Implementierung von Design Thinking in den Chemieunterricht?

Bevor Aussagen zu den Rahmenbedingungen getroffen werden können, musste zunächst in einer Pilotstudie ein Datenerhebungsinstrument gefunden werden, das den Unterricht abbildet. Dazu erstellten Beobachter:innen Protokolle, die mit den Texten in den Lerntagebüchern der Schülerteams auf Übereinstimmung untersucht wurden. In einem nächsten Schritt sollte mithilfe der qualitativen Inhaltsanalyse der Tagebücher untersucht werden, ob die Lernenden Design Thinking umsetzen, indem sie alle Phasen durchlaufen und dabei Design Thinking-Prinzipien wie iteratives Vorgehen nutzen. Dabei wurde eine bessere Umsetzung durch höhere Gesamtcodierungen der Phasen und die vermehrte Anwendung von Design Thinking-Kompetenzen operationalisiert. Diese wiederum können verschiedene Ursachen wie besseres Zeitmanagement, gute Teamzusammenarbeit, höheres Interesse an der Problemstellung oder bessere Methodenkenntnisse haben.

Die neu integrierte Bewertungsphase soll mithilfe der von Eggert und Bögeholz (2006) für Nachhaltigkeitsthemen erstellten Aspekte evaluiert werden und die Kreativität wird in den Tagebüchern mit den Subcodes Originalität, Flexibilität und Anzahl an Ideen codiert.

Neben diesen Möglichkeiten der Beurteilung des Konzeptes wurden zusätzlich quantitative Erhebungen herangezogen. So wurden mit bereits etablierten Fragebögen die Konstrukte

Selbstwirksamkeitserwartung und Image im Fach Chemie jeweils vor und nach der Intervention erhoben (vgl. Spitzer, 2017; Weßnigk, 2013; Jerusalem & Schwarzer, 1999).

Ergebnisse

Die Pilotstudie zeigte die Eignung der von den Schülern:innen geführten Lerntagebücher als Datenerhebungsinstrument. Die nächsten Ergebnisse weisen darauf hin, dass die Lernenden alle Phasen des Design Thinkings durchlaufen und Design Thinking-Prinzipien wie iteratives Vorgehen und Visualisieren anwenden. Die Gesamtcodierungen der Phasen und die Design Thinking-Kompetenzen waren in Modul 3 am höchsten, was für den modularen Aufbau spricht, wobei leistungsschwache Jungen und Mädchen mehr profitierten als leistungsstarke.
Die Anzahl der von den Schülerteams gefundenen Lösungsideen (Abb. 1) nahm im Laufe der Module zu, wobei dieses einen Teilaspekt der Kreativität – neben der Flexibilität und Originalität – darstellt (vgl. Guilford, 1950). In weiteren Forschungen könnten Methoden zur Förderung weiterer Teilaspekte der Kreativität integriert und evaluiert werden. Bei der neu integrierten Bewertungsphase zeigten die Jungen und Mädchen im Laufe der Module eine Zunahme ihrer Bewertungskompetenz in allen Aspekten.
Die Auswertung der Fragebögen zur Selbstwirksamkeitserwartung weist auf eine ähnliche Mittelwertsdifferenz in allen drei Modulen hin (Abb. 2), wobei diese bei den Frauen jeweils unter denen der Männer liegt (vgl. Schumacher, Klaiberg & Brähler, 2001; Hinz, Schumacher, Albani, Schmid und Brähler, 2006). Cronbachs α dieser Studien weisen einen ähnlichen Wert auf wie die in anderen Forschungen (ebd.) und zeigen damit eine gute interne Konsistenz auf. Mithilfe der Durchführung gepaarter t-Tests ergab sich für Modul 3 dieser Studie ein statistisch signifikanter Unterschied für die Mittelwerte der Selbstwirksamkeitserwartung vor und nach der Intervention, $t(16) = 2.24$, $p = .020$. Der Mittelwert der Bewertung der Selbstwirksamkeitserwartung war vor der Intervention $M = 28.00$ ($SD = 3.48$) und hat eine Zunahme auf $M = 29.41$ ($SD = 3.95$) nach der Intervention gezeigt.

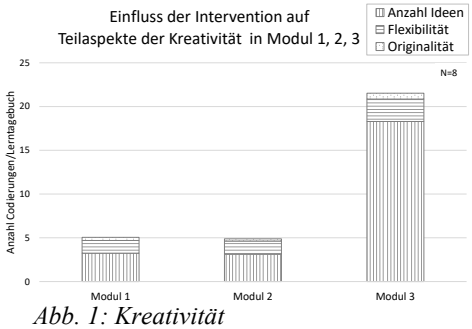


Abb. 1: Kreativität

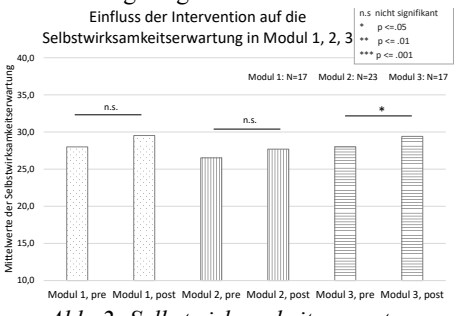


Abb. 2: Selbstwirksamkeitserwartung

Weitere Ergebnisse sind z.B., dass sich das Image Chemie in Modul 3 verbesserte und dass die Schülergruppen Teambildungsphasen durchliefen.

Fazit

Es kann festgehalten werden, dass – unter der Annahme der Gleichsetzung des kreativen Selbstvertrauens mit der Selbstwirksamkeitserwartung – das oberste Ziel des Design Thinkings erreicht wurde. Weiterhin lässt sich feststellen, dass mit dem für den Chemieunterricht entwickelten Design Thinking-Konzept es offenbar gelungen ist, einen Teilaspekt der Kreativität und die Bewertungskompetenz der Schüler:innen zu fördern und das Image des Faches Chemie positiv zu verändern. Mit der Einführung der Bewertungsphase gibt es nun ein Konzept, welches Design Thinking im Unterricht vollständig vermittelt. Bewährt haben sich damit die abgeleiteten Rahmenbedingungen, wobei insbesondere leistungsschwache Schüler:innen von dem strukturierten, modularen Aufbau profitierten.

Literatur

Bandura, A. (1977). Self-efficacy: toward a unifying theory of behavioral change. Psychological Review, 84(2), S. 191-215.

Eggert, S. & Bögeholz, S. (2006). Göttinger Modell der Bewertungskompetenz-Teilkompüetenz "bewerten, Entscheiden und Reflektieren" für Gestaltungsaufgaben Nachhaltiger Entwicklung. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 12, 177-197.

Fadel, C. Bialik, M. & Trilling, B. (2017). Die vier Dimensionen der Bildung. ZLL21 Zentralstelle für Lernen und Lehrern im 21. Jahrhundert e.V.

Feldhaus, L. Primavera, J. & Kleible, A. (2018). HOPP FOUNDATION for Computer Literacy & Informatics gGmbH, hopp-foundation.de [zuletzt abgerufen am 08.07.2021]

Gräber, W. & Kleuker, U. (1998). Erläuterungen zu Modul8: Entwicklung von Aufgaben für die Kooperation von Schülern (BLK-Modellversuch zur "Steigerung der Effizienz des mathematisch-natur-wissenschaftlichenUnterrichts"). http://sinus-transfer.uni-bayreuth.de/fileadmin/MaterialienBT/modul8.zip [zuletzt abgerufen am 30.07.2020]

Grots, A. & Pratschke, M (2009). Design Thinking – Kreativität als Methode. Marketing Rev St. Gallen2, S.18-23.

Guilford, J. P. (1950). Creativity: American Psychologist, 5, S 444-454, https://doi.org/10.1037/h0063487

Hinz, A., Schumacher, J., Albani, C., Schmid, G., & Brähler, E. (2006). Bevölkerungsrepräsentative Normierung der Skala zur Allgemeinen Selbstwirksamkeitserwartung. Diagnostica, 52(1), S. 26-32.

Jerusalem, M. & Schwarzer, R. (1999). Skala zur allgemeinen Selbstwirksamkeitserwartung. Skalen zur Erfassung von Lehrer- und Schülermerkmalen. Dokumentation der psychometrischen Verfahren im Rahmen der Wissenschaftlichen Begleitung des Modellversuchs Selbstwirksame Schulen. Berlin: Freie Universität Berlin.

Jobst, B., Köppen, E., Lindberg, T., Moritz, J., Rhinow, H. & Meinel, C. (2012). The faith-factor in design thinking: Creative confidence through education at the design thinking schools Potsdam and Stanford?. In Design thinking research (pp. 35-46). Springer, Berlin, Heidelberg.

Johannson-Sköldberg, U., Woodilla, J. & Çentikaya, M. (2013). Design Thinking: Past, Present and Possible Futures. Creativity and Innovation Management, 22(2), S. 121-146.

Kantereit, T. (2021). Agilität und Bildung (Eds. Kantereit, T.), Visual Ink Publishing, https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/ [zuletzt abgerufen am 10.01.2021]

Plattner, H. & Meinel, C. (2009). Design Thinking – Innovation lernen – Ideenwelt öffnen. miWirtschaftsbuch: Finanzbuch Verlag GmbH.

Plomp, T. (2013). Educational design research: An introduction. Educational design research, S. 11-50.

Plomp, T., & Nieveen, N. M. (2010). An introduction to educational design research: Proceedings of the seminar conducted at the East China Normal University, Shanghai (PR China), November 23-26, 2007. Stichting Leerplan Ontwikkeling (SLO), S. 19.

Rauth, I., Köppen, E. Jobst, B. & Meinel, C. (2010). Design thinking: An educational model towards creative confidence. In DS 66-2: Proceedings of the 1st international conference on design creativity (ICDC 2010). https://www.designsociety.org/publication/30267/design_thinking_an_educational_model_towards_creative_confidence [zuletzt abgerufen am 28.07.2020]

Schumacher, J., Klaiberg, A. & Brähler, E. (2001). Bevölkerungsrepräsentative Normierung der Skala zur Allgemeinen Selbstwirksamkeitserwartung. http://userpage. fuberlin. de/~ health/swe_norm. Pdf [zuletzt abgerufen am 05.05.2019]

Spitzer, P. (2017). Untersuchungen zur Berufsorientierung als Baustein eines relevanten Chemieunterrichts im Vergleich zwischen Mittel- und Oberstufe sowie Darstellung des Chem-Trucking-Projektes als daraus abgeleitete Interventionsmaßnahme für den Chemieunterricht.

Taheri, M., Unterholzer, T. Hölzle, K. & Meinel, C. (2016). An educational perspektive on design thinking learning outcomes. In ISPIM Innovation Symposium (p.1). The International Society for Professional Innovation Management (ISPIM).

Weßnigk, S. (2013). Kooperatives Arbeiten an industrienahen außerschulischen Lernorten. Dissertation. Christian-Albrechts-Universität Kiel.

Wolthaus, P. & Gröger, M. (2021). Design Thinking im Chemieunterricht: Innovationen aus der Natur. Chemie in unserer Zeit, 3, 1-8, https://doi.org/10.1002/ciuz.202000077

Wrigley, C. & Straker, K. (2017). Design thinking pedagogy: The educational design ladder. Innovations in Education and Teaching International, 54(4), S. 374-385.

Simon Schäfer[1]
Rüdiger Tiemann[1]

[1]Humboldt-Universität zu Berlin

Bayes'sche Item-Response-Modellierung mit R

Motivation

Ausgangslage für die Beschäftigung mit Bayes'scher Statistik stellte die Entwicklung eines Testinstruments zur Messung fachdidaktisch-deklarativen Wissens bei Chemie-Lehramtsstudierenden dar. Die Aufgaben wurden im Multiple-Choice-Format konzipiert, sodass meist mehr als ein Attraktor und mehrere Distraktoren gegeben sind. Die eingesetzten Messmodelle basieren auf der Item Response Theorie (IRT), da diese im Vergleich zur klassischen Testtheorie einige Vorteile bezüglich der Messung von Kompetenzen und der Untersuchung von Kompetenzmodellen (vgl. Hartig & Frey, 2013) bietet. Beispielsweise lassen sich konkurrierende Item-Response-Modelle (IR-Modelle) auf Grund ihres prädiktiven Charakters anhand von Informationskriterien miteinander vergleichen.
Dabei soll die Auswertung der Daten mit möglichst wenig Informationsverlust realisiert werden. Daher wurde sich sowohl gegen eine dichotome Auswertung der Aufgaben als Ganzes als auch gegen ein Partial-Credit-Modell entschieden. Stattdessen werden die einzelnen Antwortmöglichkeiten jeweils als eigenes dichotomes Item behandelt, deren lokale Abhängigkeit (bedingt durch den gemeinsamen Itemstamm) mit Hilfe des Testlet-Modells (Wainer, Bradlow & Wang, 2007) berücksichtigt wird.
Als mehrdimensionales (und ggf. auch mehrparametrisches) Modell ist das Testlet-Modell als recht komplex zu bezeichnen. Die benötigte Stichprobengröße von IR-Modellen steigt aber sowohl mit der Komplexität des Modells als auch mit der avisierten Bestimmtheit der zu treffenden Aussagen. Es finden sich diverse Studien mit Aussagen über die Mindeststichprobengröße, deren Ergebnislage aber recht heterogen ist (vgl. Sahin & Anil, 2017). Jedoch werden für mehrdimensionale, mehrparametrische Modelle zumeist mehrere tausend Personen als Voraussetzung für eine belastbare Auswertung genannt.
Da eine solch große Stichprobe nicht akquiriert werden konnte, wurde nach einer Alternative gesucht. Fujimoto und Neugebauer (2020) zeigten, dass für Testlet-Modelle Parameterschätzungen mit geringem Bias schon für Stichproben ab 100 Personen möglich sind, wenn die Modellierung mit Methoden der Bayes'schen Statistik unter Verwendung informativer Prior abläuft.

Zugang zur Bayes'schen Statistik

Vor der Entwicklung leistungsfähiger Computer und der Einführung der Markow-Chain-Monte-Carlo-Algorithmen [1990] (kurz MCMC) konnten Bayes'sche Methoden nur auf relativ einfache Modelle angewendet werden (Kruschke & Liddell, 2018a). Seitdem wurden mit WinBUGS [1997], JAGS [2007] und Stan [2012] drei bedeutsame Software-Pakete für Bayes'sche Analysen veröffentlicht. Dennoch ist die Nutzung Bayes'scher Methoden trotz seiner theoretischen Vorteile (Kruschke & Liddell, 2018b) noch nicht zur Norm geworden.
Ein Grund hierfür ist sicherlich das Fehlen benutzerfreundlicher Software, was in vergleichbarer Weise von Rost (1999) als einer der Gründe für das „Schattendasein" des Rasch-Modells in Bezug auf die klassische Testtheorie angeführt wurde. Das Erlernen einer eigenständigen Programmiersprache für das Durchführen Bayes'scher Analysen ist eine hohe Hürde. Hier bietet JASP (JASP Team, 2021) mittlerweile eine Oberfläche, die von der

Bedienung vergleichbar mit SPSS ist und sowohl Bayes'sche als auch frequentistische Analysen ermöglicht. JASP greift dabei auf die Funktionen aus R-Paketen zurück. Die Berechnung von Item-Response-Modellen ist mit JASP aber nicht möglich.
Ein weiterer Grund ist, dass statistische Lehrveranstaltungen noch immer vorrangig frequentistische Methodik lehren. Schon Chernoff schrieb in einem Kommentar zu Efrons (1986) Artikel mit dem Titel „Why Isn't Everyone a Bayesian" von der Verzögerung, mit der eine Veränderung in den Lehrplänen zu erwarten sei. Zu empfehlen sind für das Selbststudium die Bücher von McElreath (2020) und Kruschke (2015) und deren Adaptionen für das R-Paket brms (Bürkner, 2017) durch Kurz (2021). Die Lehrbücher beinhalten zwar keine Kapitel zum Thema Item Response Theorie bereiten aber auf die Anwendung generalisierter linearer Modelle (GLM) vor.

Bayes'sche Item-Response-Modellierung mit R

Bürkners Artikel zur Spezifizierung von IR-Modellen als GLM im R-Paket brms bieten einen Leitfaden für die Auswertung sowohl dichotomer als auch ordinaler IR-Modelle mittels Bayes'scher Methoden (Bürkner & Vuorre, 2019; Bürkner, 2019, 2020). Mit brms lassen sich aber auch nichtlineare Modelle (z.B. mehrparametrische IR-Modelle) formulieren. Der Fokus der referenzierten Artikel liegt dabei auf der Auswertung der Genauigkeit der geschätzten Parameter, der Modellierung von Kovariaten und dem Modellvergleich mittels leave-one-out cross-validation (LOO CV). Des Weiteren demonstriert er die Methode der Posterior Predictive Model Checks (PPMC), welche auf alle klassischen Itemfitindizes (z.B. Log-Likelihood, Infit, Outfit, G2, etc.) anwendbar ist und sowohl für die Selektion unpassender Items als auch Modellvergleiche genutzt werden kann.
Mit Vorerfahrungen in der Verwendung von R-Paketen wie TAM (Robitzsch, Kiefer & Wu, 2021) oder mirt (Chalmers, 2012) und der Methodik der Varianzanalyse wird man klassische Auswertungsmethoden für IR-Modelle wie Item Characteristic Curves oder Wrightmaps und auch das in der Bayes'schen Methodik weniger übliche R^2-Maß vermissen. Das R-Paket birtms (Schäfer, 2021) baut auf die Funktionalität von brms auf und stellt diese und weitere Methoden zur Auswertung Bayes'scher IR-Modelle zur Verfügung. Derzeit sind diese zusätzlichen Auswertungsmethoden aber noch nicht für alle spezifizierbaren Modelle implementiert.
Eine der wichtigsten Funktionen von birtms ist die Möglichkeit, die marginale Log-Likelihood zu berechnen. Als Basis diverser Informationskriterien wird die Log-Likelihood für den Vergleich der Modellpassung und die Wahl des am ehesten unterstützten psychometrischen Modells genutzt. Von diesem Vergleich ausgehend werden dann häufig Schlüsse über das zugrundeliegende theoretische Konstrukt abgeleitet.
Merkle, Furr und Rabe-Hesketh (2019) zeigten, dass die Informationskriterien für IR-Modelle auf Basis der marginalen Log-Likelihood berechnet werden müssen, da ansonsten komplexere Modelle im Modellvergleich bevorzugt werden. Dies konnte an den eigenen Datensätzen reproduziert werden. Da das bei Bürkner (2019) vorgestellte Vorgehen für den Modell-vergleich auf einer Funktion beruht, die die konditionale Log-Likelihood verwendet, ist eine Alternative nötig. Daher ist in birtms eine Funktion zur Berechnung der marginalen Log-Likelihood implementiert. Mit dieser kann die Methode PSIS-LOO CV (Vehtari, Gelman & Gabry, 2017) für den Modellvergleich genutzt werden. Auch hier ist die Methode noch nicht für alle spezifizierbaren Modelle verfügbar. Alternativ kann immer die grouped K-fold CV (Vehtari, 2020) genutzt werden, welche aber deutlich längere Laufzeiten hat.

Entscheidungshilfe: Bayes'sche Item-Response-Modelle

Oben wurde dargelegt, was den Autor zur Auseinandersetzung mit der Bayes'schen Statistik bewegte. Es wurde beschrieben, dass sich die Voraussetzungen für den Einsatz Bayes'scher Methoden allgemein verbessert haben und Möglichkeiten zum Selbststudium genannt. Nachfolgend werden einige Vorteile der Bayes'schen und frequentistischen Methodik aufgelistet, von denen die meisten bei Kruschke und Liddell (2018b) ausgeführt werden.

Tab. 1: Gegenüberstellung Bayes'sche und frequentistische Methoden

Vorteile Bayes'scher Methodik	**Vorteile frequentistischer Methodik**
Flexible Modellspezifikation	Bekanntheit und Akzeptanz
Valide für kleinere Stichproben	Softwareverfügbarkeit*
Vorwissen nutzbar*	Hardware- und Zeitanforderungen*
Parameterverteilungen informieren über Genauigkeit der Ergebnisse	Bekannte Fehlerraten
Intuitiv interpretierbar	
Unabhängigkeit von geplanter Testanzahl	
Überwindung von Meehls Paradoxon (Meehl, 2013)	
Unsicherheit in Folgeauswertungen berücksichtigen	

Dass auf Seite der Bayes'schen Methodik mehr Vorteile aufgelistet sind, soll nicht darüber hinwegtäuschen, dass die Nachteile im Bereich der IR-Modellierung aus Anwendungssicht äußerst relevant sind. Im Vergleich zu frequentistischen Methoden dauert die Modellierung um den Faktor 10^4 mal länger, bedarf das Speichern der Modelle 100 mal mehr Platz und für manche der selbst implementierten Auswertungsmethoden reichen selbst 32 GB RAM nicht aus. Die Berechnung von 3PL-Testlet-Modellen auf Basis von etwa 28000 Beobachtungen (resultierend aus knapp 280 Items und gut 100 Personen) benötigte um die 24 Stunden. An anderer Stelle ist es erforderlich Funktionen selbst anzupassen oder neu zu implementieren, um die für speziellere Modelle nutzen zu können. Und je nach Denkschule wird die Möglichkeit, Vorwissen in Form von Priors zu nutzen nicht als Vorteil gesehen, sondern als subjektiv und manipulationsanfällig abgelehnt.

Bayes'sche Methoden basieren zwar auf einem konsistenteren und intuitiveren Wahrscheinlichkeitskonstrukt, liefern aber ohne die Verwendung informativer Prior vergleichbare Ergebnisse für die Modellparameter wie die etablierten frequentistischen Methoden. Daher bietet der bloße Wechsel zu MCMC-Algorithmen für den Praktiker kaum Vorteile. Damit findet sich eine weitere Parallele zur Situation, wie Rost (1999) sie bezüglich klassischer Testtheorie und Item Response Theorie beschrieb.

Der praktische Nutzen der Bayes'schen Metodik ergibt sich erst, wenn …

- mit kleineren Stichproben komplexe psychometrische Modelle getestet werden,
- Modelle spezifiziert werden, für die es noch keine klassischen Lösungen gibt,
- die Auswertung auf Grundlage der Parameterverteilungen und PPMC-Methoden basiert,
- oder Vorwissen mittels informativer Prior in die Auswertung mit einbezogen wird.

Interessierten Pionieren bietet die Bayes'sche Methodik aber schon heute die Möglichkeit differenziertere Fragestellungen mit dafür maßgeschneiderten Modellen zu überprüfen.

Literatur

Bürkner, P.-C. (2017). brms : An R Package for Bayesian Multilevel Models Using Stan. *Journal of Statistical Software*, *80*(1). https://doi.org/10.18637/jss.v080.i01

Bürkner, P.-C. (2019, 23. Mai). *Bayesian Item Response Modeling in R with brms and Stan*. Verfügbar unter: https://arxiv.org/pdf/1905.09501

Bürkner, P.-C. (2020). Analysing Standard Progressive Matrices (SPM-LS) with Bayesian Item Response Models. *Journal of Intelligence*, *8*(1). https://doi.org/10.3390/jintelligence8010005

Bürkner, P.-C. & Vuorre, M. (2019). Ordinal Regression Models in Psychology: A Tutorial. *Advances in Methods and Practices in Psychological Science*, *2*(1), 77–101. https://doi.org/10.1177/2515245918823199

Chalmers, R. P. (2012). mirt : A Multidimensional Item Response Theory Package for the R Environment. *Journal of Statistical Software*, *48*(6). https://doi.org/10.18637/jss.v048.i06

Efron, B. (1986). Why Isn't Everyone a Bayesian? *The American Statistician*, *40*(1), 1. https://doi.org/10.2307/2683105

Fujimoto, K. A. & Neugebauer, S. R. (2020). A General Bayesian Multidimensional Item Response Theory Model for Small and Large Samples. *Educational and Psychological Measurement*, *80*(4), 665–694. https://doi.org/10.1177/0013164419891205

Hartig, J. & Frey, A. (2013). Sind Modelle der Item-Response-Theorie (IRT) das „Mittel der Wahl“ für die Modellierung von Kompetenzen? *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, *16*(S1), 47–51. https://doi.org/10.1007/s11618-013-0386-0

JASP Team. (2021). JASP (Version 0.15) [Computer software].

Kruschke, J. K. (2015). *Doing Bayesian data analysis. A tutorial with R, JAGS, and Stan* (2. ed.). Amsterdam: AP Academic Press/Elsevier. Retrieved from http://www.contentreserve.com/TitleInfo.asp?ID={38F45CF6-6B5C-433C-85F8-A3568420927D}&Format=50

Kruschke, J. K. & Liddell, T. M. (2018a). Bayesian data analysis for newcomers. *Psychonomic Bulletin & Review*, *25*(1), 155–177. https://doi.org/10.3758/s13423-017-1272-1

Kruschke, J. K. & Liddell, T. M. (2018b). The Bayesian New Statistics: Hypothesis testing, estimation, meta-analysis, and power analysis from a Bayesian perspective. *Psychonomic Bulletin & Review*, *25*(1), 178–206. https://doi.org/10.3758/s13423-016-1221-4

Kurz, A. S. (2021, 23. Oktober). *Books | A. Solomon Kurz*. Zugriff am 23.10.2021. Verfügbar unter: https://solomonkurz.netlify.app/bookdown/

McElreath, R. (2020). *Statistical Rethinking*. Chapman and Hall/CRC. https://doi.org/10.1201/9780429029608

Meehl, P. E. (2013). The Problem Is Epistemology, Not Statistics: Replace Significance Tests by Confidence Intervals and Quantify Accuracy of Risky Numerical Predictions. In L. L. Harlow, S. A. Mulaik & J. H. Steiger (Eds.), *What If There Were No Significance Tests?* (Multivariate Applications Series, S. 393–425). Hoboken: Taylor and Francis. Zugriff am 12.09.2021. Verfügbar unter: https://meehl.umn.edu/sites/meehl.umn.edu/files/files/169problemisepistemology.pdf

Merkle, E. C., Furr, D. & Rabe-Hesketh, S. (2019). Bayesian Comparison of Latent Variable Models: Conditional Versus Marginal Likelihoods. *Psychometrika*, *84*(3), 802–829. https://doi.org/10.1007/s11336-019-09679-0

Robitzsch, A., Kiefer, T. & Wu, M. (2021). TAM: Test Analysis Modules (Version 3.7-16) [Computer software]. Verfügbar unter: https://CRAN.R-project.org/package=TAM

Rost, J. (1999). Was ist aus dem Rasch-Modell geworden? *Psychologische Rundschau*, *50*(3), 140–156. https://doi.org/10.1026//0033-3042.50.3.140

Sahin, A. & Anil, D. (2017). The Effects of Test Length and Sample Size on Item Parameters in Item Response Theory. *Educational Sciences: Theory & Practice*. https://doi.org/10.12738/estp.2017.1.0270

Schäfer, S. (2021). *Famondir/birtms: Bayesian Item Response Theory Models using Stan*. Zenodo. https://doi.org/10.5281/zenodo.5507637

Vehtari, A. (2020, 16. Dezember). *Cross-validation for hierarchical models*. Zugriff am 29.03.2021. Verfügbar unter: https://avehtari.github.io/modelselection/rats_kcv.html

Vehtari, A., Gelman, A. & Gabry, J. (2017). Practical Bayesian model evaluation using leave-one-out cross-validation and WAIC. *Statistics and Computing*, *27*(5), 1413–1432. https://doi.org/10.1007/s11222-016-9696-4

Wainer, H., Bradlow, E. T. & Wang, X. (2007). *Testlet response theory and its applications*. Cambridge: Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9780511618765

Tina Grottke[1] [1]Humboldt-Universität zu Berlin
Rüdiger Tiemann[1]

Facetten der mentalen Struktur beim Wechsel zwischen molekularen Repräsentationen

Theoretischer Hintergrund

Externe Repräsentationen spielen in der Chemie für das Verständnis und die Kommunikation chemischer Phänomene eine bedeutende Rolle (Gilbert, 2005; Kozma & Russell, 1997, 2005; Taskin, Bernholt & Parchmann, 2015; Wu & Shah, 2004, Mammino, 2008). Besonders die molekulare Ebene wird durch verschiedene Darstellungen wie Summen- und Strukturformeln oder Kugel-Stab-Modelle repräsentiert und in bestehendem Lehr- und Lernmaterial verwendet, um den Zugang zu nicht sichtbaren Prozessen zu ermöglichen (Hoffmann & Laszlo, 1991; Wu & Shah 2004). Chemische Formeln und Visualisierungen bilden zugleich einen Bestandteil der chemischen Fachsprache (Bernholt et al. 2012; Taskin & Bernholt, 2014, Hoffmann & Laszlo, 1991, Wu & Shah, 2004) und lassen sich aufgrund ihrer strukturellen Merkmale in drei Kategorien gliedern: symbolisch, hybrid und ikonisch (s. Grottke & Tiemann, 2020). Grundlage dieser 3-Gliederung bildet die Einteilung in symbolhafte und bildhafte Repräsentationen (Schnotz & Bannert, 2003; Schnotz, 2002) sowie die in diesem Projekt zu hybriden Darstellungen konkludierten Moleküldarstellungen mit symbolischen als auch ikonischen Merkmalen (Talanquer, 2011). Der Umgang mit diesen vielfältigen Repräsentationen stellt hohe Anforderungen an Lernende (Copolo & Hounshell, 1995; Fleischer, 2017; Kozma & Russell, 1997), wobei das in Beziehung setzen unterschiedlicher externer Repräsentationen und deren Überführung ineinander einen entscheidenden Bestandteil darstellt und als Translationsfähigkeit definiert wird (Kozma & Russell, 1997, 2005; Keig & Rubba, 1993). Bestehende Studien zeigen, dass Lernende Schwierigkeiten beim Übersetzen zwischen den verschiedenen Darstellungsweisen der molekularen Ebene aufwiesen. Dabei wurden die Übersetzungen zwischen chemischen Formeln, Elektronenkonfigurationen und Kugel-Stab-Modellen (Keig & Rubba, 1993; Furio et al. 2000), die Ermittlung der Moleküldarstellung aus Summenformeln (Furio et al. 2000) und die Strukturaufklärung der Translationsfähigkeit bei Studierenden mit Fokus auf der Übersetzung von bildhaft in symbolisch (Fleischer, 2017) näher untersucht.

Forschungsinteresse und Forschungsfragen

Daraus entsteht das Forschungsdesiderat, die Translationsfähigkeit in einem quantitativen Setting für Lernende des schulischen Bereiches mit Betrachtung von Hin- und Rückübersetzungen sowie der Identifikation möglicher Einflussfaktoren zu untersuchen. Als Einflussgrößen auf die Lösungswahrscheinlichkeit bei Translationsaufgaben werden itemspezifische Aspekte, wie die Kombinationen aus Ausgangs- und Zielkategorien der externen Repräsentationen (Übersetzungswege) im chemischen Kontext sowie die in den Aufgaben verwendeten Stoffklassen und personenspezifische Eigenschaften betrachtet, welche zu folgenden Forschungsfragen führen:

FF1: Welche Itemcharakteristika (a: Übersetzungswege, b: Stoffklassen) zeigen einen empirischen Einfluss auf die Itemschwierigkeit?

FF2: Welche Zusammenhänge bestehen zwischen der Translationsfähigkeit im chemischen Kontext und ausgewählten personenspezifischen Eigenschaften?

Design und Methode

Zur Erfassung des latenten Konstruktes der Translationsfähigkeit bei Lernenden des schulischen Bereiches wurde ein technologiebasierter Multiple-Choice-Test konzipiert.

Dabei wurde aus der Kreuzung der drei Moleküldarstellungs-Kategorien eine 3x3 Untersuchungsmatrix aufgespannt (s. Grottke & Tiemann, 2020). Die Kombination aus einer Ausgangs- und einer Zielkategorie stellt je einen Übersetzungsweg dar, welcher durch 10 Aufgaben repräsentiert wird, sodass für die Hauptstudie 90 Multiple-Choice Aufgaben eingesetzt wurden. Die Aufgaben wurden auf Basis von Konstruktionsmanualen entwickelt und in einem Think-Aloud-Setting (N = 10) sowie in einer quantitativen Vorstudie validiert (N = 225). Aus testökonomischen Gründen wurden die Aufgaben in einem unvollständigen Testheftdesign angeordnet (YSDs nach Frey et al. 2009), sodass jeder Proband nur 18 Aufgaben aus dem Aufgabenpool bearbeitete. Die Datenerhebung erfolgte über das Umfragetool LimeSurvey mit 629 Schüler:innen der 10. und 11. Jahrgangsstufe Berliner Schulen. Zudem wurden personenbezogene Eigenschaften, wie Fachwissen oder fluide Intelligenz für die Bearbeitung der FF2 erhoben.
Der vorliegende Beitrag gibt einen Einblick in die Ergebnisse zur FF1, bei deren Analyse das Linear-Logistisches Test-Modell (LLTM; Fischer, 1973) zu Grunde gelegt wurde. Im Gegensatz zu mehrdimensionalen Testmodellen, die mehrere latente Fähigkeiten der Personen postulieren, werden im LLTM-Modell für unterschiedliche Itemgruppen gemeinsame Verschiebungen auf der Logit-Skala modelliert. Die Items wurden dabei gemäß der zuvor aufgestellten Modellpläne (Abb. 1) mit Informationen zu ihren Itemeigenschaften kodiert (Zuordnung der Aufgabe zu einem Übersetzungsweg oder einer Stoffklasse). Die zuvor angesprochene 3x3 Untersuchungsmatrix bildet die Basis für die Analyse der Übersetzungswege (FF1a), wobei vier Modelle aufgestellt wurden. Das Stoffklassenmodell (FF1b) differenziert die in den Aufgaben verwendeten Stoffklassen.

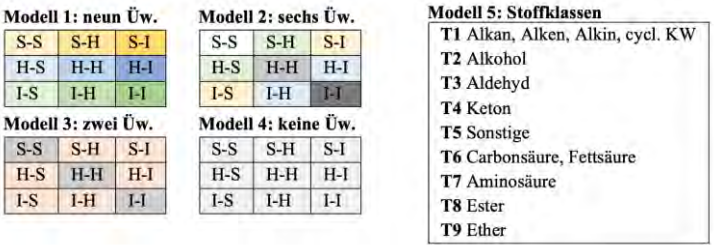


Abb. 1: Modellpläne
links (FF1a): Übersetzungswege (Üw.), rechts (FF1b): Stoffklassen

Umgesetzt wird das Modelfitting mittels Bayesianischer Item-Response-Theory über das R-Paket *brms* von Bürkner (2021). Dies ermöglichte eine flexible Modellspezifikation mit Fokus auf die Itemeigenschaften (Übersetzungsweg, Stoffklassen).

Ergebnisse

Der Modellvergleich der in *brms* (Bürkner, 2021) gefitteten Modelle erfolgt über das PSIS-LOO (Pareto-smoothed importance sampling cross-validation) Kriterium (Vehtari et al, 2017) mittels marginaler Log-Likelihood (Merkle et al., 2019) über eine externe Funktion (marginal_loglik) aus dem Paket *birtms* von Schäfer (2021), da in *brms* lediglich die konditionale Log-Likelihood für den Modellvergleich herangezogen wird.
Alle Modelle erfüllen die Kriterien der Modellkonvergenz (Rhat, MCMC-plots, ESS). Über alle Modelle hinweg ließ die 2pl-Skalierung im Vergleich zu der 1pl-Skalierung generalisierbarere Aussagen zu, sodass die Ergebnisse der 2pl-Skalerung präsentiert werden.
Der Modellvergleich zeigt die LOO-ELPD-Differenzen der zu vergleichenden Modelle, wobei das Modell mit dem geringsten Wert jeweils die Referenz darstellt. Bei beiden Modellvergleichen (Tab. 1: Übersetzungswege, Stoffklassen) zeigen sich LOO-ELPD-

Differenzen < 4, sodass alle Modelle eine ähnliche Vorhersagekraft zu haben scheinen und sich daher nicht unterscheiden lassen. Es können keine Unterschiede in der Lösungswahrscheinlichkeit bei den Translationsaufgaben in Abhängigkeit eines bestimmten Weges oder der Darstellungsart gefunden werden. Auch das Stoffklassen-Modell erweist sich nicht als bedeutsam prädiktiver. Sowohl Übersetzungsweg als auch die Stoffklasse des dargestellten Moleküls scheinen keinen, alle Kategorien betreffenden, Einfluss auf die Lösungswahrscheinlichkeit zu haben.

Tab. 1: Modellvergleiche über LOO-ELPD, PSIS, marginale Log-Likelihood

Modellvergleich: Übersetzungswege				**Modellvergleich: Stoffklassen**			
Nr.	**Modell**	**elpd-diff**	**se-diff**	**Nr.**	**Modell**	**elpd-diff**	**se-diff**
2	sechs Üw. (2pl)	0.0	0.0	5	Stoffklassen (2pl)	0.0	0.0
1	neun Üw. (2pl)	-0.3	2.2	2	sechs Üw. (2pl)	-2.8	2.6
3	zwei Üw. (2pl)	-0.8	2.4	1	neun Üw. (2pl)	-3.1	2.8
4	keine Üw. (2pl)	-0.9	2.7	3	zwei Üw. (2pl)	-3.6	2.4
-	-	-	-	4	keine Üw. (2pl)	-3.6	2.9

Anmerkung: Üw. = Übersetzungswege

Die detaillierte Analyse der Itemschwierigkeits-Parameterverteilungen der komplexesten Modelle (9-Üw.-Modell und Stoffklassen-Modell) zeigte aber für einzelne Kategorien einen modellierbaren Einfluss. Grundlage für diese Vergleiche bilden die 4000 Posterior-Samples der Itemgruppenparameter (akzeptierte Parameterschätzungen aus dem MCMC-Verfahren). In dem Modell 1 (9-Üw.) zeigt sich, dass der Übersetzungsweg hybrid in hybrid (H-H) als schwerer einzustufen ist als der Übersetzungsweg symbolisch in ikonisch (S-I). Die anderen Übersetzungswege weisen unter Annahme eines Credible-Intervalls von .95 keine systematische Abweichung voneinander auf. Somit zeigt sich nur bezüglich des Vergleichs der Übersetzungswege H-H und S-I ein über die Modellschätzungen konsistenter Unterschied bezüglich der mittleren Itemgruppenschwierigkeiten. Folglich zeigen sich auch keine systematischen Unterschiede (CI = .95) bei Hin- und Rückübersetzungen in den Itemschwierigkeiten. Im Stoffklassen-Modell lassen sich Unterschiede in der Lösungswahrscheinlichkeit bei den Translationsaufgaben zwischen mehreren Stoffklassen feststellen. Dabei zeigen sich systematische Unterschiede bei der Übersetzung von Alkanen, Alkenen und Alkinen (T1) im Vergleich zu anderen Stoffklassen, welche überwiegend schwerer zu übersetzen scheinen als T1. Ether-Verbindungen (T9) scheinen hingegen leichter in der Übersetzung zu sein als Ester- (T8), Carbonsäure- (T6) oder Aldehyd-Verbindungen (T3). Alkohol- (T2), Aldehyd- (T3), Keton- (T4), Carbonsäure- (T6) und Ester-Verbindungen (T8) weisen hingegen untereinander keine systematischen Unterschiede auf und sind demnach annähernd gleich schwer bzw. leicht zu übersetzen.

Deutung

Unter Annahme einer gemeinsamen latenten Translationsfähigkeit konnten empirisch keine Unterschiede bezüglich der Schwierigkeit in den Übersetzungswegen zwischen verschiedenen Moleküldarstellungen identifiziert werden (FF1a). Für die Überprüfung eines mehrdimensionalen Mechanismus des Übersetzens zwischen diesen bedürfte es einer Folgestudie, in der Schüler:innen mehr Fragen je Zelle bearbeiten. Erst dann können Aussagen über eine differenzierte kognitive Verarbeitung getroffen und die Repräsentationsunabhängigkeit geprüft werden. Die Unterschiede in der Lösungswahrscheinlichkeit bei Aufgaben verschiedener Stoffklassen könnte auf die curriculare Reihenfolge und somit Vertrautheit mit diesen Stoffklassen zurückgeführt werden, aber auch auf die Komplexität der Darstellungen aufgrund ihrer funktionellen Gruppe (FF1b).

Literatur

Bernholt, S., Fischer, I., Heuer, S., Taskin, V., Martens, J., & Parchmann, I. (2012). Die chemische Formelsprache – (un-) vermeidbare Hürden auf dem Weg zu einer Verständnisentwicklung? *CHEMKON, 19*(4), 171-178. doi:10.1002/ckon.201210183

Bürkner, P.-C. (2021). *Brms: Bayesian Regression Models using ‚stan'*. R package version 2.15.0. https://CRAN.R-project.org/package=brms

Copolo, C. E., & Hounshell, P. B. (1995). Using Three-Dimensional Models to Teach Molecular Structures in High School Chemistry. *Journal of Science Education and Technology, 4*(4), 295-305. doi:10.1007/BF02211261

Fischer, G. H. (1973). The linear logistic test model as an instrument in educational research. *Acta Psychol.* 37, 359–374. doi: 10.1016/0001-6918(73)90003-6

Fleischer, T. (2017). *Untersuchung der chemischen Fachsprache unter besonderer Berücksichtigung chemischer Repräsentationen*. Berlin: Logos.

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), 39-53. doi:10.1111/j.1745-3992.2009.00154.x

Furió, C., Calatayud, M. L., Bárcenas, S. L., & Padilla, O. M. (2000). Functional fixedness and functional reduction as common sense reasonings in chemical equilibrium and in geometry and polarity of molecules. *Science Education, 84*(5), 545-565. doi:10.1002/1098-237X(200009)84:5<545::AID-SCE1>3.0.CO;2-1

Gilbert, J. K. (2005). Visualization: A metacognitive skill in science and science education. In J. K. Gilbert (Ed.), *Visualization in Science Education* (pp. 9-27). Dordrecht: Springer.

Grottke, T. & Tiemann, R. (2020). Repräsentationswechsel zwischen molekularen Darstellungsformen. In: S. Habig (Ed.), Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Wien 2019. (pp. 574-577). Universität Duisburg-Essen.

Hoffmann, R., & Laszlo, P. (1991). Representation in Chemistry. *Angewandte Chemie International Edition in English, 30*(1), 1-16. doi:10.1002/anie.199100013

Keig, P. F., & Rubba, P. A. (1993). Translation of Representations of the Structure of Matter and its Relationship to Reasoning, Gender, Spatial Reasoning, and Specific Prior Knowledge. *Journal of Research in Science Teaching, 30*(8), 883-903. doi:10.1002/tea.3660300807

Kozma, R., & Russell, J. (1997). Multimedia and Understanding: Expert and Novice Responses to Different Representations of Chemical Phenomena. *Journal of Research in Science Teaching, 34*(9), 949-968. doi:10.1002/(SICI)1098-2736(199711)34:9<949::AID-TEA7>3.0.CO;2-U

Kozma, R., & Russell, J. (2005). Students Becoming Chemists: Developing Representational Competence. In J. K. Gilbert (Ed.), *Visualization in Science Education* (pp. 121-145). Dordrecht: Springer.

Mammino, L. (2008). Teaching Chemistry wih and Without External Representations in Professional Environments with Limited Resources. In J. K. Gilbert, M. Reiner, & M. Nakhleh (Eds.), *Visualization: Theory and Practice in Science Education* (Vol. 3, pp. 155-185). Dordrecht: Springer.

Merkle, E. C., Furr, D., & Rabe-Hesketh, S. (2019). Bayesian comparison of latent variable models: Conditional versus marginal likelihoods. *Psychometrika*, *84*(3), 802–829. https://doi.org/10.1007/s11336-019-09679-0

Schäfer (2021). Marginal Likelihood. https://birtms.netlify.app/post/marginal-likelihood/#fnref2 In: Schäfer (2021). *birtms: Bayesian item response theory modeling with visual model evaluation* https://github.com/Famondir/birtms

Schnotz, W. (2002). Commentary: Towards an Integrated View of Learning from Text and Visual Displays. Educational Psychology Review, 14(1), 101-120. doi:10.1023/A:1013136727916

Schnotz, W., & Bannert, M. (2003). Construction and interference in learning from multiple representation. *Learning and instruction, 13*(2), 141-156. doi:10.1016/S0959-4752(02)00017-8

Taskin, V., & Bernholt, S. (2014). Students' Understanding of Chemical Formulae: A review of empirical research. *International Journal of Science Education, 36*(1), 157-185. doi:10.1080/09500693.2012.744492

Taskin, V., Bernholt, S., & Parchmann, I. (2015). An inventory for measuring student teachers' knowledge of chemical representations: design, validation, and psychometric analysis. *Chemistry Education Research and Practice, 16*(3), 460-477. doi:10.1039/C4RP00214H

Talanquer, V. (2011). Macro, Submicro, and Symbolic: The many faces of the chemistry "triplet". *International Journal of Science Education, 33*(2), 179-195. doi:10.1080/09500690903386435

Vehtari, A., Gelman, A., & Gabry, J. (2017). Practical bayesian model evaluation using leave-one-out cross-validation and WAIC. *Statistics and Computing*, *27*(5), 1413–1432. https://doi.org/10.1007/s11222-016-9696-4

Wu, H.-K., & Shah, P. (2004). Exploring Visuospatial Thinking in Chemistry Learning. *Science Education, 88*(3), 465-492. doi:10.1002/sce.10126

Katja Plicht[1]
Hendrik Härtig[2]
Alexandra Dorschu[1]

[1]Hochschule Ruhr West
[2]Universtität Duisburg-Essen

Operationalisierung und Evaluation von Problemschemata in der Mechanik

Ausgangslage

Die Kompetenz des Problemlösens stellt sowohl in der Schule als auch der Universität eine hohe Relevanz dar, da sich unter anderem Übungs- und Klausuraufgaben als Probleme gestalten (Brandenburger & Mikelskis-Seifert, 2012). In der Physik ist dies ein wesentlicher Aspekt, der Novizen und Experten unterscheidet. Dabei ist sowohl der Fokus auf die Tiefenstruktur der Probleme als auch das Ausbilden von Problemschemata von zentraler Bedeutung (s. Abb. 1). (Friege, 2001) Fehlen entsprechende Ressourcen, treten verschiedene Schwierigkeiten auf, die sowohl die Bezugnahme auf das gelernte Fachwissen als auch die Generierung eines Lösungsansatzes betreffen. An der Hochschule geschieht die Vermittlung entsprechender Problemlösestrategien oftmals nur implizit. (Woitkowski, 2018)

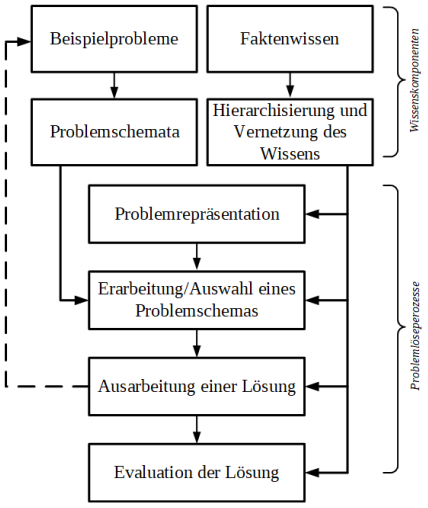


Abb.1: Modell des wissenszentrierten Problemlösens nach Friege (2001)

Eine etablierte Möglichkeit um die Analogiebildung zwischen verschiedenen Problemtypen zu ermöglichen und somit die Ausbildung dieser kognitiven Schemata zu fördern, ist der Einsatz von Worked-Examples (Tropper, 2019). Der Lösungsbeispieleffekt (Sweller et al., 1998) zeigt dabei, dass besonders Novizen von dem Einsatz dieses Aufgabentyps profitieren. Für eine erfolgreiche Verwendung ist dabei jedoch die Selbsterklärung durch die Lernenden von besonderer Bedeutung, um den Expertiseerwerb (Chi, 2000) und die Vorbereitung zum eigenständigen Problemlösen (Atkinson et al., 2003) zu ermöglichen.

Forschungsziel und -methode

Im Rahmen des Forschungsvorhabens soll die Wirksamkeit eines neuen Übungskonzept der Physikübung empirisch überprüft werden, das auf die Vermittlung relevanter Problemlösestrategien und Problemschemata in der Mechanik fokussiert. Dies basiert einerseits auf Lernmaterial, dessen Fokus auf der Tiefenstruktur der Aufgaben liegt und durch Worked-Examples unterstützt wird. Die Abstimmung der Tiefenstruktur wurde dabei durch eine umfangreiche Aufgabenanalyse sichergestellt (Plicht, Härtig & Dorschu, 2020).

Das zweite Element des Konzepts stellt ein explizites Strategietraining dar, das über die Dauer des Semesters im Rahmen der Physikübung durchgeführt wird. Es umfasst dabei die kritische Reflektion bisheriger Lösungsstrategien sowie die gezielte Vermittlung von Problemschemata und Heuristiken der Mechanik (s. Abbildung 2).

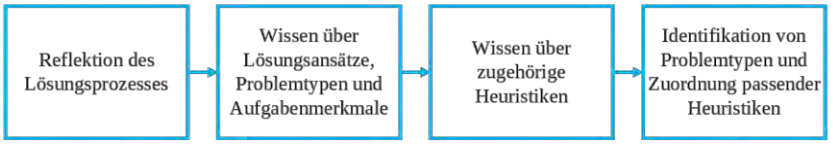


Abb.2: Struktur des Strategietrainings

Pilotierung

Um ein möglichst differenziertes Bild zu erhalten, an welcher Stelle die Problemlösekompetenz der Studierenden zunimmt, soll diese möglichst differenziert erfasst werden. In diesem Rahmen wurde ein Fragebogen zum deklarativen Wissen über Problemschemata in der Mechanik entwickelt. Der Fragebogen enthielt dabei 35 Single-Choice-Items für die Inhaltsbereiche Kinematik, Kräfte, Energie und Impuls. Es wurden jeweils charakteristische Aufgabenmerkmale von Problemtypen, sowie klassische Lösungsansätze und Heuristiken erfasst.

Darüber hinaus wurde ein Fragebogen zur Akzeptanz der Intervention entwickelt, um sicherzustellen, dass die Einstellungen der Studierenden hier keinen zusätzlichen Effekt auf die Wirksamkeit der Intervention ausüben. Es wurden Items formuliert, die sowohl das Verständnis von Physik als rechenbasierte Disziplin als auch die Sinnhaftigkeit strategischer Problemlöseprozesse (Übung) und Selbsterklärung musterhaft gelöster Aufgaben (Worked-Examples) beinhalten.

Die Pilotierung der neu entwickelten Instrumente fand im Sommersemester 2021 an der Hochschule Ruhr West im Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen-Maschinenbau im zweiten Semester statt. Das Übungskonzept wurde dabei als Online-Seminar in einem Kontrollgruppendesign durchgeführt und evaluiert. Beide Gruppen erhielten dabei das Strategietraining, während nur eine der Gruppen das Lernmaterial und die andere Gruppe dieselben Aufgaben als klassische Übungsaufgaben erhielt.

Zu Beginn des Semesters gab es 53 aktive Teilnehmende, die sich bis zum Ende des Semesters auf 18 reduzierten.

Ergebnisse und Diskussion

Zunächst wurde die Güte der Instrumente betrachtet. Dabei wurden zunächst die Skalenreliabilität und Trennschärfe der Items untersucht (s. Tabelle 1 und 2). Für den Fragebogen zur Akzeptanz mussten sechs Items mit zu geringer Trennschärfe ausgeschlossen werden, wonach die Reliabilität neu bestimmt wurde und mit einem $\alpha > .8$ als gut beurteilt wird (s. Tabelle 1).

Tabelle 1: Skalenreliabilität Akzeptanz

Posttest		Posttest neu	
N	Cronbachs α	N	Cronbachs α
17	.807	17	.823

Der Test zum deklarativen Wissen wird sowohl mittels klassischer Testtheorie als auch Item Response Theory (hier: Rasch) überprüft (s. Tabelle 2). Dabei weisen 14 der 35 Items eine zu geringe Trennschärfe auf. Nachdem 11 dieser Items ausgeschlossen wurden, wurde die Skalenrelibilität neu bestimmt und ebenfalls mit $\alpha > .8$ als gut beurteilt. Es verbleiben fünf Items mit unzureichender Trennschärfe, die aufgrund der Distraktorenanalyse jedoch noch einmal überarbeitet und neu eingesetzt werden.

Tabelle 2: Skalenreliabilität Deklaratives Wissen über Problemschemata

	Posttest		Posttest neu	
	N	Cronbachs α	N	Cronbachs α
KTT	15	.821	15	.883
IRT	15	.799	15	.838

Prä-Post-Vergleich

Neben der Güte der Testinstrumente wurde auch ein Prä-Post-Vergleich der Daten vorgenommen. Für die Akzeptanz der Intervention lagen nicht normalverteilte Daten vor. Anhand des Wilcoxon-Tests konnte dabei keine signifikante Änderung ermittelt werden.

Die Daten des deklarativen Wissenstests haben sich hingegen trotz kleiner Stichprobe (N=15; w=3, m=12, d=0) als normalverteilt herausgestellt, sodass ein T-Test durchgeführt werden konnte. Dabei ließ sich ein signifikanter Zuwachs mit $t(14) = -2{,}5, p = 0{,}02$ mit einer Effektstärke für Cohen's d von: $|d| = 0{,}65$ feststellen. Es kann demnach ein mittlerer Effekt für das deklarative Wissen über Problemschemata bestimmt werden. Aufgrund der geschrumpften Stichprobengröße lassen sich jedoch keine Gruppenunterschiede bezüglich der Lernmaterialien untersuchen. Da im Rahmen der Pilotierung alle Studierenden das Strategietraining erhalten haben, kann der gemessene Effekt bisher noch nicht eindeutig auf die Intervention zurückgeführt werden.

Ausblick

Im laufenden Wintersemester 2021/22 folgt die Hauptstudie zu dem vorgestellten Forschungsvorhaben. Dabei wird ein Kontrollgruppendesign gewählt, in dem die Interventionsgruppe das explizite Strategietraining erhält, während die Kontrollgruppe eine „klassische" Übung erfährt, in der die Aufgaben vorgerechnet werden. Beide Gruppen erhalten dabei das konzipierte Lernmaterial. Neben den vorgestellten Testinstrumenten werden zudem ein weiterer Problemlösetest (Brandenburger, 2016), sowie Sortieraufgaben (adaptiert nach Binder, Schmiemann & Theyßen, 2019) zur Erhebung der abhängigen Variable eingesetzt.

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.

Binder, T., Schmiemann, P., & Theyßen, H. (2019). Erfassung von fachspezifischen Problemlöseprozessen mit Sortieraufgaben in Biologie und Physik. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 25(1), 25-42.

Brandenburger, M., & Mikelskis-Seifert, S. (2012). Was beeinflusst den Erfolg beim Problemlösen in der Physik.

Brandenburger, M. (2016). Was beeinflusst den Erfolg beim Problemlösen in der Physik?: eine Untersuchung mit Studierenden (Vol. 218). Logos Verlag Berlin GmbH.

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.

Plicht, K., Härtig, H., & Dorschu, A. Aufgabenanalyse und Worked-Examples als Basis eines Strategietrainings. In: S. Habig (Hrsg.), Naturwissenschaftlicher Unterricht und Lehrerbildung im Umbruch? Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung Online 2020. (S. 453). Universität Duisburg-Essen.

Tropper, N. (2019). Lernen mit Lösungsbeispielen. In Strategisches Modellieren durch heuristische Lösungsbeispiele (pp. 53-92). Springer Spektrum, Wiesbaden.

Woitkowski, D. (2018). Fachwissen und Problemlösen im Physikstudium: Vorstellung des Forschungsprojektes КЕМΦ. PhyDid B-Didaktik der Physik-Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung, 1.

Johanna Ratzek[1]
Dietmar Höttecke[1]

[1]Universität Hamburg

Zur Bedeutung von Reflexion für die Förderung von Bewertungskompetenz

Bewertungskompetenz ist die Befähigung zum reflektierten, wissensbasierten Entscheiden in komplexen, kontroversen Fragen mit einem naturwissenschaftlich-technischen Bezug und Voraussetzung für die Partizipation an gesellschaftlichen Diskursen. Die Förderung von Bewertungskompetenz im naturwissenschaftlichen Unterricht umfasst eine Vielzahl von Aspekten, u. a. die problembezogene Erarbeitung von Fachwissen, Bewertungsstrukturwissen, Argumentationstechniken, um das eigene Urteil zu stützen, und die Fähigkeit zur Reflexion eigener Urteils- und Entscheidungsprozesse. In unserem Beitrag fokussieren wir diese Fähigkeit zur Reflexion aus theoretischer Perspektive und beantworten die folgenden Fragen:

- Inwiefern spielt Reflexion eine Rolle für die Förderung von Bewertungskompetenz?
- Was ist didaktisch zu beachten bei der Integration von Reflexion in den Unterricht zu Bewertungskompetenz?

Wenn der Mensch ein vollständig rationaler Entscheider wäre, könnte sich die Förderung rationalen, wissensbasierten Entscheidens im Unterricht auf die Erarbeitung von Fach- und Bewertungsstrukturwissen beschränken. Die Integration neuen Wissens in den Entscheidungsprozess würde dazu führen, dass eine best-informierte Entscheidung gefällt wird.
Würden jedoch in erster Linie Routinen, subjektive Erfahrungen und Überzeugungen das Entscheiden leiten, wäre die unterrichtliche Auseinandersetzung mit Fach- und Bewertungsstrukturwissen insofern in seiner Wirkung stark begrenzt, als dass nicht das Gelernte, sondern die bereits vorherrschenden Routinen, Erfahrungen und Überzeugungen die Entscheidungsfindung bestimmten. Da der Mensch weder ein ausschließlich rationaler noch intuitiver Entscheider ist, muss bei der Förderung von Bewertungskompetenz die explizite Vermittlung von Wissen über die Struktur und Genese menschlicher Urteile verbunden werden mit der Reflexion individueller Intuitionen und psychologischer Urteilsfehler (Sander, 2017).

Im Diskurs zur Reflexion müssen *Selbstreflexion* als bewusster, metakognitiver Prozess des Nachdenkens über eigene Kognitionen oder Gefühle und *Reflexionskompetenz* als der Fähigkeit und Bereitschaft, Reflexionsprozesse in variablen Situationen durchzuführen, unterschieden werden (siehe z. B. von Aufschnaiter et al., 2019; Hasselhorn & Labuhn, 2008). Im Kontext Bewertungskompetenz muss spezifiziert werden, dass der Gegenstand des Reflexionsprozesses nicht Kognitionen im Allgemeinen, sondern vor allem die eigenen Entscheidungs- und Bewertungsprozesse der Schüler:innen sind, die sich spontan einstellen. Unter der Annahme, dass Routinen, subjektive Erfahrungen und Überzeugungen Entscheidungsprozesse beeinflussen und so der rationalen Entscheidungsfindung sowie dem Einbezug fachlicher Erkenntnisse entgegenwirken, können Reflexionsprozesse ein Mittel sein, um sich eigene Entscheidungsprozesse sowie dabei wirkende Intuitionen und Urteilsfehler bewusst zu machen und zu verstehen. Langfristig kann dieses Bewusstwerden dabei helfen, die Notwendigkeit rationalen und aufwendigen Entscheidens zu erkennen.

Der zeitliche Bezug zwischen dem Inhalt der Reflexion und dem Reflexionsprozess stellt sich auf drei Arten dar:
(1) *Action-without-reflection*, wobei Entscheidungsprozesse für den Entscheider unbewusst durch Routinen, subjektive Erfahrungen und Überzeugungen beeinflusst sind. Beispiele hierfür sind z. B. alltägliche Kaufentscheidungen oder das Ausschalten des Lichts beim Verlassen der Wohnung.
(2) *Reflections-in-action*, wobei Entscheidungen rational getroffen werden und bewusst über den Einbezug von Argumenten und Attributen nachgedacht wird. Der rationale Entscheider vertraut nicht blind seinen Routinen und Erfahrungen, sondern hält inne und reflektiert diese vor dem Treffen einer Entscheidung. Solche reflektierten Entscheidungsprozesse sind ein Kennzeichen von Bewertungskompetenz, da sie erfolgen, wenn die Notwendigkeit rationalen Entscheidens erkannt ist und Reflexionsprozesse routinierter Bestandteil der Entscheidungsfindung sind. Ein Beispiel hierfür ist bspw. das Sammeln von Informationen zu Automodellen mit Verbrennungs- und Elektromotor sowie der anschließende Entscheidungsprozess, bei dem die gesammelten Informationen bewusst gegeneinander abgewogen werden.
(3) Vor allem in einem Physikunterricht, in dem Reflexionsprozesse gelernt werden, liegen *reflections-on-action* vor. Sie sind Lerngelegenheiten, bei denen, nachdem eine reale oder fiktive Entscheidung bereits gefällt worden ist, im Nachhinein der Prozess und Faktoren, die diesen beeinflusst haben, betrachtet werden. Die Schüler:innen könnten z. B. die eigene Entscheidung für ein Auto mit Elektro- anstatt Verbrennungsmotor erneut betrachten, den Entscheidungsprozess genau beschreiben und weitere Informationen zur Begründung ihrer Entscheidung sammeln.

Reflexionsprozesse, zu denen Schüler:innen im naturwissenschaftlichen Unterricht angeregt werden, können zwei Ziele verfolgen. Einige Reflexionen haben in erster Linie zum Ziel, fachliche Kompetenzen zu fördern sowie fachliches Lernen zu unterstützen; bspw., wenn Schüler:innen dazu aufgefordert werden, ihre (fachlichen) Vorstellungen vom Teilchenmodell zu beschreiben und reflektieren (Coll et al., 2005). Bei solchen Reflexionsprozessen steht eher das zu reflektierende Objekt im Mittelpunkt.
Zum anderen wird mit einigen Reflexionsprozessen vorrangig die Förderung überfachlicher Kompetenzen angestrebt, wobei das reflektierende Subjekt mehr in den Fokus genommen wird. Die Durchführung und Förderung von Reflexionsprozessen zählt dabei zu den metakognitiven Kompetenzen und unterstützt den Lernprozess sowie das selbstregulierte Lernen, z. B. bei der Reflexion der Effektivität von Lernstrategien (Schraw et al. 2006).

Betrachtet man Forschungsarbeiten, die Reflexionsprozesse im Kontext Bewertungskompetenz untersuchen, fällt Folgendes auf: Ein Großteil der Arbeiten charakterisiert Reflexion als Mittel, um die angewandte Entscheidungsstrategie mit der normativ angestrebten Rational-choice-Strategie abzugleichen (Gresch et al., 2017; Hsu & Lin, 2017). Reflexionsprozesse dienen dabei in erster Linie als Mittel, um den Entscheidungsprozess zu verbessern, indem Entscheidungsfehler (z. B. nicht beachtete Kriterien bzw. Attribute) identifiziert werden. Damit wird zu Entscheidungsprozessen ein normativer Standpunkt eingenommen, insofern als dass die Rational-choice-Strategie als der anzustrebende „Goldstandard“ des Entscheidens aufgefasst wird. Der Entscheidungsprozess wird reflektiert, mit dem Ziel fachlich und normativ „richtiges“ Entscheiden zu fördern.

Unter der Annahme des Wirkens von Routinen, subjektiven Erfahrungen und Überzeugungen beim Entscheiden ist Reflexion jedoch nicht nur ein Mittel zur Identifikation von Fehlern beim Entscheiden. Vielmehr sehen wir Reflexion in erster Linie als didaktisches Mittel, sich die eigenen Entscheidungsprozesse und damit auch die eigene Voreingenommenheit und Standortgebundenheit bewusst zu machen (Dittmer et al., 2016; Ratzek et al., 2020). Erst wenn Schüler:innen sich ihrer eigenen Entscheidungsprozesse und der Faktoren, die diesen beeinflussen, bewusst sind, können sie sich zunehmend rational und reflektiert entscheiden. Mit dieser Sichtweise ist kein normativer Standpunkt bezüglich bestimmter Entscheidungsstrategien verbunden, sondern es geht in erster Linie um ein Bewusstmachen eigener Prozesse.

Was folgt aus dem erläuterten Blick auf Reflexion im Kontext von Bewertungskompetenz für einen bewertungskompetenzfördernden Unterricht?
Routinen, subjektive Erfahrungen und Überzeugungen behindern potenziell die Bereitschaft zur Reflexion. Habe ich bereits eine feste Meinung zu einem Thema, ist diese Meinung Teil meiner Routinen und hängt mit meinen Grundüberzeugungen zusammen, kann ein zu kritisches Hinterfragen die eigene Identität und damit verbundene Werthaltungen, Überzeugungen oder Loyalitätsgebote anderen gegenüber herausfordern. Eine Lehrkraft muss also sensibel bedenken, welche Art von Entscheidungsproblem im Unterricht reflektiert wird. Probleme ohne eigene Beteiligung mit großer Tragweite für viele Menschen, z. B. die Entscheidung neuer gesetzlicher Regelungen beim Ausbau des 5G-Netzes, sollten eher rational entschieden werden. Schüler:innen haben vermutlich keine Routinen im Umgang mit so komplexen Problemen. Im Gegensatz dazu ist es häufig völlig angemessen, Probleme, die das eigene Leben unmittelbar betreffen und eine geringe Tragweite haben, intuitiv mithilfe von Routinen, Erfahrungen und Überzeugungen zu entscheiden. Erfahrungen und Routinen können z. B. ursächlich dafür sein, dass ein eingeschaltetes Handy als schlafhinderlich beurteilt wird.
Unabhängig davon, welches Entscheidungsproblem für den Unterricht ausgewählt wird, braucht es im Unterricht Raum zum Üben der Reflexion von Entscheidungsprozessen, damit Schüler:innen im Anwenden der Fähigkeit zur Reflexion Routinen entwickeln können. Genügend Raum und die Bereitstellung geeigneter Entscheidungsprobleme, die entschieden und anschließend reflektiert werden, können Schüler:innen in der Einsicht der Notwendigkeit der reflexiven Betrachtung von Entscheidungsprozessen unterstützen. Darüber hinaus können „gute“, beispielhafte Reflexionen, die den Schüler:innen an die Hand gegeben werden, Orientierung bieten (Lernen am Beispiel). Außerdem sollte vermieden werden, normative Standpunkte zu vertreten, die eine unvoreingenommene Betrachtung und das Bewusstmachen eigener Prozesse potenziell behindern.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass Reflexion im Kontext Bewertungskompetenz insofern eine Rolle spielt, als dass Reflexionsprozesse unter der Annahme des Wirkens von Routinen ein didaktisches Mittel sind, sich eigene Entscheidungsprozesse bewusst zu machen. Bei der Integration von Reflexion in den Unterricht zu Bewertungskompetenz sollten die zu entscheidenden Probleme sensibel gewählt, Raum zum beurteilungsfreien Üben sowie gute, fremde Reflexionen zur Übung sowie Orientierung bereitgestellt werden.

Literatur

von Aufschnaiter, C., Fraij, K. & Kost, D. (2019). Reflexion und Reflexivität in der Lehrerbildung. *Herauforderung Lehrer_innenbildung – Zeitschrift zur Konzeption, Gestaltung und Diskussion*.

Coll, R. K., France, B. & Taylor, I. (2005). The role of models/ and analogies in science education: implications from research. *International Journal of Science Education.*

Dittmer, A., Gebhard, U., Höttecke, D. & Menthe, J. (2016). Ethisches Bewerten im Naturwissenschaftlichen Unterricht: Theoretische Bezugspunkte. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*.

Gresch, H., Hasselhorn, M. & Bögeholz, S. (2017). Enhancing Decision-Making in STSE Education by Inducing Reflection and Self-Regulated Learning. *Research in Science Education*.

Hasselhorn, M. & Labuhn, A. S. (2008). Metakognition und selbstreguliertes Lernen. *Handbuch der Pädagogischen Psychologie*.

Hsu, Y.-S. & Lin, S.-S. (2017). Prompting students to make socioscientific decisions: embedding metacognitive guidance in an e-learning environment. *International Journal of Science Education*.

Ratzek, J., Schlei, S. & Höttecke, D. (2020). Förderung von Bewertungskompetenz durch Reflexion. In S. Habig (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Wien 2019.*

Sander, H. (2017). Orientierungen von Jugendlichen beim Urteilen und Entscheiden in Kontexten nachhaltiger Entwicklung. Eine rekonstruktive Perspektive auf Bewertungskompetenz in der Didaktik der Naturwissenschaften. Logos Verlag.

Schraw, G., Crippen, K. J. & Hartley, K. (2006). Prompting Self-Regulation in Science Education: Metacognition as Part of a Broader Perspective on Learning. *Research in Science Education*.

Jonas Tischer[1]
Christin Marie Sajons[1]
Michael Komorek[1]

[1]Universität Oldenburg

Außerschulische Lernortangebote komplementär vernetzen

Außerschulische Lernorte haben das Potenzial, komplexe Themen interdisziplinär zu beleuchten. Allerdings sind die Anforderungen an die einzelnen Lernorte, komplexe, vielschichtige Themen unter unterschiedlichen Perspektiven angemessen differenziert zu betrachten, oft zu hoch. Das Konzept der komplementären Vernetzung mehrerer außerschulischer Lernortangebote ist ein Ansatz, bei dem vernetzten Lernorten dies gelingen kann, indem sie ihre Zugänge und Perspektiven explizit aufeinander beziehen und damit ein neues Gesamtangebot kreieren. Hier wird berichtet, wie in einer von der Niedersächsischen BINGO-Umweltstiftung geförderten Projektwoche die komplementäre Vernetzung zum Thema "Herausforderung Leben im Klimawandel" mit fünf außerschulischen Partnern und 130 Schüler:innen der Klassenstufe 6 erprobt und empirisch begleitet wurde (Tischer, 2020).

Komplementäre Vernetzung

Komplementäre Vernetzung bedeutet (Sajons & Komorek, 2020), dass die Vernetzung von Lernorten nicht nur auf einer organisatorischen oder persönlichen Ebene stattfindet, sondern sich die Lernorte darüber hinausgehend auf einer inhaltlichen Ebene miteinander vernetzen, sodass ein möglichst konsistentes Gesamtangebot entsteht. Es werden explizite fachliche und didaktische Bezüge zwischen den Lernortangeboten der mitwirkenden Lernorte hergestellt. Eine komplementäre Vernetzung von Lernangeboten kann auf verschiedenen Wegen stattfinden: So können sich Lernorte beispielsweise über die von den Besuchenden erzeugten Produkte miteinander vernetzen, indem ein Produkt mehrfach genutzt oder an den einzelnen Lernorten weiterentwickelt wird. Auch können an ähnlichen Themen der Aufbau absichtlich unterschiedlicher Kompetenzen oder auch gleicher Kompetenzen angestrebt werden. In diesen Fällen wie auch bei einer thematischen Vernetzung ist es zentral, dass das Vernetzungskonzept im Kreise der Anbietenden und der Besucher:innen transparent kommuniziert wird. (Richter, Sajons, Gorr, Michelsen & Komorek, 2018)

Ablauf und Planung einer komplementären Projektwoche

In einer Projektwoche zum Thema "Herausforderung Leben im Klimawandel" ist 2019 der Ansatz der thematischen Vernetzung umgesetzt worden. Fünf bereits vorhandene non-formale Lernangebote eines historischen Museums, eines Nationalpark-Hauses, eines Schülerlabors, eines Botanischen Gartens und eines regionalen Umweltbildungszentrums im Raum Wilhelmshaven/Schortens wurden so adaptiert und aufeinander ausgerichtet, dass ein neues Gesamtangebot entstanden ist. Dies thematisiert die Herausforderungen des Klimawandels im Küstenraum aus historischer, naturwissenschaftlicher, technischer, geografischer, gesellschaftlicher etc. Perspektive. Umfangreiche Handreichungen für die Lernortbetreibenden selbst und für die mitwirkenden Lehrkräfte sind entwickelt worden (u.a. Zinn, 2019). Lehrkräfte bekommen mit der Handreichung einen Überblick über Ziele und Angebotsstruktur sowie Materialen zur Vor- und Nachbereitung in der Schule. Die Schulklassen besuchten an vier aufeinander folgenden Tagen je ein non-formales Angebot und werteten am fünften Tag die Erkenntnisse in der Schule aus.

Empirische Begleitstudie

In einer begleitenden Studie (Tischer, 2020) wurden die ablaufenden Kognitionen der teilnehmenden Schüler:innen und weitere Faktoren, die über den Erfolg der Projektwoche Aufschluss geben, untersucht. Sechs Forschungsfragen wurde nachgegangen:

- Was erwarten die Schüler:innen von der Projektwoche? Dies zu erheben ist notwendig, um bei weiteren Durchführungen die Passung zwischen Angebotsstruktur und Voraussetzungen der Schüler:innen zu optimieren.
- Wie und inwieweit können die Schüler:innen nachvollziehen und wiedergeben, was mit Klimawandel gemeint ist? Wie erweitert sich das Verständnis des Begriffs Klimawandel während der Projektwoche?
- Inwiefern können die Schüler:innen ihre Handlungen in den Lernorten rekonstruieren (erinnern und wiedergeben), reflektieren und begründen? Dies ist notwendig zu klären, weil die komplementäre Vernetzung ein relativ hohes Abstraktionsvermögen der Schüler:innen fordert, das auf das Verstehen der einzelnen Angebote setzt.
- Inwiefern können die Schüler:innen die unterschiedlichen Perspektiven, die an den einzelnen Lernorte eingenommen werden, nachvollziehen und selbst formulieren?
- Inwiefern können sie diese Perspektiven aufeinander beziehen und Gemeinsamkeiten bzw. Kontraste erkennen? Inwiefern können sie potenzielle Konflikte und Dilemmata formulieren, die durch die Kombination der Perspektiven deutlich werden können?
- Inwiefern können die Schüler:innen die Komplexität der Herausforderungen nachvollziehen, denen sich die Bewohner der Küste im Klimawandel gegenüberstehen? Wie formulieren sie selbst diese Herausforderungen?

Zur Beantwortung dieser Fragen wurden mittels halbstrukturierten, fokussierenden Leitfadeninterviews (Witzel, 2012) Schüler:innen zu Beginn der Lernortangebote, während der Durchführung und am Ende der Projetwoche befragt. Interviews am fünften Tag sowie zwei Wochen nach der Projektwoche rundeten die Befragung ab. Neben der Begleitung einzelner Gruppen über die Dauer der Projektwoche wurde zudem an einem Lernort beobachtet, wie sich der Lernort auf die wechselnden Gruppen einstellen konnte, wofür ein standardisierter Beobachtungsbogen eingesetzt wurde. Ein Fokus der Beobachtungen lag darauf, wie es den Lernorten gelingt, gegenüber den Schüler:innen zum jeweils am Tag zuvor besuchten Lernangebot und zum Angebot, das als nächstes folgt, einen Bezug herzustellen. Interviewtranskripte und Beobachtungsdaten wurden im Rahmen einer Qualitativen Inhaltsanalyse nach Kuckartz kategoriengestützt (2018) ausgewertet.

Ergebnisse

Die Daten lassen erkennen, inwiefern die Schüler:innen dazu in der Lage sind, ihre Handlungen an den Lernorten zu rekonstruieren, zu begründen und zu reflektieren. Dabei fällt auf, dass sie sowohl Beschreibungen als auch Begründungen ihrer Handlungen auf unterschiedlichen Abstraktionsniveaus formulieren. Einerseits wird auf der Ebene der direkten Handlung formuliert und auf der Sichtebene argumentiert, wie folgendes Zitat illustriert „[…] dann haben wir noch eine Karaffe mit Eisklötzen reingetan […]“. Anderseits wird auf die Ebene des Oberthemas Klimawandel Bezug genommen (Tiefenebene): „[…] wie sich Wärme auf das Eis am Südpol, aber auch am Nordpol auswirkt“. Es wird deutlich, dass die Schüler:innen die an den Lernorten vertretenen perspektivischen Zugänge nachvollziehen und sie mit ihren eigenen Begriffen rekonstruieren können. Sie können kognitiv nachvollziehen, worin sich die Perspektiven der verschiedenen Lernorte auf Klimawandel

und die damit verbundenen Herausforderungen unterscheiden oder auch ergänzen. Auch sind zumindest einige Schüler:innen dazu in der Lage, die angebotenen Perspektiven zu verknüpfen und mit dem Oberthema in Beziehung zu setzen. Hierin zeigt sich ein erstaunliches Abstraktionsvermögen der Sechstklässler:innen. Insbesondere führen die Schüler:innen stärker noch als die Lernorte selbst den zeitlichen Aspekt des Klimawandels an, als dass es auf ein Nacheinander der Ereignisse ankommt und verschiedene Zeitskalen zu bedenken sind. Hier zeigt sich, dass aus der empirischen Begleitung wichtige Hinweise für die Strukturierung der vernetzten Angebote abgeleitet werden können. In einem weiteren Durchlauf werden die Lernorte auf diese Aspekte mehr Gewicht legen. Insgesamt kann die Frage positiv beantwortet werden, ob die Schüler:innen zur Perspektivübernahme und zum Perspektivwechsel zwischen den Angeboten in der Lage sind. Das ist weitgehend der Fall, insbesondere weil dies am fünften Tag der Projektwoche explizit thematisiert wird.
Basierend auf den Lernortangeboten werden von den Schüler:innen auch die Herausforderungen konkretisiert, die der Klimawandel insbesondere im Küstenraum mit sich bringt. Die von ihnen herausgearbeiteten Herausforderungen werden dabei vielfältig auf die eigene Person und den engeren Familien- und Freundeskreis projiziert. Dies ist für die Altersstufe zu erwarten, während gesellschaftliche Implikationen eher nicht im Fokus liegen können. Handlungen zur Reduktion von CO_2, die die eigene Person betreffen, bspw. Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel oder Reduktion von Fleischkonsum sowie die Vermeidung von Flugreisen, standen im Vordergrund. Die Entwicklung fachlicher Begriffe wie die Unterscheidung von Wetter und Klima ist den befragten Schüler:innen schwer gefallen. Damit ist für die vernetzten Angebote deutlich geworden, dass zunächst der Klimabegriff thematisiert werden muss, bevor darauf aufsetzend Klimawandel und dessen Herausforderungen diskutiert werden. Auch dies sind wichtige Hinweise für eine Weiterentwicklung der Projektwoche.

Diskussion und Ausblick

Die Studie hat ergeben, dass komplementär vernetzte außerschulischer Lernortangebote dazu beitragen können, komplexe und vielschichtige Themen für Schüler:innen verständlich darzustellen und ihnen begriffliche Zugänge zu bieten, dass aber die angezielten kognitiven Prozesse nur dann ablaufen, wenn bestimmte begriffliche und entwicklungspsychologische Voraussetzungen erfüllt sind. Hier muss die Vernetzung, die eine didaktische Strukturierung des Gesamtangebots darstellt, optimiert werden. Teilweise zeigen sich kognitive Überforderungen aufgrund der Informationsdichte in den Lernangeboten. Dies ist nachvollziehbar, stehen die Angebote doch sonst für sich allein. Nun ist eine Revision des Gesamtangebotes dahingehend notwendig, dass man sich zuvor auf eine gemeinsame Begrifflichkeit und auf Wege, die notwendigen komplexen Begriffe, Konzepte und Prozesse aufbauend anzulegen, einigt, selbst wenn die Reihenfolge der Nutzung der Angebote nicht vorgegeben werden soll. Ein Vorschlag der Projektgruppe besteht darin, das vernetzte Angebot zeitlich zu entzerren und bei Beibehaltung des Oberthemas die Besuche auf z.B. drei Schulhalbjahre zu verteilen und sie dann aus verschiedenen Fachunterrichten heraus zu gestalten. Dies setzt eine Kooperation von Lehrkräften unterschiedlicher Fächer voraus, kann dann aber positive Rückwirkungen auf die Fächerverbindungen in Schulen ergeben. Parallel dazu wird versucht, das vernetze Angebot in Kooperation mit Jugendherbergen für Klassenfahrten aufzubereiten, dann ggf. mit Nutzung von lediglich zwei oder drei der Angebote. In allen Fällen sollen diese Angebote erneut mit dem grundlegenden Ziel empirisch begleitet werden, non-formale und formale Bildungsangebote stärker zu integrieren.

Literatur

Kuckartz, U. (2018). Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung. Weinheim: Beltz Juventa.

Richter, C., Sajons, C., Gorr, C., Michelsen, C. & Komorek, M. (2018). Vernetzung außerschulischer GINT-Lernorte. In C. Maurer (Hrsg.), Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht – normative und empirische Dimension (Bd. 38, S. 648-651). Universität Regensburg: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik.

Sajons, C. & Komorek, M. (2020). Complementary networking of out-of-school learning environments. In O. Levrini & G. Tasquier (Eds.), Electronic Proceedings of the ESERA 2019 Conference. The beauty and pleasure of understanding: engaging with contemporary challenges through science education, Part 9 (co-ed. J. Dillon & A. Zeyer) (pp. 1072-1078). Bologna: Alma Mater Studiorium – University of Bologna. Online unter: https://www.dropbox.com/s/xs4ubcjuok1usxo/Strand%2009%20ok%20new.pdf?dl=0 [Zugriff: 14.10.2021].

Tischer, J. (2020). Schülerkognitionen in einer komplementär vernetzten außerschulischen Lernumgebung – Die Projektwoche „Herausforderung Leben im Klimawandel“. Masterarbeit. Oldenburg: Universität.

Witzel, A. & Reiter, H. (2012). The Problem-centred Interview. London: SAGE Publications.

Zinn, I. (2019). Konzeption und empirische Begleitung einer komplementären Projektwoche „Herausforderung Leben im Klimawandel“. Masterarbeit. Oldenburg: Universität.

Carsten Kaus[1]
Heidrun Heinke[1]

[1]RWTH Aachen University

MINT-Lehrertätigkeiten und ihre zeitliche Dimension aus Schülersicht

Das öffentliche Lehrerbild

Die klassischen Lehrerklischees sind allseits bekannt: „Man hält sie für pedantisch, despotisch, weltfremd, schwächlich, unsportlich, technisch ahnungslos, untereinander zerstritten [und] mit Ticks behaftet“ (Terhart, 2010, S. 38). Zusätzlich sagt man ihnen eine larmoyante Klagehaltung nach kleineren Lerngruppen, Stundenreduktionen und Höherdotierung nach (ebd., S. 39). Hinzu kommt, dass man leicht den Eindruck gewinnen kann, dass Lehrkräfte vorwiegend oder sogar ausschließlich vormittags arbeiten (Rothland & Terhart, 2007, S. 12). Diese bewusst plakativ dargestellte Perspektive stellt nur eine von zwei Seiten des öffentlichen Lehrerbildes dar. Neben den zuvor genannten Klischees sagt man dem Lehrerberuf ebenfalls nach, dass dieser anspruchsvoll sei. Schließlich sollen Lehrkräfte neben der Vermittlung von reinem Fachwissen zusätzlich noch Kultur tradieren, Selbst- und Moralbewusstsein von Schülerinnen und Schülern stärken, Migranten integrieren, Frieden verbreiten und die Umwelt retten (Terhart, 2010, S. 39). Lehrkräfte müssen in ihrem Berufsalltag eine Vielzahl von Rollen ausführen. Sie sind unter anderem Fachkraft, BeraterIn, HelferIn, Vorbild und EntlasterIn für Eltern, VerwalterIn, KontrolleurIn, AufsichtsführerIn und SchultentwicklerIn. Diese Liste ließe sich weiter fortsetzen (Rothland & Terhart, 2007, S. 20). Bei solch hohen Anforderungen an den Lehrerberuf ist es unabdingbar, dass sich unter anderem die zuvor erwähnten Klischees ausbilden, wenn Lehrkräfte den vielen Aufgaben nicht vollends gerecht werden. Das öffentliche Lehrerbild ist folglich ambivalent. Hierfür ist auch mit verantwortlich, dass Lehrkräfte einen großen Teil ihrer Arbeit zuhause bewältigen. Gerade dieser Teil der Arbeit kann durch die Öffentlichkeit oft nur schwer eingeschätzt werden.

Alltagstätigkeiten von MINT-Lehrkräften und Schülervorstellungen hierzu

Auch OberstufenschülerInnen werden Vorstellungen vom Beruf einer Lehrkraft haben. Diese werden einerseits durch das öffentliche Lehrerbild beeinflusst, andererseits werden hier auch die tagtäglichen Erfahrungen eingehen, die SchülerInnen aus der Beobachtung ihrer eigenen Lehrkräfte sammeln. Diese Vorstellungen beeinflussen auch die Berufswahlentscheidung von OberstufenschülerInnen für oder gegen den Beruf einer Lehrkraft. In gängigen Theorien zur Berufswahl spielen sowohl die kulturellen Stereotype von fachlichen und beruflichen Merkmalen (siehe Erwartungs-Wert-Theorie; Eccles, 2005, S. 106) als auch die Passung „zwischen personalen Eigenschaften und den antizipierten Anforderungen von Beruf und Ausbildung“ (siehe RIASEC-Modell nach Holland; Kiel et al., 2015, S. 301) eine zentrale Rolle. Ein hinreichend differenziertes Bild vom Lehrerberuf bildet folglich eine wichtige Grundlage für eine fundierte Berufswahlentscheidung.

Nachfolgend soll das Bild, welches SchülerInnen vom Lehrerberuf haben, genauer untersucht werden. Hierbei wird der Fokus auf die Lehrkräfte der MINT-Fächer gelegt, da sich in diesen Fächern laut aktuellen Prognosen (für Nordrhein-Westfalen) der bereits existierende Mangel noch deutlich verschärfen wird (Klemm, 2020, S. 19 ff.).

Da der Beruf durch die Tätigkeiten beschrieben werden kann, die im Berufsalltag anfallen, stellen sich somit zwei Fragen:

1. Welche Tätigkeiten bzw. Teiltätigkeiten führen Naturwissenschaftslehrkräfte in ihrem Berufsalltag aus?
2. Welche Vorstellungen haben OberstufenschülerInnen vom zeitlichen Aufwand typischer Tätigkeiten einer Naturwissenschaftslehrkraft in ihrem Berufsalltag?

Um die erste Frage zu beantworten wurde ein Fragebogen entwickelt, welcher deduktiv anhand einer Literaturrecherche zu Lehrertätigkeiten erstellt wurde und im Anschluss induktiv durch die Befragung von Lehrkräften und SchülerInnen angereichert wurde. Der Fragebogen enthält 41 Alltagstätigkeiten von Lehrkräften und 6 intendierte Distraktoren. Letztere wurden weder durch die Lehrkräfte noch durch die SchülerInnen genannt und sind im Nachhinein ergänzt worden. Der Schwerpunkt des Fragebogens liegt hierbei auf den Alltagstätigkeiten, die von den SchülerInnen nicht tagtäglich beobachtbar sind. Hierdurch unterscheidet sich der Fragebogen von bestehenden Werkzeugen, die zum Beispiel bei Arbeitszeitanalysen eingesetzt werden. Zu jeder der aufgeführten Tätigkeiten sollten die SchülerInnen den Anteil der jährlichen Gesamtarbeitszeit auf einer Skala von gering (1) bis groß (6) einschätzen. Zusätzlich stand auch die Skalenstufe „Tätigkeit wird nie ausgeführt“ (0) zur Auswahl. Die SchülerInnen wurden dabei gebeten, ihre Einschätzungen für das Beispiel einer Lehrkraft mit den Fächern Mathematik und Physik zu treffen. Die nachfolgenden Daten beziehen sich auf die Antworten von 393 OberstufenschülerInnen von 6 Schulen aus NRW, die zum Zeitpunkt der Befragung die Jahrgangsstufen EF oder Q1 besuchten.

Rang	Variable	Mittelwert	Modus
47	Korrektur bzw. Bewertung von Heften / Klassenarbeiten / Klausuren / Plakaten und anderen Lernprodukten	4,29	4[a]
46	Eigene Unterrichtsstunden halten	4,08	4
45	Neue Klassenarbeiten / Klausuren und deren Lösungswege / Erwartungshorizonte erstellen	3,93	4
44	Erstellung von "mündlichen" Noten / sonstigen Mitarbeitsnoten	3,87	4
...	...	...	...
5	Dem Schulministerium Ideen zur Ausgestaltung neuer Lehrpläne mitteilen	1,97	1
4	Mitarbeit an den schulinternen Lehrplänen anderer Fächer, die man selbst nicht unterrichtet	1,61	0
3	Nach der Durchführung von Unterricht: Klassenräume säubern	1,54	0
2	Technische Geräte wie OHP oder Beamer warten und reparieren	1,49	0
1	Verbrauchsmaterial für die Schule (Kreide, Kopierpapier, ...) kaufen/nachbestellen	1,48	1

Tabelle 1: Übersicht über die Mittelwerte für ausgewählte Items der insgesamt 47 Items des Fragebogens, sortiert nach absteigenden Mittelwerten mit Standardabweichungen im Intervall [0,07;0,09]. [a]: Mehrere Modi vorhanden. Der kleinste wird dargestellt.

Tabelle 1 stellt ausgewählte Items des Fragebogens geordnet nach den Mittelwerten ihrer Häufigkeitsbewertung durch die SchülerInnen dar. Hierbei fällt auf, dass intendierte Distraktoren die unteren fünf Plätze der Tabelle belegen. Es kann folglich geschlussfolgert werden, dass nahezu alle vermeintlichen Distraktoren durch die SchülerInnen erkannt werden. Einzige Ausnahme bildet hier das Item „Mitarbeit bei der Erstellung von zentralen Abschlussprüfungen“, welches mit einem Mittelwert von 3,10 den Rang 35 der Tabelle belegt. Hier kann vermutet

werden, dass diese Tätigkeit vor allem deshalb so zeitintensiv durch die SchülerInnen eingeschätzt wird, weil auch die Klausurerstellung (siehe Rang 45) aus Schülersicht als zeitintensiv bewertet wird.
Um die zeitlichen Einschätzungen der SchülerInnen einordnen zu können, wurden diese mit den Ergebnissen von Arbeitszeitanalysen verglichen. Da Arbeitszeitanalysen in der Regel eine weniger tiefgehende Kategorisierung in Teiltätigkeiten vornehmen, sind hier lediglich qualitative Vergleiche möglich.
Das Unterrichten stellt laut Arbeitszeitanalysen die am meisten Zeit einnehmende Einzeltätigkeit dar. Die Arbeitszeitanalyse „Arbeitszeit und Arbeitszeitbelastung von Lehrkräften an Frankfurter Schulen 2020“ weist hier für die Schulform Gymnasium z.B. einen Anteil von ca. 32% aus (Mußmann et al., 2020, S. 127) aus. Die „Unterrichtsnahe Lehrarbeit“ nimmt ebenfalls mit ca. 32% einen ähnlich großen Anteil ein. Allerdings setzt sich letztere aus mehreren Teiltätigkeiten zusammen, wovon die „Korrekturzeiten“ (ca. 8%) und die „Unterrichtsvor- und Nachbereitung“ (ca. 24%) die wesentlichen Anteile bilden.
Betrachtet man die Ergebnisse der Schülerbefragung, so kann einerseits festgestellt werden, dass auch diese das Unterrichten und das Korrigieren als wesentliche Bestandteile der Arbeit von MINT-Lehrkräften ansehen. Allerdings erscheint die Einschätzung des zeitlichen Anteils der Korrekturen im Vergleich zur Arbeitszeitanalyse als zu hoch (vgl. Tabelle 1). Ähnliche Diskrepanzen zeigen sich bei den Vertretungsstunden, die von den SchülerInnen im Vergleich zu den Pausenaufsichten zeitlich unterschätzt werden, und bei den Konferenzen, die im Vergleich zur pädagogischen Kommunikation mit KollegInnen zeitlich eher überschätzt werden.
Im Einklang mit den Arbeitszeitanalysen sind die Schülereinschätzungen der vorbereitenden Tätigkeiten für den Unterricht. Diese wurden im Fragebogen durch mehrere Items erfasst und sind deshalb nicht direkt mit der Kategorie „Unterrichtsvor- und Nachbereitung“ vergleichbar. Übereinstimmend zeigt sich jedoch, dass die SchülerInnen viele der vorbereitenden Tätigkeiten als recht zeitintensiv einschätzen. So werden die Ränge 43 bis 39 im Vorderfeld der Tabelle ausschließlich durch Tätigkeiten der Unterrichtsvorbereitung belegt (Testen von Experimenten, Planung des Verlaufs von Unterrichtsstunden – ohne Materialerstellung, Materialrecherche, Erstellung neuer Arbeitsblätter).

Im Fragebogen wurden ebenfalls einige Kontrollvariablen mit erhoben, die einen Einfluss auf das Bild vom zeitlichen Aufwand einzelner Tätigkeiten haben könnten. Auf Basis eines Mann-Whitney-U-Tests zeigte sich hier, dass die Kontrollvariablen Geschlecht, Erfahrungen im Bereich der Nachhilfe, Erfahrungen im Bereich der Unterrichtsplanung, Vorhandensein von Lehrkräften im näheren Bekanntenkreis und der mögliche Berufswunsch „MINT-Lehrkraft“ einen Zusammenhang mit einigen der tätigkeitsbezogenen Einschätzungen aufweisen (bei schwacher Effektstärke). Die Items, die jeweils auffällig wurden, erscheinen zu einem großen Teil im Zusammenhang mit der jeweiligen Kontrollvariable als sachlogisch sinnvoll.

Zusammenfassung und Ausblick

Es kann festgehalten werden, dass viele der zeitlichen Einschätzungen der Tätigkeiten von MINT-Lehrkräften durch OberstufenschülerInnen im Vergleich zu aktuellen Arbeitszeitanalysen sinnvoll erscheinen. Dennoch zeigen sich auch einige Diskrepanzen und Auffälligkeiten, wenn die Stichprobe auf Basis der Kontrollvariablen gruppiert wird. Um einschätzen zu können, ob die Vorstellungen der SchülerInnen auch zu dem von MINT-Lehrkräften erlebten Bild der Alltagstätigkeiten passen, wurde der Fragebogen auch in einer Stichprobe von MINT-Lehrkräften eingesetzt. Die Auswertung dieser Daten steht aktuell noch aus.

Literatur

Eccles, J. S. (2005). Subjective Task Value and the Eccles et al. Model of Achievement-Related Choices. In Handbook of Competence and Motivation (1. Aufl., 105–121). Guilford

Kiel, E., Heimlich, U., Markowetz, R., & Weiß, S. (2015). Gemeinsam und doch unterschiedlich - Ein Vergleich der Berufswahlmotive von Studierenden der verschiedenen sonderpädagogischen Fachrichtungen und der Regelschularten. Empirische Sonderpädagogik, 7, 300–319

Klemm, K. (2020). Lehrkräftemangel in den MINT-Fächern: Kein Ende in Sicht. Zur Bedarfs- und Angebotsentwicklung in den allgemeinbildenden Schulen der Sekundarstufen I und II am Beispiel Nordrhein-Westfalens. Deutsche Telekom Stiftung

Mußmann, F., Hardwig, T., Riethmüller, M., Klötzer, S., Peters, S., & Kooperationsstelle Hochschulen und Gewerkschaften der Georg-August-Universität Göttingen. (2020). Arbeitszeit und Arbeitsbelastung von Lehrkräften an Frankfurter Schulen 2020: Ergebnisbericht

Rothland, M., & Terhart, E. (2007). Beruf: Lehrer — Arbeitsplatz: Schule. In M. Rothland (Hrsg.), Belastung und Beanspruchung im Lehrerberuf: Modelle, Befunde, Interventionen (S. 11–31). VS Verlag für Sozialwissenschaften

Terhart, E. (2010). Faule Säcke, arme Schweine oder Helden des Alltags. Friedrich Jahresheft, 38–41

Katja Weirauch[1]
Sibylle Hüfner[2]
Simone Abels[2]
Jürgen Menthe[3]

[1]Universität Würzburg
[2]Universität Lüneburg
[3]Universität Hildesheim

Welches Kontextverständnis braucht der inklusive Nawi- Unterricht?

Das „Netzwerk inklusiver naturwissenschaftlicher Unterricht“ (NinU) hat ein Unterstützungsraster zur Planung naturwissenschaftlichen Unterrichts entwickelt (Stinken-Rösner et al., 2020), das inklusionspädagogische und naturwissenschaftsdidaktische Perspektiven zusammenführt. Den Ausgangspunkt der Planung soll ein relevanter Kontext bilden (Ferreira-Gonzales et al., 2021), der sicher stellen soll, dass möglichst alle Lernenden für das Unterrichtsgeschehen aufgeschlossen werden. In diesem Beitrag wird der Frage nachgegangen, wie Kontexte aussehen müssen, um das zu erreichen.

Ein Paradigma des NinU-Rasters: Stringente Kontextualisierung

Ziel des NinU-Rasters ist es, Lehrpersonen bei der Planung eines Unterrichts zu unterstützen, der für alle Lernenden den Erwerb einer naturwissenschaftlichen Grundbildung ermöglicht. Hodson (2014) unterscheidet vier Ziele einer solchen Grundbildung, die als naturwissenschaftsdidaktische Facetten die Waagerechte des NinU-Rasters strukturieren. Während Hodson als eine Zieldimension das ‚reasoning about socio-scientific issues‘ benennt, sind wir zunächst davon ausgegangen, dass auch Kontexte aus dem unmittelbaren Interessenfeld der Lernenden gemeint sein können, die aber nicht zwingend gesellschaftsrelevant sein müssen. Insofern wurde Hodsons Definition erweitert: Ein Kontext kann eine mögliche Leitlinie für die Erarbeitung eines Inhalts sein (Parchmann & Kuhn, 2018), Kontexte können sinngebend für fachliche Inhalte wirken (Gilbert, 2006), als „besonders“ empfundene Kontexte können das Interesse von Lernenden wecken (van Vorst et al., 2015), Kontexte können auf verschiedenen Ebenen für Lernende relevant sein (Stuckey et al., 2015) oder sie können ein geeigneter Ausgangspunkt für individuelles Lernen sein Hößle et al., 2017).

Die Auswahl verweist auf eine gewisse Unschärfe des Kontextbegriffs, aus der für uns Fragen resultierten: (1) Welche Verständnisse von ‚Kontext‘ werden in der Literatur abgebildet? (2) Welche Kontextverständnisse sind im Hinblick auf inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht anschlussfähig? Um diese Fragen zu beantworten, wurde ein Systematic Literature Review (SLR) begonnen.

Ein Systematic Literature Review zum Konstrukt „Kontexte“

In Anlehnung an Fink (2010) wurden als erste Schritte die Forschungsfrage festgelegt und geeignete Datenbanken ausgewählt (Web of Science, Scopus, ERIC und FIS). In einem iterativen Prozess und unter stetiger Diskussion und Revision wurden die Suchbegriffe und Suchpfade festgelegt. Für das Screening der Literatur wurden Anforderungskriterien formuliert: Das Review wurde auf englisch- und deutschsprachige peer-reviewte Veröffentlichungen beschränkt, die Kontexte im Sinne eines Lerngegenstands behandeln. Über die Applikation *abstrackr*® wurden in einem Probescreening schrittweise Signalwörter identifiziert, die jeweils positiv und negativ gewichtet werden konnten. Die so gewonnenen Ausschlusskriterien (keine Naturwissenschaften, Hochschuldidaktik, Kontext nicht im Sinne eines Lerngegenstandes) wurden dann mithilfe von *Mendeley*® auf die weiteren Abstracts

angewandt. Auf diese Weise ergab sich eine schrittweise Auslese, die in einem Korpus von 217 Veröffentlichungen resultierte.
Für die Entwicklung des Kategoriensystems wurden elf Kerndokumente identifiziert (mit * in der Literaturliste markiert), in denen das Kontextverständnis selbst thematisiert wurde, in der also die angestrebte Metaebene explizit angesprochen wurde. Weiterhin wurden aus unserer Sicht besonders relevante Veröffentlichungen ergänzt. Aus den Kerndokumenten wurden die Abschnitte ausgewählt, die das eigene Verständnis der jeweiligen Autor:innen wiedergeben. Anhand dieser Abschnitte erfolgte die induktive Kategorienbildung nach Kuckartz (2016).

Erste Ergebnisse des SLR
Das Kategoriensystem ist noch nicht abschließend fertiggestellt. Erste Kategorien zeigen, welche Verständnisse in der Literatur abgebildet sind (Tab. 1).

Tab. 1: Beispiele für in der Literatur abgebildete Kontextverständnisse

C1	Context as a starting point for curriculum design
C2	Context as a starting point for assessment
C3	Context as a starting point for structuring teaching and learning
C4	Context as social surrounding / setting / lesson design / learning environment
C5	Context as topic
C6	Context as content
C7	Context as frame for knowledge and competencies
C8	Context as practice
C9	Context as illustration
C10	Context as problem / issure / application
C11	Context as example
C12	Context as question

Es kristallisieren sich für die Frage nach der Anschlussfähigkeit inklusiven naturwissenschaftlichen Unterrichts interessante Facetten in den einzelnen Kategorien heraus, exemplarisch illustriert an zwei Ankerbeispielen (s. Tab. 2).

Tab. 2: Ankerbeispiele zu zwei ausgewählten Kategorien

C5 ‚context as a topic'	C6 ‚context as a content'
… "Such contexts can be topics from the students' everyday life, like every day and natural phenomena, or technical applications, but also aspects of the meaningfulness of physics for technology and society" … Podschuweit et al., 2018, S. 8	*… "Chemical phenomena, facts, and principles are introduced, as needed, to inform the study [sic] of the core issues that create the context." …* Schwartz et al., 2006, S. 6

Während die hier zitierten Ideen für sich genommen nicht neu sind, zeigen sie einen für die Perspektive auf inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht relevanten Unterschied auf: Die Textstellen unterscheiden sich im Hinblick darauf, ob der Fachinhalt oder das kontextualisierende Thema leitend für die inhaltlichen Entscheidungen ist. Auch diese Unterscheidung wurde in der Literatur bereits diskutiert (Nawrath & Komorek, 2013), für unsere Frage nach inklusivem Nawi-Unterricht sind die daraus folgenden Implikationen relevant: Im NinU-Raster findet sich die fachlich-inhaltliche Perspektive in der zweiten Spalte als „naturwissenschaftliche Inhalte lernen". Denkt man diese Facette z. B. mit der inklusionspädagogischen Dimension „Barrieren erkennen" zusammen, stellt sich die Frage

nach Herausforderungen für die Schüler:innen beim Lernen des naturwissenschaftlichen Inhalts. Gehen wir von einem Inklusionsverständnis aus, dass alle Schüler:innen adressiert, aber vulnerable Gruppen besonders in den Blick nimmt (Lindmeier & Lütje-Klose, 2015), so können folgende Hypothesen aufgestellt werden:

- Fachliches Vorwissen kann für stark divergente Gruppen mit geringerer Wahrscheinlichkeit vorausgesetzt werden, als Vorwissen zu Kontexten aus der Alltagswelt der Lernenden (Weirauch et al., 2020).
- Dementsprechend sind auch weniger Vorerfahrungen vorhanden, die als Ressource für den Unterricht genutzt werden können.
- Sprachliche Hürden sind bei einer Diskussion über Fachinhalte wahrscheinlicher als über Inhalte aus der Lebenswelt der Lernenden.

Wir halten damit das inhaltsbezogene Kontextverständnis im Hinblick auf Inklusion für weniger anschlussfähig als das thematische.
Zwei weitere anschlussfähige Dimensionen von Kontexten, wie sie durch das Literature Review herausgearbeitet wurden, sind ‚*context as practice*' und ‚*context as a frame for knowledge and competencies*'. Die entsprechenden Textstellen zeigen, dass Kontexte praktische Aktivitäten im Unterricht rahmen, wobei manche Autor:innen dafür plädieren, dass die Arbeitspraxis des Faches möglichst weitgehend abgebildet werden sollte (Schwartz, 2006), andere präferieren eine didaktisch aufbereitete Version der authentischen Praxis (Bulte et al., 2006). Parchmann et al. (2006) postulieren, dass nicht nur kontextspezifisches Wissen adressiert, sondern auch weitergehende Kompetenzbereiche adressiert werden. Beide Facetten scheinen uns unter dem Gesichtspunkt „Inklusion" besonders relevant.

Ausblick

Zusammenfassend stellen wir fest, dass das zunächst auf der Grundlage individueller Expertisen eingebrachte Prinzip, inklusiven Nawi-Unterricht stringent vom Kontext aus zu denken, sich prominent in der Literatur finden lässt. Dabei ist das NinU-Raster, wie aufgezeigt, anschlussfähig an viele Annahmen zu Kontexten, aber nicht an alle.
Neben dem als Zwischenstand anzusehenden Codesystem hat das Systematic Literature Review weitere für Inklusion wichtige Facetten aufgezeigt, zum Beispiel: Was folgt aus den Annahmen, dass nicht alle Kontexte denselben Effekt auf alle Lernenden haben (Bennett et al., 2007) oder dass manche Kontexte schon für Unterricht in Regelschulen als zu komplex wahrgenommen werden (Schwartz, 2006)? Die Implikationen dieser Befunde sind weiter zu diskutieren.

Literatur

*Bennett, J., Hogarth, S., & Lubben, F. (2005). A systematic review oft he effects of context-based and Science-Technology-Society (STS) approaches in the teaching of secondary science (Vol. 2). Department of Educational Studies.

*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.

*Bulte, A., Westbroek, H., de Jong, O., & Pilot, A. (2006). A research approach to designing chemistry education using authentic practices as contexts. *International Journal of Science Education, 28*(9), 1063-1086.

*Duit, R., & Mikelskis-Seifert, S. (2007). Kontextorientierter Unterricht. Wie man es einbettet, so wird es gelernt. *Naturwissenschaften im Unterricht – Physik, 18(98)*, 4-8.

Ferreira-Gonzales, L., Fühner, L., Sührig, L., Weck, H., Weirauch, K., & Abels, S. (2021). Ein Unterstützungsraster zur Planung und Reflexion inklusiven naturwissenschaftlichen Unterrichts. In S. Hundertmark, X. Sun, S. Abels, A. Nehring, R. Schildknecht, V. Seremet, & C. Lindmeier (Hrsg.), *Naturwissenschaftsdidaktik und Inklusion. Sonderpädagogische Förderung heute* (S. 191-214). Weinheim Basel: Beltz Juventa.

Fink, A. (2010). *Conducting Research Literature Reviews*. SAGE Publications.

*Gilbert, J. (2006). On the nature of "context" in chemical education. *International Journal of Science Education, 28*(9), 957-976.

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.

Hößle, C., Hußmann, S., Michaelis, J., Niesel, V., & Nührenbörger, M. (2017). Fachdidaktische Perspektiven auf die Entwicklung von Schlüsselkenntnissen einer förderorientierten Diagnostik. In C. Selter, S. Hußmann, C. Hößle, C. Knipping, K. Lengnink, & J. M. (Hrsg.), *Diagnose und Förderung heterogener Lerngruppen. Theorien, Konzepte und Beispiele aus der MINT-Lehrerbildung* (S. 19-38). Waxmann.

Kuckartz, U. (2016). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung*. Beltz Verlag.

Lindmeier, C., & Lütje-Klose, B. (2015). Inklusion als Querschnittsaufgabe in der Erziehungswissenschaft. *Erziehungswissenschaft*, 26(51), 7-16

*Nawrath, D., & Komorek, M. (2013). Kontextorientierung aus Sicht von Physiklerhkräften. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 19*. 235-259.

*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), 1042-1062.

Parchmann, I., & Kuhn, J. (2018). Lernen m Kontext. In D. Krüger, I. Parchmann, & H. Schecker (Hrsg.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 193-207). Springer Verlag.

*Podschuweit, S., & Bernholt, S. (2018). Composition-Effects of Context-based Learning Opportunities on Students' Understanding of Energy. *Research in Science Education, 48*(4), 717-752.

*Schwartz, A. T. (2006). Contextualized chemistry education: The American experience. *International Journal of Science Education, 28*(9), 977-998.

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*.

Stuckey, M., Hofstein, A., Mamlok-Naaman, R., & Eilks, I. (2015). The meaning of "relevance" in science education and its implications for the science curriculum. *Studies in Science Education, 49*(1), 1-34.

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.

Weirauch, K., Goschler, W., Schenk, C., & Ratz, C. (2020). Chemie "all-inclusive" – Methodische Ansätze für inklusives Experimentieren. In S. Habig (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen (Vol. 39). Gesellschaft für die Didaktik der Chemie und Physik.

Stefanie Schwedler[1]
Katja Weirauch[2]
Christiane Reuter[2]
Julia Zimmermann[1]

[1]Universität Bielefeld
[2]Universität Würzburg

Planungskompetenz für inklusiven Unterricht – eine Interventionsstudie

Ausgangslage

Aus Sicht von Lehrkräften stellt die integrative Verknüpfung der fachlichen und sonderpädagogischen Perspektive eine zentrale Herausforderung bei der Gestaltung von inklusiv angelegtem naturwissenschaftlichem Unterricht dar. Damit steht die universitäre Lehramtsausbildung vor der Aufgabe, angehenden Lehrkräften die notwendigen Planungskompetenzen an dieser Schnittstelle zu vermitteln. An den Universitäten Würzburg und Bielefeld sollen sich Studierende aus Chemiedidaktik und Sonderpädagogik durch ein praxisorientiertes Lehrkonzept jeweils dieser inklusiv-naturwissenschaftlichen Perspektive annähern und entsprechende Planungskompetenzen entwickeln. Wir berichten von einer Interventionsstudie, mit der die studentischen Planungskompetenzen und die Wirksamkeit des Lehrkonzeptes erfasst werden.

Common Ground in multiprofessionellen Teams entwickeln

Stinken-Rösner et al. (2020) betrachten inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht als Schnittmenge aus sonderpädagogischer und naturwissenschaftsdidaktischer Perspektive und umreißen konkrete unterrichtliche Aufgaben im Planungs- und Evaluations-Raster des NinU-Netzwerks. Schildknecht et al. (2021) diskutieren hingegen ein entsprechendes Arbeiten in multiprofessionellen Teams: Ihr Kompetenzmodell zur multiprofessionell-kooperativen Gestaltung von inklusivem Naturwissenschaftsunterricht bezeichnet die Schnittmenge zwischen sonderpädagogischer und naturwissenschafts-didaktischer Perspektive als einen *Common Ground*, einen geteilten Bezugsrahmen, der durch den „wechselseitigen Austausch von Bedeutungen“ (Schildknecht et al., 2021, S. 186) erreicht wird. Während diese Modelle theoriefundiert entwickelt wurden, ist es das Ziel dieser Studie, aus der universitären Lehrpraxis bewährte Vermittlungsstrategien zu inklusiv-naturwissenschaftlichem Unterricht (Weirauch, Schenk, & Ratz, 2021; Weirauch, Schenk, Ratz, & Reuter, 2021) empirisch zu evaluieren und an die theoretisch generierten Erkenntnisse anzuschließen.

Planungskompetenz von Lehrkräften

Nach Blömeke et al. (2015) kann Lehrkompetenz als ein Kontinuum beschrieben werden, in dem sich die professionsbezogene Disposition der individuellen Lehrperson (affektiv-motivational wie kognitiv) mit situationsspezifischen Fähigkeiten und der eigentlichen Performanz verschränkt. Dabei ist sowohl mit Blick auf individuelle Unterschiede als auch hinsichtlich verschiedener Lehramtskulturen der Sonderpädagogik und Chemiedidaktik von sehr heterogenen Einstellungen und Kompetenzen der Studierenden auszugehen. Brühwiler (2024) unterscheidet zwei Facetten adaptiver Lehrkompetenz, die Planungskompetenz einerseits und die Handlungskompetenz andererseits, wobei beiden diagnostische und didaktische Anteile zugeordnet werden können. Die Adaptivität als Merkmal von Lehrkompetenz wird mit Rückbezug auf Brühwilers Modellierung (2014) im Zusammenhang mit der Planung für maximal heterogene Gruppen als besonders relevant angenommen.

Das Lehrkonzept

An der Universität Würzburg wird seit 2016 eine interdisziplinäre, von Forschenden aus Sonderpädagogik und Chemiedidaktik entwickelte Lehrveranstaltung angeboten, die stets von zwei Dozent:innen aus beiden Fachbereichen geleitet wird und Studierenden aller Lehrämter und sonderpädagogischer Schwerpunkte des Würzburger Studiengangportfolios angeboten wird. Das sogenannte Chai-Seminarkonzept umfasst ein ausgezeichnetes hochschuldidaktisches Methodenkompendium (Weirauch, Schenk, Ratz, & Reuter, 2020), welches seit 2019 auch an der Universität Bielefeld eingesetzt und in enger Zusammenarbeit weiterentwickelt wird.

Die Seminare folgen dem Ansatz des *project-based learning* (nach Krajcik & Blumenfeld, 2006). Dabei stehen die Studierenden vor dem authentischen Problem, eine inklusiv angelegte Experimentierstation zu Themen aus der Chemie zu gestalten. Diese Konzeption muss sich im Sinne eines *public products* in der Praxis mit Schüler:innen bewähren, wobei allen Lernenden durch das Experimentieren ein individueller Zugewinn an Fachlichkeit ermöglichen werden soll (Weirauch, Schenk, Ratz, & Reuter, 2021). Um die Anschlussfähigkeit des Unterrichts für alle Lernenden zu gewährleisten, steht ein Kontext im Zentrum jedes Lernsettings. Denn in einer Schule für Alle ist mit sehr unterschiedlichem Vorwissen, einem der wichtigsten Prädiktoren für ertragreiches Lernen (z. B. Dochy, Moerkerke, & Martens, 1996; Renkl, 1996) zu chemischen Unterrichtsinhalten zu rechnen. Anstatt also von einheitlichem fachlichem Vorwissen auszugehen, wird der lebensweltliche Kontext (angesichts verbreiteter, ähnlicher Vorerfahrungen der Lernenden) zum gemeinsamen Ausgangspunkt und bestimmenden Inhalt des Unterrichts, innerhalb dessen sich die Lernenden fachliche Inhalte in unterschiedlichem Maße erschließen.

Für die weitere didaktische Strukturierung hat sich in den Seminaren die Fokussierung auf drei Elemente von Fachlichkeit bewährt, nämlich (a) Begriffe und Fachsprache, (b) Modelle und Modellieren sowie (c) Experimentieren, bzw. das Verfolgen des Naturwissenschaftlichen Erkenntnisweges. Die sonderpädagogische Perspektive wird in Anlehnung an das NinU-Raster über den Dreischritt *Diversität anerkennen*, *Barrieren erkennen* und *Partizipation ermöglichen* eingebracht (Stinken-Rösner et al., 2020). Diese Matrix aus dem sonderpädagogischen Dreischnitt des NinU-Rasters und den Kontexten und Elementen von Fachlichkeit beschreibt den *Common Ground*, den das Seminar zu vermitteln sucht und von dem diese Studie zur Veränderung professioneller Kompetenzen der Studierenden ausgeht.

Da den Studierenden während der Planungsphase nicht bekannt ist, welche Klasse mit ihnen Experimentieren wird, müssen sie eine möglichst große Heterogenität der Schüler:innen annehmen. Um diese Herausforderung zu bewältigen und die Ausbildung des *Common Grounds* in den Studierenden-Teams zu fördern, werden diese mit verschiedenen Methodenwerkzeugen (Ferreira-Gonzales et al., 2021; Weirauch, Schenk, Ratz, & Reuter, 2020) Schritt für Schritt bei ihrer Planungsaufgabe unterstützt.

Forschungsziel und Hypothesen

Es ist das Ziel des vorliegenden Forschungsprojektes, die studentische Kompetenzentwicklung durch die Lehrintervention am *Common Ground* zu erfassen. Die Studie geht von folgenden Hypothesen aus:

(a) Studierende der Sonderpädagogik und Chemiedidaktik verfügen über jeweils spezifische Expertisen; (b) Im Seminar eignen sich die Studierenden beider Disziplinen typische Expertisen der jeweils anderen Profession an, sodass ein *Common Ground* entsteht; (c) Diese Annäherung wird durch die Zusammenarbeit in multiprofessionellen Studierendenteams

gestärkt; (d) Das Chai-Seminarkonzept ist geeignet, Lehramtsstudierenden zu einer Erweiterung ihrer Kompetenz für die Planung inklusiven naturwissenschaftlichen Unterrichts zu verhelfen; (e) Das Chai-Seminarkonzept verändert die Einstellungen der Chemie-Lehramtsstudierenden gegenüber inklusivem Unterricht.

Studiendesign und Auswertung

Die empirische Erhebung erfolgt als Prae-Post-online-Test (bisher N = 36) mit quantitativem und qualitativem Erhebungsteil. Der quantitative Teil fokussiert auf allgemeine (Kauper et al., 2012) und inklusionsspezifische Einstellungen (Siegemund, Knigge, & Rotter, 2020). Der qualitative Teil fokussiert pandemiebedingt die studentische Performanz *for action* und erhebt die adaptive Planungskompetenz (Brühwiler, 2014) anhand zweier Vignetten mit denselben offen Fragen zu zwei verschiedenen Kontexten. Dabei werden die im Seminar verfolgten Planungsschritte anhand der drei Elemente von Fachlichkeit nachvollzogen, wobei die Studierenden im jeweiligen Kontext konkrete Barrieren identifizieren bzw. Möglichkeiten zur Partizipation entwickeln müssen. Laut Expert:innen-Rating (N = 14; erfahrene, ausbildende Lehrkräfte u. Dozent:innen aus Chemiedidaktik und Sonderpädagogik) bildet die Vignette den Unterrichtsplanungs-Prozess realistisch ab. Die qualitativen Daten werden einerseits inhaltsanalytisch ausgewertet und andererseits anhand eines theoriebasierten, multiprofessionell entwickelten Erwartungshorizontes nach Qualität und Quantität in verschiedene Kompetenzniveaus eingestuft.

Erste qualitative Ergebnisse des Prae-Tests

Die fachliche Durchdringung des Kontextes fällt den Chemiedidaktik-Studierenden erwartungsgemäß leichter, wobei einige Sonderpädagogik-Studierenden ihre Schwierigkeiten explizit verbalisieren. Hinsichtlich der Identifizierung sprachlicher Barrieren erkennen beide Studierendengruppen chemisches Fachvokabular und sprechen das hohe Abstraktionsniveau einer rein sprachlichen Vermittlung an, während grammatikalische Aspekte der chemischen Fachsprache oft übergangen werden Allerdings zeigt eine genauere Betrachtung, dass Sonderpädagogik-Studierende die simple Satzstruktur einfacher Sprache loben, während einige Chemiedidaktik-Studierende diese sogar als störend empfinden. Bei Fragen zur didaktischen Gestaltung des Experimentierens thematisieren beide Gruppen Strukturierungs-hilfen, allerdings haben die Sonderpädagogik-Studierenden vielfältigere Förderbedarfe im Blick. Anhand eines Funktionsmodells zur Filtration auf der Teilchenebene erkennen beide Gruppen die Teilchenebene als besonders abstrakt, beide betonen die Vorteile des Lernens durch aktives Handeln und sensomotorische Erfahrungen. Aber während für Chemiedidaktik-Studierende mögliche Lernenden-Vorstellungen im Fokus stehen, äußern sich die Sonderpädagogik-Studierenden eher aus wahrnehmungspsychologischer Perspektive z. B. in Bezug auf die Farbwahl des Modells. Insgesamt sind Chemiedidaktik-Studierende zuversichtlicher, dass alle Schüler:innen mit dem Modell werden arbeiten können.

Fazit

Zusammenfassend zeigt sich, dass die Vignette geeignet ist, um Ähnlichkeiten und Unterschiede in den Expertisen der Studierenden in Bezug auf einen postulierten *Common Ground* aufzuzeigen. Die Auswertung weiterer Daten und der Prae-Post-Abgleich muss abgewartet werden, um diskutieren zu können, inwiefern die spezifischen Expertisen beschrieben und eine Annäherung bzw. Ausbildung eines Common Ground abgebildet werden können.

Literatur

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

Brühwiler, C. (2014). *Adaptive Lehrkompetenz und schulisches Lernen. Effekte handlungssteuernder Kognitionen von Lehrpersonen auf Unterrichtsprozesse und Lernergebnisse der Schülerinnen und Schüler* (Vol. 91). Münster New York: Waxmann.

Dochy, F. J. R. C., Moerkerke, G., & Martens, R. (1996). Integrating Assessment, Learning and Instruction: Assessment of Domain-specific and Domain-transcening Prior Knowledge and Progress. *Studies in Educational Evaluation, 22*(4), 309-339.

Ferreira-Gonzales, L., Fühner, L., Sührig, L., Weck, H., Weirauch, K. & Abels, S. (2021). Ein Unterstützungsraster zur Planung und Reflexion inklusiven naturwissenschaftlichen Unterrichts. . In S. Hundertmark, X. Sun, S. Abels, A. Nehring, R. Schildknecht, V. Seremet, & C. Lindmeier (Hrsg.), *Naturwissenschaftsdidaktik und Inklusion. Sonderpädagogische Förderung heute* (S. 191-214). Weinheim Basel: Beltz Juventa.

Kauper, T., Retelsdorf, J., Bauer, J., Rösler, L., Möller, J., Prenzel, M., & Drechsel, B. (2012). *PaLea - Panel zum Lehramtsstudium. Skalendokumentation und Häufigkeitsauszählungen des BMBF-Projektes*. Kiel: IPN Leibnitz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik.

Krajcik, J. S., & Blumenfeld, P. C. (2006). Project-based learning. In R. K. S. (Hrsg.), *The Cambridge handbook of the learning sciences* (S. 317–334). New York, NY: Cambridge University Press.

Renkl, A. (1996). Vorwissen und Schulleistung. In J. Möller & O. K. (Hrsg.), *Emotionen, Kognitionen und Schulleistung* (S. 175-190). Weinheim: Beltz-PVU.

Schildknecht, R., Hundertmark, S., Seremet, V., Sun, X., Nitz, S., Kauertz, A., Lindmeier, B., Lindmeier, C., & Nehring, A. (2021). Entwicklung eines Kompetenzmodells zur multiprofessionell-kooperativen Gestaltung von inklusivem Naturwissenschaftsunterricht. In S. Hundertmark, X. Sun, S. Abels, A. Nehring, R. Schildknecht, V. Seremet, & C. Lindmeier (Hrsg.), *Naturwissenschaftsdidaktik und Inklusion. Sonderpädagogische Förderung heute* (S. 176-190). Weinheim Basel: Beltz Juventa.

Siegemund, S., Knigge, M., & Rotter, C. (2020). Entwicklung der Kurzskala zur Selbstwirksamkeit im Umgang mit heterogenen Lerngruppen (KUS-HL) – Reanalysen der Skalen von Kopp (2009) und Validierung der Kurzskala. *Empirische Sonderpädagogik, 1*, 27-44.

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*.

Weirauch, K., Schenk, C., & Ratz, C. (2021). *Experimentieren im inklusiven Chemieunterricht. Anleitungen und differenzierte Materialien zum Erkunden von Alltagsphänomenen*. Hamburg: Persen Verlag.

Weirauch, K., Schenk, C., Ratz, C., & Reuter, C. (2020). *Chemie all-inclusive: Ein Kompendium von Methodenwerkzeugen für die Entwicklung inklusiv angelegter naturwissenschaftlicher Experimentier-Stationen* (Vol. Band 2). Würzburg.

Weirauch, K., Schenk, C., Ratz, C., & Reuter, C. (2021). Experimente gestalten für inklusiven Chemieunterricht. Erkenntnisse aus dem interdisziplinären Lehr- und Forschungsprojekt 'Chemie all-inclusive' (Chai). In S. Hundertmark, X. Sun, S. Abels, A. Nehring, R. Schildknecht, V. Seremet, & C. L. (Hrsg.), *Sonderpädagogische Förderung heute. Naturwissenschaftsdidaktik und Inklusion* (Vol. 4, S. 101-116). Weinheim: Beltz Juventa.

Martina Graichen[1]
Silke Mikelskis-Seifert[1]
Michaela Oettle[1]
Katja Scharenberg[1]
Wolfram Rollett[1]

[1]Pädagogische Hochschule Freiburg

Adaptive Gestaltung von Experimentierinstruktionen für heterogene Klassen[1]

Eine Voraussetzung für gesellschaftliche Teilhabe ist die wissenschaftliche Kompetenz (*scientific literacy*), welche in Lernsettings z.B. über ein selbstständiges Experimentieren gefördert werden kann (KMK, 2005). Somit können schulische Experimentierumgebungen die naturwissenschaftliche Grundbildung unterstützen und dadurch zur sozialen Teilhabe beitragen. Damit naturwissenschaftliches Experimentieren, insbesondere in der Physik, erfolgreich wird und alle Schüler*innen am Experimentierprozess partizipieren können, spielt die Reduzierung von Lernbarrieren - wie physische, kognitive, affektive, sprachliche, soziale usw. – eine wichtige Rolle. Ziel ist, den Zugang und die Teilnahme am naturwissenschaftlichen Experimentieren für alle Schüler*innen unabhängig von ihren individuellen Lernvoraussetzungen sicherzustellen (Stinken-Rösner et al., 2020). Die Forderung nach Barrierefreiheit (Land Baden-Württemberg, 2015; United Nations, 2008) muss insbesondere in den Experimentieranleitungen umgesetzt sein, da diese die notwendigen Informationen zur Planung und Durchführung der Experimente liefern.
Bislang liegen jedoch speziell für die Physik keine belastbaren Erkenntnisse vor, was guten inklusiven Unterricht auszeichnet und nach welchem didaktischen Modell er sich beschreiben, konstruieren sowie empirisch bewerten lässt. Deshalb leiteten wir im Kontext fachdidaktischer Betrachtungen von inklusivem Unterricht z. B. in Anlehnung an Booth und Ainscow (2003) Bedingungen für bzw. Merkmale von Unterrichtskonzepten ab, die für inklusive Lerngruppen geeignet sind (siehe zum Beispiel Textor, 2018). Daraus definierten Oettle et al. (2021) drei Kernmerkmale, die didaktische Modelle zur Gestaltung von Physikunterricht für den Einsatz in inklusiven Lerngruppen aufweisen sollten. Auf diesen drei Merkmalen (siehe unten) baut das Freiburger Modell der kontextorientierten Gestaltung von Lernumgebungen für den inklusiven Physikunterricht (Oettle et al., 2021) auf. Das Modell beschreibt, wie sich Lernumgebungen unter Berücksichtigung der besonderen Ziele und Voraussetzungen inklusiver Lernsettings derart adaptiv durch Kontextorientierung gestalten lassen, so dass allen Schüler*innen ein sinnstiftendes und nachhaltiges Lernen ermöglicht wird. Auf dieser Grundlage entstand eine prototypische Experimentierumgebung *INEXdigital*, die wir App-basiert barrierefrei umsetzen.

Kernmerkmale und Bedingungen eines inklusiven NAWI-Unterrichts

1. Gewährleistung eines partizipativen Unterrichts (Partizipation)
2. Planung eines individualisierten Unterrichts (Individualisierung)
3. Berücksichtigung der Perspektive der einzelnen Lernenden (Kontextorientierung)

Partizipation. Durch die Ratifizierung des Übereinkommens der Vereinten Nationen über die Rechte von Menschen mit Behinderung erkannte auch Deutschland das Bildungsrecht von Menschen mit Behinderung an. Dies bedeutet, dass alle Schüler*innen eine

[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.

naturwissenschaftliche Grundbildung erhalten sollen, ungeachtet ihrer individuellen Lernvoraussetzungen. Neben steigender struktureller Integration auf der Systemebene durch das gemeinsame Unterrichten von Kindern und Jugendlichen mit und ohne SPF (Sonderpädagogischer Förderbedarf) in inklusiven Regelschulen (Klemm, 2018) scheint jedoch für die soziale Integration der Schüler*innen mit SPF vielfach noch Handlungsbedarf zu bestehen: Verschiedene empirische Studien deuteten diesbezüglich wiederholt auf eine ungünstigere soziale Partizipation von Kindern und Jugendlichen mit SPF im inklusiven Unterricht hin (Huber & Wilbert, 2014; Krull, Johanna et al., 2014): So sind Schüler*innen mit SPF häufiger von sozialer Ausgrenzung und Benachteiligung innerhalb ihres Klassenverbbandes betroffen, als Mitschüler*innen ohne SPF. Deshalb sollte die Partizipation aller Schüler*innen ein Ziel der inklusiven didaktischen Unterrichtsplanung sein.

Individualisierung. Um den unterschiedlichen Bedürfnissen der Schüler*innen Rechnung zu tragen, empfiehlt Mand (2009, S. 366) Sozialformen und Handlungsmuster im Unterricht anzuwenden, in denen alle Schüler*innen „auf unterschiedliche Weisen und verschiedenen Niveaus am gleichen Thema arbeiten können“. Dies erfordert eine differenzierte Unterrichtsplanung, wie z. B. der Einsatz von Differenzierungsmatrizen (Sasse & Schulzeck, 2021). Innerhalb einer Differenzierungsmatrize werden sowohl die thematische als auch die kognitive Komplexität berücksichtigt und geordnet.

Kontextorientierung. Die Orientierung an der Lernendenperspektive (Modell der didaktischen Reduktion: Kattmann et al., 1997) ist ein zentrales Prinzip der guten Unterrichtsplanung im Physikunterricht (Mikelskis-Seifert & Duit, 2007). Dadurch wird die Sinnstiftung der fachlichen Inhalte wie auch das nachthaltige Lernen der Schüler*innen in den Blick genommen. Gerade vor dem Hintergrund heterogener Klassenzusammensetzungen durch die Verbreitung von inklusiven Lernsettings wird dieser Aspekt zentral. Gerade hier sollte die Lehrkraft ihren Fokus auf die unterschiedlichen Perspektiven der Lernenden richten und die individuellen Bedürfnisse sowie die fachlichen Inhalte im Blick behalten. Deshalb ist es unerlässlich, dass in einem adaptiven Unterricht die Inhalte und die Methoden an die Lernvoraussetzungen der Schüler*innen angepasst werden (Wember, 2001) und die Kontextorientierung somit eine Form des adaptiven Unterrichts darstellt, um nachhaltiges Lernen und die Sinnstiftung der fachlichen Inhalte zu ermöglichen.

Freiburger Modell für kontextorientierte Gestaltung von Lernumgebungen

Ausgangspunkt für das Freiburger Modell für die kontextorientierte Gestaltung von Lernumgebungen für den inklusiven NAWI-/Physikunterricht (Oettle et al., 2021) ist das Modell der didaktischen Reduktion (MDR; Kattmann et al., 1997). Dieses wurde für den inklusiven Physikunterricht durch die oben beschriebenen Kernmerkmale erweitert. Somit eignet es sich besonders für die Gestaltung physikalischer Lernumgebungen für inklusive Gruppen.

Kontextorientierte Gestaltung von Experimentierumgebungen

In der Konzeption unserer Experimentierumgebung wird das Konzept des Forschenden Lernens (FL; Bell, 2010) als didaktischen Rahmen und das *Universal Design for Learning* (UDL; CAST, 2018) als Gestaltungsrahmen verwendet. Das Forschende Lernen orientiert sich am Prozess der Erkenntnisgewinnung und beinhaltet eine Vielzahl an Schüler*innenaktivitäten, wie zum Beispiel der Formulierung von Problemstellungen und Vermutungen, der Recherche von Informationen, der Planung und Durchführung des eigentlichen Experiments, aber auch der Interpretation, Präsentation und Diskussion der Ergebnisse. Dabei folgt FL keinem starren Ablauf, sondern ist ein kreativer Prozess, bei dem die Auseinandersetzung mit dem Inhalt im Vordergrund steht (Bell, 2010). Teilkompetenzen

können so unabhängig voneinander gefördert werden und deshalb ist das FL vielversprechend für inklusive Lernsetting. Die individuelle Auswahl und Definition von Zielen und Aktivitäten ermöglicht die Umsetzung von adaptiven Lernumgebungen. Unabhängig von Lernvoraussetzungen oder von strukturellen/soziokulturellen Hintergrundmerkmalen können so alle Schüler*innen partizipieren, da diese Lernumgebungen barrierefrei sind und selbstständiges, aktives Lernen (Eitel et al., 2020) ermöglichen.
Dies wird vom *Universal Design for Learning* unterstützt, da die dargebotene Vielzahl von Wahrnehmungs- Handhabungs-, und Ausdruckformen die barrierefreie Zugänglichkeit ermöglicht. So werden die Inhalte und Instruktionen mithilfe von parallel angebotenen unterschiedlichen Darstellungsformen (Text + Bilder, „sprachsensibler" Text + Bilder, Video, Audiospuren, Untertitelung) bereitgestellt, wobei die Schüler*innen selbst oder ggf. die Lehrkraft selbst die geeignete Darstellungsform auswählt.

Lernförderlich werden die Experimentierumgebungen durch eine systematische Unterstützung der Lernenden auf individueller Ebene, da an die Lernvoraussetzungen angeknüpft wird und das Lernen gemäß eigenen Bedürfnissen, Lernwegen und Tempi stattfindet. Hierdurch können die Experimentierumgebungen eigenverantwortlich genutzt werden, da alle Schüler*innen partizipieren und ihre individuellen Lernziele zur Erkenntnisgewinnung im eigenen Kompetenzbereich verfolgen. Der adaptive Unterricht wird unter anderem durch Binnendifferenzierung verfolgt (Klieme & Warwas, 2020), die auf Scaffolding beruht (dt.: Gerüst; Schnotz, 2005). Beim Scaffolding wird zunächst die Orientierungsgrundlage vollständig bereitgestellt und im Laufe des Lernprozesses schrittweise abgebaut, so dass die Lernenden die Aufgaben immer selbstständiger lösen können. Da das Experimentieren mit den teils interaktiven Teilaufgaben im Bereich des komplexen Problemlösen angesiedelt ist, gibt es weitere instruktionale Unterstützungsmöglichkeiten, wie zum Beispiel Lösungsbeispiele (Renkl, 2005), gestufte Lernhilfen (Schmidt-Weigand et al., 2008) oder Concept Cartoons (Arnold et al., 2017). Diese instruktionalen Unterstützungsmöglichkeiten sind weitere Elemente der adaptiven Gestaltung.

Konzept der App INEX*digital*
Ziel der prototypischen Konzeption der als App umgesetzten Experimentierumgebung ist es, die Teilfähigkeiten der Erkenntnisgewinnung zu fördern. Dabei bietet die App die Möglichkeit digitale Instruktionen und interaktive Aufgaben zur Begleitung aller Phasen des eigenständigen Experimentierens (Hands-On) individuell zu unterstützen. Durch die kontextorientierte Gestaltung mithilfe von gestuften Lernhilfen bei den Aufgaben sowie verschiedenen Darstellungsformen von Inhalt und Instruktion ist es möglich, auf die heterogenen Voraussetzungen der Schüler*innen einzugehen und diese nach ihren eigenen Bedürfnissen zu unterstützen. Die lernbarrierefreien Instruktionen zum Experimentieren ermöglichen so selbstständiges, forschendes Lernen, das ohne fremde Hilfe stattfindet, da nicht nur die Informationen zugänglich sind, sondern somit auch die Zugänglichkeit zu den verschiedenen Experimentiertätigkeiten gewährleistet ist. Die Umsetzung der Barrierefreiheit erfolgt durch das *UDL*, da gleichzeitig unterschiedliche Repräsentationsformen angeboten werden und es verschiedene Optionen für Wahrnehmen, Sprache und Symbole sowie Verständnis gibt. Durch individuelles Scaffolding bewegen sich zudem alle Schüler*innen im Bereich der kalkulierten Herausforderung (Leisen, 2019), sodass Lernen stattfinden kann.

Die lernbarrierefreie, digitale Experimentierumgebung wurde in Zusammenarbeit mit Lehrkräften an Inklusionsschulen entwickelt, erprobt und optimiert. Des Weiteren wurde mit dem Ziel einer Verbesserung die Experimentierumgebung in einer Lehrfortbildung vorgestellt und in einem Interview besprochen. Zusammenfassend kann eine große Akzeptanz der Lehrkräfte für die lernbarrierefreie, digitale Experimentierumgebung festgestellt werden.

Literatur

Arnold, J., Kremer, K., & Mayer, J. (2017). Scaffolding beim Forschenden Lernen: Eine empirische Untersuchung zur Wirkung von Lernunterstützungen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *23*(1), 21–37. https://doi.org/10.1007/s40573-016-0053-0

Bell, T. (2010). *Piko-Brief Nr. 11. Forschendes Lernen*. . https://www.ipn.uni-kiel.de/de/ das-ipn/abteilungen/didaktik-der-physik/piko/pikobriefe032010.pdf

Booth, T., & Ainscow, M. (2003). *Index für Inklusion. Lernen und Teilhabe in der Schule der Vielfalt entwickeln* ((Übers., bearb. u. hrsg. von Ines Boban und Andreas Hinz). Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg.

CAST. (2018). *Universal Design for Learning Guidelines Version 2.2.* http://udlguidelines.cast.org

Eitel, A., Endres, T., & Renkl, A. (2020). Self-management as a Bridge Between Cognitive Load and Self-regulated Learning: The Illustrative Case of Seductive Details. *Educational Psychology Review*, *32*(4), 1073–1087. https://doi.org/10.1007/s10648-020-09559-5

Huber, C., & Wilbert, J. (2014). *Soziale Ausgrenzung von Schülern mit sonderpädagogischem Förderbedarf und niedrigen Schulleistungen im gemeinsamen Unterricht*. https://doi.org/10.25656/01:9296

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.

Klemm, K. (2018). *Unterwegs zur inklusiven Schule: Lagebericht 2018 aus bildungsstatistischer Perspektive*. Bertelsmann Stiftung. https://www.bertelsmann-stiftung.de/doi/10.11586/2018050

Klieme, E., & Warwas, J. (2020). *Konzepte der Individuellen Förderung*. https://doi.org/10.25656/01:8782

KMK. Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Detuschland. (2005). *Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss. Beschluss vom 16.12.2004*. Luchterhand.

Krull, Johanna, Wilbert, Jürgen, & Hennemann, Thomas. (2014). *Soziale Ausgrenzung von Erstklässlerinnen und Erstklässlern mit sonderpädagogischem Förderbedarf im Gemeinsamen Unterricht*. https://doi.org/10.25656/01:9245

Land Baden-Württemberg (2005). Landesgesetz zur Gleichstellung von Menschen mit Behinderungen (Landes-Behindertengleichstellungsgesetz—L-BGG) Vom 17. Dezember 2014, (2015). https://www.landesrecht-bw.de/jportal/?quelle=jlink&query=BehGleichStG+BW&psml=bsbawueprod.psml&max=true&aiz=true#jlr-BehGleichStGBW2014rahmen

Leisen, J. (2019). Das Prinzip der „kalkulierten Herausforderung“. Kompetenzorientiert unterrichten. *schulmaganzin5-10*, *5*, 10–13.

Mand, J. (2009). Zur Integration von Kindern und Jugendlichen mit sogenannter Lernbehinderung. In H. Eberwein & S. Knauer (Hrsg.), *Handbuch Integrationspädagogik: Kinder mit und ohne Beeinträchtigung lernen gemeinsam* (7., durchges. und neu ausgestattete Aufl, S. 360–369). Beltz.

Mikelskis-Seifert, S., & Duit, R. (2007). Physik im Kontext. Innovative Unterrichtsansätze für den Schulalltag. *Mathematischer und Naturwissenschaftlicher Unterricht (MNU)*, *60*(5), 265–273.

Oettle, M., Mikelskis-Seifert, S., Scharenberg, K., & Rollet, W. (2021). Das Freiburger Modell der kontextorientierten Gestaltung von Lernumgebungen für den inklusiven Physikunterricht. In S. Hundertmark, X. Sun, S. Abels, A. Nehring, R. Schildknecht, V. Seremet, & C. Lindmeier (Hrsg.), *Naturwissenschaftsdidaktik und Inklusion: 4. Beiheft Sonderpädagogische Förderung heute* (S. 118–132). Beltz Juventa.

Renkl, A. (2005). The Worked-Out Examples Principle in Multimedia Learning. In R. Mayer (Hrsg.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (1. Aufl., S. 229–246). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9780511816819.016

Sasse, A., & Schulzeck, U. (Hrsg.). (2021). *Inklusiven Unterricht planen, gestalten und reflektieren: Die Differenzierungsmatrix in Theorie und Praxis*. Verlag Julius Klinkhardt.

Schmidt-Weigand, F., Franke-Braun, G., & Hänze, M. (2008). Erhöhen gestufte Lernhilfen die Effektivität von Lösungsbeispielen? Eine Studie zur kooperativen Bearbeitung von Aufgaben in den Naturwissenschaften. *Unterrichtswissenschaft*, *36*, 365–384.

Schnotz, W. (2005). An Integrated Model of Text and Picture Comprehension. In R. E. Mayer (Hrsg.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (S. 49–69). Cambridge University Press.

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. https://doi.org/10.23770/rt1831

Textor, A. (2018). *Einführung in die Inklusionspädagogik* (2., überarbeitete und erweiterte Auflage). Verlag Julius Klinkhardt.

United Nations (2008). Convention on the Rights of Persons with Disabilities, A/RES/61/106 (2008).

Wember, F. B. (2001). *Adaptiver Unterricht*. *31*(3), 161–181.

Ufuk Güler[1]
Nicole Schrader[1]
Hiroki Fujii[2]
Claus Bolte[1]

[1]Freie Universität Berlin
[2]Okayama University - Japan

Vorstellungen zum Konzept der Radioaktivität in Deutschland und Japan

Ausgangspunkt

Die Berücksichtigung der Vorstellungen, die Schüler*innen zu einem Thema in den Fachunterricht mit- und einbringen, besitzt für die Planung und erfolgreiche Durchführung von Unterricht eine wichtige Bedeutung (Streller et al. 2019). Zahlreiche empirische Studien zur Analyse von Schülervorstellungen wurden daher bereits zu vielen Bereichen der Chemie und Physik durchgeführt (Pfundt & Duit, 2009). Doch im Vergleich mit anderen Themenfeldern der Naturwissenschaften und des naturwissenschaftlichen Unterrichts gibt es vergleichsweise wenige Untersuchungen, die über Schülervorstellungen zum Konzept der Radioaktivität und der ionisierenden Strahlung berichten. Deshalb haben Schrader und Bolte in den vergangenen Jahren untersucht, inwiefern es Schüler*innen an Berliner Schulen gelingt, zwischen den Begriffen „radioaktive Teilchen", „ionisierende Strahlung" und „Radioaktivität" sach- und fachgerecht zu differenzieren und inwiefern sie die Konzepte Kontamination und Bestrahlung korrekt anwenden (Schrader & Bolte, 2018; 2020; Bolte & Schrader, 2021). Die Analysen belegen, dass die beteiligten Schüler*innen zwischen diesen Begriffselementen in der Regel nicht sachgemäß differenzieren und die Konzepte nicht stringent anwenden. Auch Eijkelhof (1990), Millar (1994) oder Alsop (2001) haben bei Schüler*innen ihrer Heimatländer ähnliche fachlich abweichende Vorstellungen nachgewiesen.

Unsere Untersuchung greift diese Befunde auf und setzt die Analyse von Schülervorstellungen zum Konzept Radioaktivität und ionisierende Strahlung auf internationaler Ebene fort, indem wir nun die Aussagen deutscher Schüler*innen mit denen japanischer Schüler*innen hinsichtlich ihres konzeptuellen Begriffsverständnisses vergleichen. Den deutsch-japanischen Vergleich erachten wir als besonders interessant, da sich zum einen historisch betrachtet vor nunmehr 10 Jahren die besonders tragische und folgenschwere Nuklearkatastrophe in Fukushima (2011) ereignete und die Erinnerung an die Folgen der Atombombenabwürfe in Nagasaki und Hiroshima gesellschaftlich in Japan nach wie vor allgegenwärtig sind, zum anderen scheint uns der Vergleich von Interesse, da Schüler*innen aus Japan in allen zurückliegenden PISA-Studien stets die besten Rangplätze im internationalen Schulleistungsvergleich belegt haben (OECD 2019); letzteres können wir für Berliner Schüler*innen leider nicht in Anspruch nehmen. Angesichts der gesellschaftlichen und historischen Relevanz des Themas der Anwendung und der Nutzung von Technologien aus dem Bereich Radioaktivität und ionisierende Strahlung wäre u.E. zu erwarten, dass die genannten Ereignisse zahlreichen Anlass zur unterrichtlichen naturwissenschaftlichen Auseinandersetzung bieten und somit einen Einfluss auf das konzeptuelle Begriffsverständnis japanischer Schüler*innen nehmen sollten. In Folge dessen und angesichts der erwähnten PISA-Ergebnisse ist ferner zu vermuten, dass sich demnach deutsche und japanische Schüler*innen hinsichtlich ihrer Begriffsverständnisse signifikant unterscheiden.

Ausgehend von der Zielsetzung dieser Arbeit haben wir verschiedene Forschungsfragen untersucht. In diesem Beitrag konzentrieren wir uns auf die Frage: *Inwiefern unterscheiden sich japanische und deutsche Schüler*innen in ihrem konzeptuellen Verständnis bezüglich der Begriffselemente „radioaktive Teilchen", „ionisierende Strahlung" und „Radioaktivität"?*

Methode

Zur Beantwortung der Forschungsfragen nutzen wir einen in Anlehnung an Millar (1994) konzipierten Fragenbogen. Dieser Fragebogen zur systematischen Analyse des konzeptuellen

Begriffsverständnisses wurde für die Datenerhebung in Japan übersetzt. Der Test besteht aus acht Aufgaben, die auf verschiedene Anwendungen oder Phänomene ionisierender Strahlung fokussieren: [1] Lebensmittelbestrahlung, [2] Papierdickenmessung, [3] Radiojodtherapie, [4] Röntgendiagnostik, [5] Szintigraphie, [6] Füllstandmessung, [7] Leckortung, [8] Bodenkontamination (Schrader & Bolte, 2017; Bolte & Schrader, 2021).

Stichprobe sowie Erhebung und Auswertung der Daten
Die Datenerhebung in Berlin erfolgte Ende 2017 an zwei Oberschulen; insgesamt 197 Schüler*innen der Jahrgangsstufe 10 haben daran teilgenommen. In Japan wurden Anfang 2018 insgesamt 480 Schüler*innen der Jahrgangstufe 10 in Kobe und Hiroshima befragt. Die Auswertung der Daten erfolgte u.a. mithilfe deskriptiver Analysen (Häufigkeitsverteilungen) und dependenzanalytischer Verfahren (Chi-Quadrat-Test, Welsh-Test; Backhaus, et al., 2016)

Ausgewählte Ergebnisse
In Abbildung 1 ist dargestellt, wie viele der insgesamt acht Aufgaben deutsche bzw. japanische Schüler*innen in Gänze sachlich richtig beantwortet haben. Der Graphik ist zu entnehmen, dass 58,88% der deutschen bzw. 47,70% der japanischen Schüler*innen keine Aufgabe korrekt gelöst haben. Demgegenüber konnte keine/r der Befragten sieben oder gar alle acht Aufgaben richtig beantworten. Insgesamt fällt auf, dass japanische Schüler*innen etwas bessere Ergebnisse erzielen haben als die Berliner Schüler*innen. Beispielsweise haben 11,67% der japanischen Schüler*innen drei bis sechs Aufgaben korrekt gelöst, wohingegen nur 7,11% der deutschen dieselbe Leistung zeigten. Leistungsunterschiede werden außerdem deutlich, wenn wir betrachten, wie viele Aufgaben deutsche bzw. japanische Schüler*innen im Durchschnitt richtig gelöst haben. Für die deutschen Schüler*innen ergibt sich ein Mittelwert von $\bar{x}_D = 0{,}67$ ($\pm$ 0,96), für die japanischen Schüler*innen ein Mittelwert von $\bar{x}_j = 0{,}96$ ($\pm$ 1,18); die Mittelwerte unterscheiden sich in statistisch signifikanter Weise. Zur Bestimmung der statistischen Signifikanz wurde hierbei der Welch-Test verwendet.

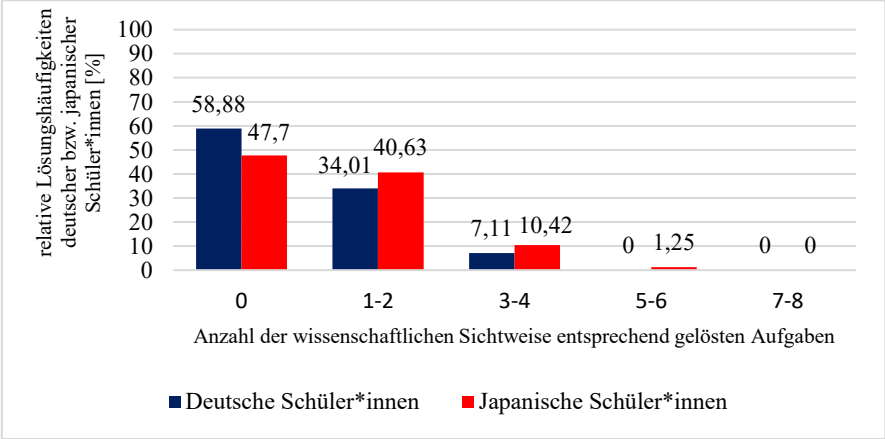


*Abb. 1: Relative Häufigkeit der befragten Schüler*innen im Ländervergleich – differenziert nach Anzahl der in Gänze fachlich korrekt gelösten Aufgaben.*

Um herauszufinden, inwiefern Zusammenhänge zwischen den Vorstellungen „ein Körper enthält radioaktive Teilchen“, „ein Körper enthält ionisierende Strahlung“ und „ein Körper ist radioaktiv“ bei den deutschen und japanischen Schüler*innen bestehen, haben wir Kontingenzanalysen durchgeführt und die dazugehörigen Kreuztabellen betrachtet. Die Ergebnisse zur Aufgabe [5] sollen einen exemplarischen Einblick eröffnen (siehe Tab. 1).

Die wissenschaftlich korrekten Aussagekombinationen sind **fett** hervorgehoben.

Tab. 1.a	Das Herz enthält Strahlung	Das Herz enthält keine Strahlung	**Gesamt**
Das Herz enthält radioaktive Teilchen	(D) 64,0 / (J) 63,5	**(D) 15,1 / (J) 19,3**	(D) 79,1/ (J) 82,8
Das Herz enthält keine radioaktiven Teilchen	(D) 10,4 / (J) 4,8	**(**D) 10,5 / (J) 12,4	(D) 20,9 / (J) 17,2
Gesamt	(D) 74,4 / (J) 68,3	(D) 25,8 / (J) 31,7	(D) 100 / (J) 100
(D): $\chi^2 = 14{,}260$; $n = 172$; $\phi = 0{,}29$ / (J): $\chi^2 = 71{,}900$; $n = 460$; $\phi = 0{,}40$			

Tab. 1.b	Das Herz ist radioaktiv	Das Herz ist nicht radioaktiv	**Gesamt**
Das Herz enthält radioaktive Teilchen	**(D) 47,1 / (J) 59,8**	(D) 27,3 / (J) 08,5	(D) 74,4 / (J) 68,3
Das Herz enthält keine radioaktiven Teilchen	**(**D) 08,2 / (J) 12,2	**(**D) 17,4/ (J) 19,5	(D) 25,6 / (J) 31,7
Gesamt	(D) 55,3 / (J) 72,0	(D) 44,7 / (J) 28,0	(D) 100 / (J) 100
(D): $\chi^2 = 23{,}584$; $n = 172$; $\phi = 0{,}37$ / (J): $\chi^2 = 91{,}960$; $n = 460$; $\phi = 0{,}45$			

Tab. 1.c	Das Herz ist radioaktiv	Das Herz ist nicht radioaktiv	**Gesamt**
Das Herz enthält Strahlung	(D 51,2 / (J) 67,2	(D) 27,9 / (J) 15,7	(D) 79,1 / (J) 82,9
Das Herz enthält keine Strahlung	**(D) 04,1 / (J) 04,8**	(D) 16,8 / (J) 12,3	(D) 20,9 / (J) 17,1
Gesamt	(D) 55,3 / (J) 72,0	(D) 44,7 / (J) 28,0	(D) 100 / (J) 100
(D): $\chi^2 = 13{,}190$; $n = 172$; $\phi = 0{,}28$ / (J): $\chi^2 = 119{,}665$; $n = 460$; $\phi = 0{,}51$			

*Tab. 1a-c: Kreuztabellierung zum Ländervergleich; aufgezeigt am Aufgabenbeispiel [5] (D): deutsche Schüler*innen, (J): japanische Schüler*innen - Ergebnisse in Prozenten.*

Die statistische Überprüfung mittels Chi-Quadrat-Test führt in beiden Schülergruppen für jedes Variablenpaar der Aufgabe [5] zu statistisch signifikanten Zusammenhängen. Die Werte der Phi-Koeffizienten weisen für deutsche Schüler*innen auf schwache bis mittlere und für japanische Schüler*innen auf mittlere bis starke Zusammenhänge hin (vgl. Backhaus et al. 2006). Ähnliche Ergebnisse sind auch bzgl. der anderen Aufgaben zu erhalten. Eine Ausnahme zeigt sich bei Aufgabe [1] (Lebensmittelbestrahlung); in diesem Fall kann mit Blick auf die Berliner Schüler*innen kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen den Variablenpaaren nachgewiesen werden (ohne Abb.).

Interpretation und Fazit

Die Ergebnisse dieser Studie haben sowohl länderübergreifende Ähnlichkeiten als auch statistisch signifikante Unterscheidungen aufgezeigt. Deutsche wie auch japanische Schüler*innen bewerten die Aussagen fälschlicher Weise als fachlich korrekt, dass ein Körper ionisierende Strahlung enthalte. Diese Aussage verknüpfen sie in signifikanter Weise mit der Auffassung, dass so ein Körper dementsprechend auch radioaktiv sei und/oder radioaktive Teilchen enthalte. Die Mehrheit der deutschen aber auch der japanischen Schüler*innen haben demzufolge ein fachlich unzureichendes Verständnis vom Konzept ionisierender Strahlung und radioaktiver Materie. Außerdem ist festzuhalten, dass das Antwortverhalten deutscher und japanischer Schüler*innen sich dahin gehend ähnelt, als die Mehrheit beider Schülergruppen in fast allen Aufgaben einem bestrahlten Körper radioaktive Eigenschaften zuschreibt. Ähnliche Vorstellungen mussten Schrader und Bolte (2018; 2020) Berliner Schüler*innen schon in vorangegangenen Untersuchungen wie auch in einer aktuellen Studie mit großer Stichprobe attestieren (Bolte & Schrader, 2021; Schrader in Arbeit). Betrachtet man die über alle Aufgaben und Teilnehmer*innen gemittelten relativen Lösungshäufigkeitsverteilungen, so ist anzumerken, dass kumulativ betrachtet mehr japanische Schüler*innen ein zumindest etwas zutreffenderes konzeptuelles Begriffsverständnis zeigen (und zwar im statistisch signifikanten Umfang). Angesichts der Tatsache, dass beide Gruppen im Mittel aber lediglich eine Aufgabe in Gänze korrekt gelöst haben, scheint in beiden Fällen noch viel Luft nach oben.

Literatur

Alsop S. (2001): Living with and learning about radioactivity: A comparative conceptual study. In: International Journal of Science Education, 23 (3), 263-281.

Backhaus K., Erichson B., Plinke W., Weiber R. (2016): Multivariate Analysemethoden. Eine anwendungsorientierte Einführung. Berlin/Heidelberg: Springer-Verlag, 14. Auflage, 358, 368-371.

Bolte, C., & Schrader, N. (2021). Risiken der Radioaktivität aus Sicht von Jugendlichen. In: Grebe-Ellis, J. & Grötzebauch, H. (Hrsg.). Ph*yDid B, Didaktik der Physik, Beiträge zur virtuellen DPG-Frühjahrstagung 2021*. S. 217-224. Url.: http://www.phydid.de/index.php/phydid-b/article/view/1197 ISSN 2191-379X

Bortz J. & Schuster C. (2010): Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler. Leipzig: Springer Medizin, 7. Auflage, 30-31, 101, 121, 129.

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.

Eijkelhof, H. M. C. & Millar, R. (1988): Reading about Chernobyl: the public understanding of radiation and radioactivity**.** School Science Review, 70 (251), 35-41.

Eijkelhof, H. M. C. (1990) Radiation and Risk in Physics Education. Utrecht: CD Beta Press.

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.

Millar, R. (1994): School students' understanding of key ideas about radioactivity and ionizing radiation. 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.

OECD (2019): Japan - Country Note - PISA 2018 Results. Paris: OECD Publishing.

Pfundt, H. & Duit, R. (2009): Bibliography - Students alternative frameworks and science education. Kiel: Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften.

Riesch, W. & Westphal, W. (1975). Modellhafte Schülervorstellungen zur Ausbreitung radioaktiver Strahlung. Der Physikunterricht, 9(4), 75-85.

Schrader, N. & Bolte, C. (2017) Fragebogen zur Analyse des konzeptuellen Verständnis von Schüler*innen zum Thema Radioaktivität und Ionisierende Strahlung. Freie Universität Berlin. (Polyskript).

Schrader, N. & Bolte, C. (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, Band 38, 780-783.

Schrader, N. & Bolte, C. (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.

Schrader, N. (in Arbeit). *Entwicklung und Einsatz eines Testinstruments zur Analyse des konzeptuellen Verständnisses von Schüler*innen und ihrer Risikowahrnehmung im Bereich Radioaktivität*

Streller S., Bolte C., Dietz D., Noto la Diega R. (2019): Chemiedidaktik an Fallbeispielen Anregungen für die Unterrichtspraxis. Berlin: Springer Spektrum, 1. Auflage, 17-18, 40.

Jan-Philipp Burde[1]
Lana Ivanjek[2]
Thomas Wilhelm[3]
Thomas Schubatzky[4]
Claudia Haagen-Schützenhöfer[4]
Liza Dopatka[5]
Verena Spatz[5]
Martin Hopf[6]

[1]Eberhard Karls Universität Tübingen
[2]Technische Universität Dresden
[3]Goethe-Universität Frankfurt
[4]Karl-Franzens-Universität Graz
[5]Technische Universität Darmstadt
[6]Universität Wien

Schülervorstellungen in Schule und Studium – ein Vergleich

Hintergrund

Schülervorstellungen sind seit den 1970er Jahren Gegenstand intensiver fachdidaktischer Forschung (Duit 2009). Neben dem Begriff „Schülervorstellungen" finden sich in der deutschsprachigen Literatur u.a. die Bezeichnungen „Fehlvorstellungen", „Alltagsvorstellungen" und „alternative Vorstellungen", die zwar leicht unterschiedlich konnotiert sind, jedoch alle die Tatsache beschreiben, dass Lernende zu physikalischen Phänomenen und Gesetzmäßigkeiten alternative Erklärungen vertreten, die sich zwar aus ihrer Sicht bewährt haben, jedoch der wissenschaftlichen Erklärung i.d.R. widersprechen (Schecker und Duit 2018). Eine besondere Rolle spielen Schülervorstellungen u.a. bei elektrischen Stromkreisen, da diese aufgrund ihrer Unanschaulichkeit ein äußerst abstraktes Thema darstellen. Dies wird u.a. daran deutlich, dass zentrale Größen wie das elektrische Potenzial, die elektrische Spannung, aber auch der elektrische Strom einer direkten Beobachtung nicht zugänglich sind, sondern nur mittels entsprechender Messgeräte erfasst werden können. Erschwerend kommt hinzu, dass sich in der Alltagssprache eine Reihe von Begriffen findet, die den Lernenden physikalisch gesehen problematische Vorstellungen nahelegen. Als Beispiel sei an dieser Stelle auf den gängigen Begriff des „Stromverbrauchs" verwiesen, der die Idee nahelegt, der elektrische Strom (als substanzartige Größe) würde von Elektrogeräten verbraucht werden (Tiberghien und Delacôte 1976; Osborne 1983). Eine weitere Schwierigkeit besteht für viele Lernende darin, den Strombegriff konzeptionell vom Spannungsbegriff abzugrenzen (Wilhelm und Hopf 2018). Statt zu erkennen, dass es sich bei Strom und Spannung um zwei eigenständige physikalische Größen handelt, sind viele Lernende der Auffassung, die Spannung sei eine Eigenschaft des elektrischen Stroms (Rhöneck 1981; Maichle 1982).

Diverse fachdidaktische Forschungsprojekte haben sich in den vergangenen Jahrzehnten dem Ziel gewidmet, die bei den Lernenden vorhandenen alternativen Vorstellungen zu erheben und zu kategorisieren (Duit 2009), wobei einige Studien einen qualitativen und andere einen quantitativen Zugang verfolgten. Die jeweiligen Projekte nahmen jedoch i.d.R. entweder nur das Verständnis von Schülerinnen und Schülern oder nur von Studierenden in den Blick. Im Rahmen des EPo-EKo-Projektes (Haagen-Schützenhöfer et al. 2019) wird nun quantitativ-empirisch untersucht, über welche alternativen Vorstellungen Lernende der Sekundarstufe I im Vergleich zu Studierenden verfügen. Hierzu wurde ein rasch-skalierter Multiple-Choice-Test eingesetzt (Ivanjek et al. 2021), der aufgrund seiner Zweistufigkeit die Identifikation einer Vielzahl von Schülervorstellungen erlaubt. Nach einer kurzen Beschreibung der vorläufigen Stichprobe sowie des verwendeten Testinstruments sollen im Folgenden erste ausgewählte Ergebnisse vorgestellt und anschließend diskutiert werden.

Stichprobe und Testinstrument

An der Erhebung beteiligten sich bisher insgesamt $N = 801$ Lernende aus Österreich und Deutschland, die sich wiederum auf $N = 633$ Schülerinnen und Schüler (m = 344; w = 285; kA = 4) aus der 7. Jahrgangsstufe nach dem „traditionellen" Physikunterricht zur Elektrizitätslehre sowie $N = 168$ Studierende (m = 105; w = 63; kA = 0) aufteilten. Während die Schülerinnen und Schüler zu etwa gleichen Teilen aus Bayern, Hessen, der Steiermark und Wien kamen, nahmen an der universitären Befragung bisher primär Studierende aus Frankfurt ($N = 81$) sowie Tübingen ($N = 61$) teil – die restlichen Studierenden kamen aus Dresden, Wien und Graz. Im Durchschnitt befanden sich die Studierenden im 3. Fachsemester ($M = 2{,}90$; $SD = 1{,}95$) und hatten zum größten Teil in universitären Lehrveranstaltungen bisher keinen Kontakt mit der Elektrizitätslehre ($N = 106$) bzw. bereits ein Seminar und/oder ein Experimentierpraktikum zu dem Thema ($N = 62$). An der bisherigen Befragung nahmen $N = 72$ Studierende mit Physik als Hauptfach, $N = 53$ Studierende mit Physik als Nebenfach und $N = 43$ Lehramtsstudierende (Haupt-, Real- und Gymnasialschullehramt) teil.

Das konzeptionelle Verständnis wurde mithilfe des im Rahmen des EPo-EKo-Projektes entwickelten zweistufigen, Rasch-skalierten 2T-SEC-Tests („Two-Tier-Simple-Electric-Circuits-Test) erhoben (Ivanjek et al. 2021). Dabei handelt es sich um einen Multiple-Choice-Test mit insgesamt 25 zweistufigen Items, wobei die jeweilige Frage im Test auf der ersten Stufe beantwortet und auf der zweiten Stufe begründet werden muss. Anhand der Kombination von Antwort (erste Stufe) und Begründung (zweite Stufe) kann so auf die bei den Lernenden vorhandenen Vorstellungen geschlossen werden, wobei die Zuordnung von Antwortkombinationen zu den Schülervorstellungen im Rahmen des Projektes mittels einer Expertenvalidierung ($N = 8$) erfolgte. Auf diese Weise können mithilfe des 2T-SEC-Tests eine Reihe von alternativen Vorstellungen u.a. zu Strom, Spannung und Widerstand erhoben werden.

Erste Ergebnisse

Im Folgenden sollen erste Ergebnisse auf Basis der oben beschriebenen vorläufigen Stichprobe in Hinblick auf zwei alternative Vorstellungen in der Elektrizitätslehre präsentiert werden, die in der fachdidaktischen Forschung gut dokumentiert sind: Die Stromverbrauchsvorstellung und die Vorstellung, dass es in einem offenen Stromkreis keine Spannung gibt. Wie Abb. 1 zu entnehmen, vertreten 33 % der Schülerinnen und Schüler und 39 % der Studierenden in der vorliegenden Stichprobe die Stromverbrauchsvorstellung, wobei der Unterschied zwischen den beiden Gruppen statistisch nicht signifikant ist ($\chi 2$ (1, $N = 638$) = 0.97, $p = .325$). Ferner geben 74 % der Schülerinnen und Schüler und 45 % der Studierenden an, dass es in einem offenen Stromkreis keine Spannung geben könne, was einen statistisch höchst signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen darstellt ($\chi 2$ (1, $N = 702$) = 29.2, $p < .001$).

Diskussion und Ausblick

Die Ergebnisse zeigen eindrücklich, dass zumindest die beiden hier diskutierten Schülervorstellungen nicht nur von einem großen Anteil der Schülerinnen und Schüler nach dem Physikunterricht in der Sek I vertreten werden, sondern darüber hinaus auch von einem bedeutenden Anteil der Studierenden. Zeitlich gesehen erweisen sich diese Schülervorstellungen damit auch in dieser Erhebung als äußerst stabile Konstrukte, die sich nicht nur direkt nach dem Unterricht zu elektrischen Stromkreisen zeigen, sondern auch die weitere Schulzeit teilweise unverändert überdauern. Dieser Befund ist umso eindrücklicher vor dem Hintergrund, dass es sich bei den Studierenden im Vergleich zu den Schülerinnen und Schülern insofern um eine

Positivauswahl handelt, als dass die Studierenden sich aktiv für ein naturwissenschaftliches Studium entschieden haben.

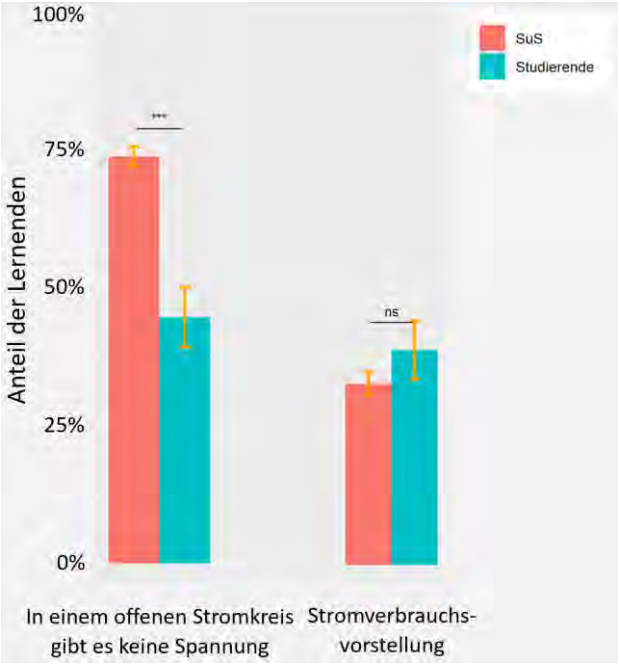


*Abb. 1: Anteil der Lernenden, die die Schülervorstellung bei mind. einem zugehörigen Item gezeigt haben, in der Gesamtgruppe der Lernenden, die alle zur jeweiligen Schülervorstellung gehörenden Items bearbeitet haben. SuS: Schülerinnen und Schüler; ns: statistisch nicht signifikant; *** : $p < .001$*

Die Ergebnisse verdeutlichen einerseits die Notwendigkeit für weitere fachdidaktische (Entwicklungs-)Forschung, um Lernenden schon frühzeitig ein konzeptionelles Verständnis der Grundgrößen der Elektrizitätslehre sowie ihres Zusammenhangs in einfachen Stromkreisen zu vermitteln. Vor dem Hintergrund, dass sich in bereits durchgeführten empirischen Studien zeigt, dass auf Basis fachdidaktischer Kriterien entwickelte Unterrichtskonzeptionen bei den Lernenden u.a. zu einem besseren Verständnis der elektrischen Spannung führen (Gleixner 1998; Burde 2018), bestünde andererseits eine weitere Interpretation dieser Ergebnisse darin, dass noch mehr Anstrengungen unternommen werden müssen, den sogenannten „Research-Practice-Gap“ zu überwinden, indem es z.B. Lehrkräften erleichtert wird, bewährte fachdidaktische Unterrichtskonzeptionen in ihren Unterricht einzubinden (Wilhelm et al. 2021).
Im Rahmen des EPo-EKo-Projektes ist in einem nächsten Schritt u.a. geplant, den 2T-SEC-Test an den verschiedenen Projektstandorten bei weiteren Studierenden einzusetzen, um u.a. mit einer größeren Stichprobe eine höhere ökologische Validität der Befunde zu erreichen und zu untersuchen, wie weit verbreitet weitere alternative Vorstellungen sind und wie konsistent das Antwortverhalten der beiden untersuchten Gruppen ist.

Literatur

Burde, J.-P. (2018): Konzeption und Evaluation eines Unterrichtskonzepts zu einfachen Stromkreisen auf Basis des Elektronengasmodells. Berlin: Logos-Verlag (259).

Duit, R. (2009): Bibliography - STCSE: Students' and Teachers' Conceptions and Science Education. IPN – Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften. Kiel. Online verfügbar unter http://archiv.ipn.uni-kiel.de/stcse/, zuletzt aktualisiert am 2009, zuletzt geprüft am 10.02.2017.

Gleixner, C. (1998): Einleuchtende Elektrizitätslehre mit Potenzial. Dissertation. LMU München.

Haagen-Schützenhöfer, C.; Burde, J.-P.; Hopf, M.; Spatz, V.; Wilhelm, T. (2019): Using the electron-gas model in lower secondary schools - a binational design-based research project. In: E. McLoughlin (Hg.): GIREP 2017 Selected Papers. GIREP 2017. Dublin.

Ivanjek, L.; Morris, L.; Schubatzky, T.; Hopf, M.; Burde, J.-P.; Haagen-Schützenhöfer, C. et al. (2021): Development of a two-tier instrument on simple electric circuits. In: Phys. Rev. Phys. Educ. Res. 17. DOI: 10.1103/PhysRevPhysEducRes.17.020123.

Maichle, U. (1982): Schülervorstellungen zu Stromstärke und Spannung. In: Naturwissenschaften im Unterricht. Physik/Chemie 30 (11), S. 383–387.

Osborne, R. (1983): Towards modifying children's ideas about electric current. In: Res. Sci. Technol. Educ. 1, S. 73–82.

Rhöneck, C. v. (1981): Schüleräußerungen zum Begriff der elektrischen Spannung beim Erklären der Meßwerte am Schalter. In: Naturwissenschaften im Unterricht. Physik/Chemie 29 (6), S. 210–215.

Schecker, H.; Duit, R. (2018): Schülervorstellungen und Physiklernen. In: H. Schecker, T. Wilhelm, M. Hopf und R. Duit (Hg.): Schülervorstellungen und Physikunterricht. Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis. Berlin: Springer-Spektrum, S. 1–21.

Tiberghien, A.; Delacôte, G. (1976): Manipulations et représentations de circuits électriques simples chez les enfants de 7 à 12 ans. In: Revue Française de Pédagogie 34, S. 32–44.

Wilhelm, T.; Hopf, M. (2018): Schülervorstellungen zum elektrischen Stromkreis. In: H. Schecker, T. Wilhelm, M. Hopf und R. Duit (Hg.): Schülervorstellungen und Physikunterricht. Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis. Berlin: Springer-Spektrum, S. 115–138.

Wilhelm, T.; Schecker, H.; Hopf, M. (Hg.) (2021): Unterrichtskonzeptionen für den Physikunterricht. Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis. Berlin: Springer Spektrum.

Sarah Zloklikovits[1] [1]Universität Wien
Martin Hopf[1]

Lernendenvorstellungen zum Thema "Handystrahlung"

Einleitung

„Handystrahlung ist das, was der Bildschirm aussendet" – die Existenz dieser Fehlvorstellung ist bereits aus bestehender Literatur bekannt (Neumann & Hopf, 2011). Überrascht hat uns allerdings, dass selbst sehr gute Schüler*innen an dieser Vorstellung festhalten (Zloklikovits & Hopf, 2020a). Es stellt sich die Frage: wenn Schüler*innen unter „Handystrahlung" die Strahlung des Bildschirmes verstehen, ist ihnen dann bewusst, zu welchem Zweck ein Mobiltelefon Strahlung emittiert? Zu diesem Themenbereich gibt es nur wenig physikdidaktische Forschung; Plotz kommt in seinem Literarturreview zum Schluss, dass Lernendenvorstellungen zum Mikrowellenbereich weitestgehend unerforscht sind (Plotz, 2017). Erste Anhaltspunkte zum Kontext „Handystrahlung" finden sich in den Arbeiten von Neumann und Hopf. Ihre Erhebungen zeigten, dass der Begriff „Strahlung" mit Handys assoziiert wird und Handys generell als Quelle für Strahlung bekannt sind. Schüler*innen schätzen die Strahlung des Handys vorwiegend als „gefährlich" ein. Wie bereits erwähnt, halten manche Schüler*innen die Strahlung des Bildschirms für „Handystrahlung" (Neumann & Hopf, 2011). Im vorliegenden Beitrag wird der Begriff „Handystrahlung" verwendet, um elektromagnetische Strahlung im Mikrowellenbereich, die für die drahtlose Kommunikation mittels Handys genutzt wird, zu bezeichnen.

Folgende Forschungsfragen sollen beantwortet werden:
- Was stellen sich Schüler*innen unter dem Begriff „Handystrahlung" vor?
- Welche Lernendenvorstellungen lassen sich bei Schüler*innen zum Gefahrenpotential, das von Handystrahlung ausgeht, finden?
- Welche Lernendenvorstellungen lassen sich bezüglich Informationsübertragung mittels Handy identifizieren?

Methoden

Im Rahmen eines Forschungsprojektes zur Implementierung eines Unterrichtskonzepts zu elektromagnetischer Strahlung (Zloklikovits & Hopf, 2020b) wurde ein Fragebogen erstellt, um das Vorwissen der Schüler*innen zu erheben. Dieser Fragebogen enthielt fünf offene Fragen aus den Themenbereichen „Handystrahlung" und „Informationsübertragung". Für die Auswertung standen die Antworten von 167 Schüler*innen der 8. Schulstufe dreier Wiener Schulen zur Verfügung. Diese Antworten wurden mittels qualitativer Inhaltsanalyse mit induktiv entwickelten Kategorien analysiert (Kuckartz, 2016).

Ergebnisse

Vorstellungen zum Begriff „Handystrahlung"

Die Schüler*innen wurden gefragt, was sie sich unter dem Begriff Handystrahlung" vorstellen. Die meisten Schüler*innen (47 %) verstehen darunter vom Handy emittierte Strahlung. In einer weiteren Antwortkategorie gaben Schüler*innen zwar an, sich eine Art von Strahlung darunter vorzustellen, stellten in ihren Aussagen aber keinen Bezug zum Handy her (9 %). 44 % der Schüler*innen assoziieren mit dem Begriff eine schädliche Wirkung. 15 %

meinten, dass „Handystrahlung“ die vom Display emittierte, sichtbare Strahlung sei. Alle weiteren Antwortkategorien werden aus Platzgründen an dieser Stelle nicht berichtet.

Auf die Frage, welche Strahlung ein Handy aussendet, antworteten die meisten Schüler*innen „elektromagnetische“. Ein Drittel dieser Schüler*innen brachten aber auch eine gewisse Unsicherheit zum Ausdruck, weshalb zu vermuten ist, dass sie zumindest teilweise auf den Begriff „elektromagnetisch“ zurückgreifen, da sie im Vorfeld darüber informiert worden sind, dass sie an einem Forschungsprojekt zu elektromagnetischer Strahlung teilnehmen werden. Am zweithäufigsten wurde genannt, das Handys Handystrahlung aussenden. 15 % der Schüler*innen gaben an, die Antwort nicht zu kennen. Weitere Antwortkategorien beschrieben Handstrahlung als elektrische Strahlung, Blaulicht, radioaktive Strahlung, Licht, UV, oder Wärme. Vereinzelt wurde Handystrahlung als Wellen beschreiben. Mikrowellen wurde kein einziges Mal genannt.

Einschätzung des Gefahrenpotentials
Die Schüler*innen wurden gefragt, ob Handystrahlung für den Menschen gefährlich sei und gebeten, ihre Antwort zu begründen. 48 % der Schüler*innen antworteten mit einem klaren „nein“. 15 % der Schüler*innen gaben an, dass Handystrahlung nicht unbedingt gefährlich, allerdings ungesund sei. 13 % argumentierten, dass es auf die Dosis der Strahlung ankäme. 9 % der Schüler*innen bezogen keine Stellung zur Gefährlichkeit, nannten aber mindestens eine schädliche Wirkung, welche die Strahlung vermeintlich auf den menschlichen Körper habe. 8 % antworteten mit einem klaren „nein“, während 2 % angaben, es gäbe zu wenig Forschung, 2 %, dass sie es nicht wüssten und 1 % keine Antwort gab. Die verbleibenden 1 % der Antworten konnten nicht anhand des formulierten Kategoriensystems abgebildet werden.

Die Schädlichkeit von Handystrahlung wird von Schüler*innen ganz unterschiedlich begründet, beispielsweise dadurch, dass zu viel Strahlung gefährlich sei, oder dass Strahlung generell ungesund für den menschlichen Körper sei. Eine weitere Vorstellung, die dokumentiert werden konnte, ist, dass die Strahlung schädlich fürs Auge sei – dies scheint von einer Verwechslung von Handystrahlung mit dem vom Display emittierten Licht herzurühren. Weitere Effekte, die der Handystrahlung zugeschrieben werden, sind die Schädigung des Gehirns, die Verursachung von Krebs und Unfruchtbarkeit sowie die Störung des Schlafs. Vereinzelt argumentierten die Schüler*innen das Gefahrenpotential mit Radioaktivität. Die thermische Wirkung der Strahlung wurde kein einziges Mal erwähnt.

Vorstellungen zur Übermittlung von Nachrichten
Die Schüler*innen wurden gebeten zu beschreiben, wie eine Nachricht von einem Handy zum nächsten geschickt wird. Anhand unserer Daten ließen sich vier Modelle der Nachrichtenübertragung formulieren (siehe *Abb. 1*): Bei der Vermittlervorstellung wird die Nachricht an einem Punkt geschickt und von dort zum anderen Handy weitergeleitet. Dieser Punkt kann sowohl ein abstrakter Punkt, als auch ein Server, eine Cloud, eine „Hauptzentrale“ oder ein Satellit sein. Diese Vorstellung fand sich bei 23 % der Schüler*innen. 13 % der Antworten fallen unter die Kategorie „Netz“ – hierbei beschreiben Schüler*innen, dass die Weiterleitung der Nachricht über ein Netz bzw. über Verbindungen zwischen den Handys an das andere Handy erfolgt. Tatsächlich bedarf es für die Übertragung von Informationen mittels Handy ja eines Netzes, in dem sich Vermittler befinden – Aussagen, in denen zumindest ansatzweise beide Elemente vorkommen, fanden sich aber nur in ganz wenigen Einzelfällen.

6 % der Schüler*innen beschreiben, dass das Versenden von Nachrichten über das Internet funktioniert, ohne dabei dem Internet eine klare Rolle als Netz oder Vermittler zuzuschreiben. Weitere 6 % beschreiben eine Direktübertragung, bei dem die Nachricht direkt an das zweite Handy gesendet wird. 23 % der Schüler*innen beschreiben keinen Übertragungsweg, weitere 13 % gaben an, diese Frage nicht beantworten zu können, 5 % gaben keine Antwort. 3 % der Antworten verteilten sich auf weitere Kategorien, während 7 % der Antworten nicht klar kategorisiert werden konnten. Als Elemente der Übertragungskette wurden von einem Drittel der Schüler*innen Strahlung erwähnt, von 16 % Satelliten (obgleich diese für Mobilfunk und Internet keine Rolle spielen) und Masten in 8 % der Fälle. Nur 2% nannten Kabel in ihren Antworten.

Es liegt die Frage nahe, ob bzw. welches der hier berichteten Modelle der Nachrichtenübertragung als „korrekte“ Darstellung gewertet werden kann. Keine dieser Vorstellungen beschreibt das Mobilfunknetz in seiner technischen Komplexität, wobei es uns klar erscheint, dass das von Schüler*innen dieser Alterststufe auch nicht erwartet werden kann. Eine angemessene Elementarisierung bzw. Rekonstruktion der Funktionsweise des Mobilfunknetzes muss unseres Wissens nach erst erarbeitet werden. Dazu ist es notwendig, die Perspektiven der Schüler*innen zu kennen (Kattmann et al., 1997) – der vorliegende Beitrag versteht sich als Basis für weitere Untersuchungen.

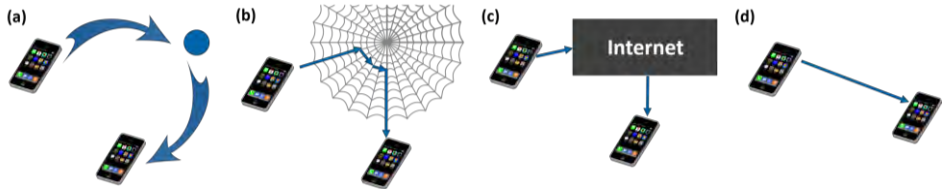


*Abb. 1: Modelle, wie sich Schüler*innen die Übertragung von Nachrichten zwischen zwei Handys vorstellen: (a) Vermittler, (b) Netz, (c) Internet, (d) Direktübertragung. Ein Modell, in denen das Netz und die Rolle der dort agierenden Vermittler verknüpft wird, konnte nicht dokumentiert werden.*

Auf die Frage, warum ein Handy Strahlung aussendet, konnte immerhin jede*r zweite Schüler*in angeben, dass es etwas mit der Übertragung von Informationen zu tun hätte. 17 % gaben den Bildschirm des Handys als Quelle der Strahlung an, 9 % vermuteten die im Handy verbaute Elektrik als Ursache. 9 % gaben an, dass ein Handy Strahlung aussende, „um zu funktionieren“, während 9 % meinten die Antwort nicht zu wissen und 7 % der Schüler*innen die Frage nicht beantwortet haben.

Fazit & Ausblick

Schüler*innen assoziieren das Wort „Handystrahlung“ mit Schädlichkeit und nur selten mit Informationsübertragung. Für die Begründung dieser Schädlichkeit nennen sie teilweise Effekte, die nicht auf die Handystrahlung zurückzuführen ist, wie die Schädigung der Augen oder die Störung des Schlafes. Es zeigt sich, dass Schüler*innen kein klares Bild über die Funktionsweise von drahtloser Kommunikation haben. Diese Ergebnisse stellen wichtige Anhaltspunkte für weitere Studien sowie für die Entwicklung adäquater Unterrichtsmaterialien dar.

Literatur

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.

Kuckartz, U. (2016). *Qualitative Inhaltsanalyse: Methoden, Praxis, Computerunterstützung* (3. Aufl.). Beltz Juventa.

Neumann, S. & Hopf, M. (2011). "Ich sehe ja, dass die Tasten strahlen!": Was sich Schülerinnen und Schüler unter "Handystrahlung" vorstellen. *Praxis der Naturwissenschaften - Physik in der Schule*, *60*(7), 46–48.

Plotz, T. (2017). Students' conceptions of radiation and what to do about them. *Physics Education*, *52*(1), 14004.

Zloklikovits, S. & Hopf, M. (2020a). Akzeptanzbefragungen zu elektromagnetischer Strahlung. In S. Habig (Vorsitz), *Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen*. https://gdcp-ev.de/?p=3802

Zloklikovits, S. & Hopf, M. (2020b). Designing a teaching-learning sequence about electromagnetic radiation for grade eight. In *Electronic Proceedings of the ESERA 2019 Conference. The beauty and pleasure of understanding: engaging with contemporary challenges through science education, Part 3* (S. 381–390).

Axel Eghtessad[1]
Sebastian Goreth[1]

[1]Pädagogische Hochschule Tirol

Erstellung von Videovignetten zu Schülervorstellungen

Die Messung von Kompetenzen der Professionellen Unterrichtswahrnehmung mit Videovignetten ist Gegenstand verschiedener Projekte bzw. Veröffentlichungen in Fachdidaktik (z. B. Krüger & Korneck, 2018) und Erziehungswissenschaft (z.B. Stürmer, Seidel & Kunina-Habenicht, 2015), sie wird in unterschiedlichen messtheoretischen Konzeptionen und forschungsmethodischen Ansätzen untersucht (Neuweg, 2015). Der Nutzen videogestützter Formate zur Förderung ebenjener Kompetenzen ist vielversprechend (Straub, Geißel & Rehm, 2020; Meister et al., 2020). Dabei steht eine systematische Aufbereitung von Lehr-Lern-Konzeptionen mit Unterrichtsvideovignetten aus. Diese wird im Projekt VidNuT (Videovignetten in Naturwissenschaft, Technik und Textil) untersucht: *Inwieweit gelingt die Förderung von Kompetenzen der Professionellen Unterrichtswahrnehmung (Schülervorstellungen) mit Videovignetten in Abhängigkeit unterschiedlicher Aufgaben- und Lehrveranstaltungsformate?* Im vorliegenden Beitrag werden die Vignettenentwicklung sowie Ergebnisse der Literaturrecherchen zur theoriebasierten Konstruktion eines Aufgabenmodells und eines Modells zur Lehrveranstaltungskonzeption beschrieben (Bolter, 2021; Glaser, 2021).

Fachdidaktisches Wissen zu Vorstellungen

Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern bilden den didaktischen Anker für die Videovignetten in VidNuT. Wissen über Fehlvorstellungen und der Umgang mit Vorverständnissen ist Teil des Professionswissen (Mikelskis-Seifert & Duit, 2007). Wissen zu Schülervorstellungen und Fähigkeiten im unterrichtlichen Umgang sind Teil fachdidaktischer Modelle des Professionswissens. Viele PCK-Ansätze beinhalten Schülervorstellungen und den Umgang damit (Wissen über das professionelle Erklären, Repräsentieren und Vermitteln von unterrichtlichen Lerninhalten) (van Driel, Verloop & Vos, 1998; Tepner et al., 2012).

Entwicklung und Einsatz von Videovignetten in der Lehramtsausbildung

Kompetenzmessungen zeigen die Wirksamkeit des Einsatzes von Videovignetten, wenn dabei Heuristiken, wie u.a. die Wahl und Konzeption des Videomaterials, umgesetzt werden (Blomberg et al., 2013; Meschede & Steffensky, 2018). In VidNuT werden mittels Storyboards gescriptete L-S-Interaktionen realisiert. Brame (2016) führt hinsichtlich des Videodesigns drei wesentliche Faktoren für Videos als effektives Bildungsinstrument (Cognitive Load, Active Learning und Engagement/ Affective Domain) sowie vier Gestaltungsaspekte (Signaling, Segmenting, Weeding, Matching modality) an. Die Bezüge zu Theorien des multimedialen Lernens (z.B. Mayer & Moreno, 2003) sind dabei offensichtlich. In VidNuT werden die Vignetten in eine digitale Lernumgebung mit steuerbarer Aufgabenbearbeitung integriert. Durch die standortübergreifende Struktur des VidNuT-Projektkonsortiums sowie der Zusammenarbeit der Fachdidaktiken mehrerer Unterrichtsfächer werden zwei Potentiale besonders nutzbar, qualitativ hochwertige Videovignetten zu erstellen. Die Vignetten werden an den Standorten erstellt, wobei der Entwicklungsprozess von standortübergreifenden Fachteams reflektiert und begutachtet wird (Abb. 1). Daneben gibt es Projekttreffen zur initialen Schulung sowie begleitende Methodensprechstunden.

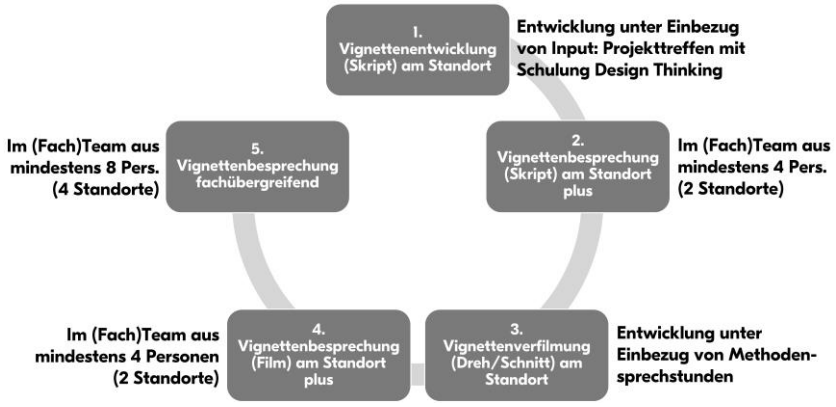


Abb. 1: Vignettenentwicklung in VidNuT: Entwicklung und Reflexion (eigene Darstellung)

In VidNuT werden in jedem der beteiligten vier Unterrichtsfächer (Chemie, Physik, Technik und Textil) zu drei Themenbereichen von (Fehl)vorstellungen (z.B. Säure-Base, Energieumwandlungen, roboterähnliche Maschinen, Faser-Farbe-Fläche) je drei gescriptete Videovignetten erstellt. Ausgangspunkt eines Scripts ist die Literaturrecherche zu relevanten Schüler-Vorstellungen. Es werden lineare und geschachtelte Unterrichtsvideovignetten erstellt. Die Videovignetten werden mitsamt Aufgabenstamm in UnterrichtOnline.org, der Videoplattform der Unterrichtsmitschau der LMU München, Projektpartner in VidNuT, eingespeist und in Kursräumen bereitgestellt. Bei der Entwicklung der Videovignetten wird daher der Aufgabenstamm zur Bearbeitung kongruent mitgeplant und ist Teil des Vignettenscripts.

Modell zur Entwicklung von Aufgaben zu- und in Videovignetten (Bolter, 2021)
Es sind zu differenzieren Aufgabenformate zum Lernen und zum Testen (Ralle et al., 2014; Keller & Reintjes, 2016). Die Literaturrecherche fokussierte auf Aufgaben zum Lernen. Es handelte sich nicht um ein Systematic Literature Review mit festgelegten Suchbegriffen.

Tab. 1: Modell zur Entwicklung von Aufgaben mit Videovignetten (Bolter, 2021)

Kategorie	Kriterien					
Bereiche des Professionswissens	Fachwissen		fachdidaktisches Wissen		pädagogisches/ bildungs-wissenschaftliches Wissen	
Thema Schüler* innenvorstellungen	Redoxreaktionen		Säuren und Basen		Nature of Science	
Art des Wissens	Faktenwissen	prozedurales Wissen	konzeptionelles Wissen	metakognitives Wissen		
kognitive Prozesse	reproduzieren	verstehen	analysieren	entwickeln/ transformieren/ bewerten		
Offenheit	definiert/konvergent		definiert/divergent		offen/divergent	
Lernunterstützung	keine		integriert		rückmeldend	
Bezug zur Berufspraxis	kein	gering	situiert/ authentisch	immersiv		
Sozialform	Einzelarbeit	Partnerarbeit	Gruppenarbeit	Plenum		
Digitalisierungsgrad Aufgabenbearbeitung	analog		digital-statisch		digital-interaktiv	
Schritt der professionellen Wahrnehmung	beobachten	beschreiben	inter-pretieren	erklären	bewerten	Handlungs-optionen entwickeln

Vorab fand eine Eingrenzung auf den Bereich der MINT-Didaktiken und der Erziehungswissenschaften statt. Es wurde keine Eingrenzung auf quantitativ-empirische Studien vorgegeben, sondern ebenso konzeptionelle Beiträge aufgenommen. Im Ergebnis der Recherche sind vor allem hochschuldidaktische Quellen berücksichtigt worden, eine gewisse Mathematiklastigkeit ist gegeben. Die Begriffe im Modell stellen eine argumentative Synthese aus den in den Quellen verwendeten Begriffen dar. Das Modell dient auch der Abgrenzung, z.B. wären in Bezug auf Schülervorstellungen Aufgaben unerwünscht, die pädagogisches Wissen berühren (Tab. 1, für die Gesamtbeschau der Quellen vgl. Bolter (2021)). Mit den Kategorien des Modells lassen sich die Wahrnehmung schulende Aufgaben zu den Videovignetten sowie eher reflektive Aufgaben zur Genese von Handlungsoptionen für den Unterricht erstellen.

Modell zur Gestaltung von Kursen/ Seminaren mit Videovignetten (Glaser, 2021)
Analog gelten die Ausführungen zur Literaturrecherche wie beim Aufgabenmodell. Bei den Projektteilnehmern herrschen vor Ort unterschiedliche Voraussetzungen, je nachdem, ob die Vignetten in einer Lehrveranstaltung im Bachelor oder Master, im Zusammenhang mit Unterrichtspraktika oder nicht, etc. eingesetzt werden. Entsprechend planen die Projektteilnehmer mit dem Modell fünf bis sechs Lehrveranstaltungs-Sitzungen à 90 Minuten Dauer. Dabei kann z.B. je nach Lernfortschritt oder äußeren Gegebenheiten zwischen transmissiv und (co)-konstruktiv, zwischen Präsenz und Distance Learning gewechselt werden.

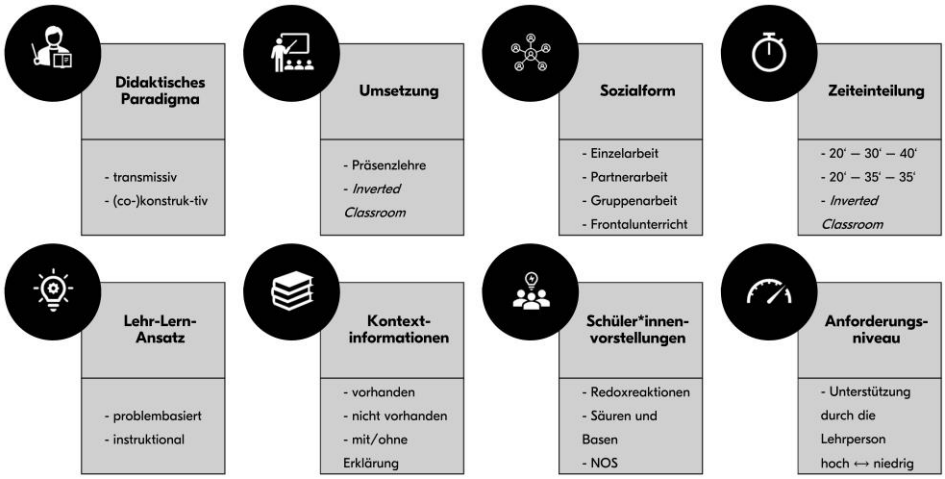


Abb. 2: Modell zur Gestaltung von Kursen/ Seminaren mit Videovignetten (Glaser, 2021). NB: Es sind als Beispiel eingefügt drei Themenbereiche für Vorstellungen aus der Chemie

Schlussbemerkungen
Im Projekt werden innovative Lehr- und Lernmaterialien entwickelt und evaluiert. Die theoriebasierten Modelle werden innerhalb des Projekts VidNuT eingesetzt und gegebenenfalls adaptiert. Es werden auch Leitfäden zur Entwicklung von und zur Arbeit mit Videovignetten unter Verwendung der hier beschriebenen Modelle erstellt, in denen für Projektexterne Erkenntnisse aufbereitet und zusammengefasst sind. Weitere Informationen zum Projekt sind der Projekthomepage www.vidnut.eu zu entnehmen.
Das Projekt wird aus Mitteln der Österreichischen Nationalagentur der Erasmus+ Förderschiene „KA226 Strategische Partnerschaften – Hochschulbildung“ gefördert.

Literatur

Blomberg, G., Renkl, A., Sherin, M., Borko, H. & Seidel, T. (2013): Five research-based heuristics for using video in pre-service teacher education. Journal of Educational Research Online 5 (1), 90-114.

Bolter, F. (2021). Professionelle Unterrichtswahrnehmung von Schüler*innenvorstellungen in den Themenbereichen Redoxreaktionen, Säure und Basen sowie Nature of Science: Konzeption von Aufgabenformaten für die Arbeit mit Videovignetten [Masterarbeit]. Universität Innsbruck, Innsbruck.

Brame, C. (2016). Effective Educational Videos: Principles and Guidelines for Maximizing Student Learning from Video Content. CBE life sciences education 15 (4), np. DOI: 10.1187/cbe.16-03-0125.

Glaser, V. (2021). Professionelle Unterrichtswahrnehmung von Schüler*innenvorstellungen mit unterschiedlichen Seminarkonzepten fördern: Konzeption von Lehr-Lernmodulen und Evaluations-Interviews zur Arbeit mit Schüler*innenvorstellungen [Masterarbeit]. Universität Innsbruck, Innsbruck.

Keller, S. & Reintjes, C. (Hrsg.). (2016). Aufgaben als Schlüssel zur Kompetenz: Didaktische Herausforderungen, wissenschaftliche Zugänge und empirische Befunde (1. Aufl.). Münster: Waxmann.

Krüger, M. & Korneck, F. (2018). Professionelle Wahrnehmung im Chemie- und Physikunterricht: Gemeinsamkeiten und Unterschiede aktueller Forschungsvorhaben. In S. Bernholt (Hrsg.), Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht - norrmative und empirische Dimensionen, 38, S. 54-57. Regensburg: Universität Regensburg.

Mayer, R. & Moreno, R. (2003). Nine Ways to Reduce Cognitive Load in Multimedia Learning. Educational Psychologist 38 (1), 43–52. DOI: 10.1207/S15326985EP3801_6.

Meister, S., Nitz, S., Schwanewedel, J. & Upmeier zu Belzen, A. (2020). Diagnostische Fähigkeiten Lehramtsstudierender: Förderung mit Videovignetten und Anwendung im Lehr-Lern-Labor. In B. Priemer & J. Roth (Hrsg.), Lehr-Lern-Labore: Konzepte und deren Wirksamkeit in der MINT-Lehrpersonenbildung (S. 223–247). Springer.

Meschede, N. & Steffensky, M. (2018). Methodologische Perspektive: Audiovisuelle Daten als Lerngelegenheiten in der Lehrer/innenbildung. In M. Sonnleitner, S. Prock, A. Rank & P. Kirchhoff (Hrsg.), Video- und Audiografie von Unterricht in der LehrerInnenbildung: Planung und Durchführung aus methodologischer, technisch-organisatorischer, ethisch-datenschutzrechtlicher und inhaltlicher Perspektive, 21-36. Opladen: Budrich.

Mikelskis-Seifert, S. & Duit, R. (2007). Physik im Kontext – Innovative Unterrichtsansätze für den Schulalltag. MNU, 60/5, 265-274.

Neuweg, G. H. (2015). Kontextualisierte Kompetenzmessung. Eine Bilanz zu aktuellen Konzeptionen und forschungsmethodischen Zugängen: Contextualized competence measurement. Taking stock of current conceptions and research-methodological approaches. Zeitschrift für Pädagogik, 61(3), 377-383.

Ralle, B., Prediger, S., Hammann, M. & Rothgangel M. (Hrsg.) (2014). Lernaufgaben entwickeln, bearbeiten und überprüfen. Münster: Waxmann.

Straub, F., Geißel, B. & Rehm, M. (2020). Der Einsatz von Vignetten im Rahmen der Techniklehrerbildung. In M. E. Friesen, J. Benz, T. Billion-Kramer, C. Heuer, H. Lohse-Bossenz, M. Resch & J. Rutsch (Hrsg.), Vignettenbasiertes Lernen in der Lehrerbildung: Fachdidaktische und pädagogische Perspektiven. Weinheim: BeltzJuventa, 153-165.

Stürmer, K., Seidel, T. & Kunina-Habenicht, O. (2015). Unterricht wissensbasiert beobachten. Unterschiede und erklärende Faktoren bei Referendaren zum Berufseinstieg. Zeitschrift für Pädagogik, 61(3), 345–360.

Tepner, O., Borowski, A., Dollny, S., Fischer, H., Sczudlek, M., Kirschner, S., Leutner, D., Neuhaus, B., Sandmann, A., Sumfleth, E., Thillmann, H. & Wirth, J. (2012). Modell zur Entwicklung von Testitems zur Erfassung des Professionswissens von Lehrkräften in den Naturwissenschaften. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 18, 7–28..

Van Driel, J.H., De Vos, W. & Verloop, N. (1998). Relating students' reasoning to the history of science: The case of chemical equilibrium. Research in Science Education 28, 187. https://doi.org/10.1007/BF02462904

Larissa Hahn[1] [1]Universität Göttingen
Pascal Klein[1]

Kognitive Entlastung durch Zeichenaktivitäten? Eine empirische Untersuchung im Kontext der Vektoranalysis

Um Konzepte der Vektoranalysis wie die Divergenz in physikalischen Kontexten anzuwenden, ist ein konzeptionelles Verständnis der Operatoren notwendig. Bisherige empirische Forschungsergebnisse berichten jedoch von studentischen Schwierigkeiten im Umgang mit dem Divergenzkonzept und fordern daher – in Einklang mit lerntheoretischen Erkenntnissen – den Einsatz multipler Repräsentationen. Zu diesem Zweck wurden Lehr-Lern-Materialien entwickelt, die einen visuellen Zugang zum Divergenzkonzept anhand fachdidaktischer Elementarisierungen ermöglichen. Dieser Beitrag stellt erste Ergebnisse einer Wirksamkeitsstudie ($N = 54$) vor, die den Einfluss unterstützender Zeichenaktivitäten auf die kognitive Belastung und den Lernerfolg als Zwischensubjektfaktor untersucht.

Theoretischer Hintergrund

Auf Grundlage bisheriger Forschungsergebnisse zum qualitativen Verständnis der Divergenz von Vektorfeldern betonen WissenschaftlerInnen den Einsatz (multipler) visueller Repräsentationen zur Förderung des Konzeptwissens zur Divergenz (z.B. Bollen, van Kampen, Baily, Kelly & De Cock, 2017; Klein, Viiri, Mozaffari, Dengel & Kuhn, 2018; Singh & Maries, 2013). Für die Analyse der dabei stattfindenden Lernprozesse eignen sich vor allem kognitionspsychologische Lerntheorien; so untersucht die Cognitive Theory of Multimedia Learning nach Mayer (2005) Lernprozesse im Zusammenhang mit Text (auch Formeln) und Bildern (Schnotz & Bannert, 2003) und bezieht sich dabei auf das Arbeitsgedächtnismodell nach Baddeley (1986), das verschiedene Kanäle begrenzter Kapazität postuliert. An dieser Stelle knüpft die Cognitive Load Theory an, die sich mit der kognitiven Belastung beim Wissenserwerb beschäftigt (Sweller, 2010). Sie unterscheidet dabei (1) die intrinsische kognitive Belastung des Lerngegenstands, (2) die extrinsische kognitive Belastung durch die Darstellung des Lernmaterials, und (3) die lernbezogene kognitive Belastung durch die Arbeitsgedächtnisressourcen, die Lernende dem Lerngegenstand widmen.

Die visuelle Interpretation der Divergenz von Vektorfeldern basiert auf drei sequenziell ablaufenden, mentalen Prozessen: (1) der Zerlegung einzelner Vektoren eines Vektorfelddiagramms in ihre Komponenten, (2) der Aufrechterhaltung dieser Zerlegung, und (3) der Beurteilung ihrer (Längen-)Änderung in Richtung der Basisvektoren des Koordinatensystems (Hahn & Klein, 2021). Die Veränderung einer Größe (hier: Länge der Komponente) in Abhängigkeit einer anderen (hier: kartesische x-/y-Koordinate), die sog. Kovariation, kennzeichnet dabei ein typisches Prinzip in der Physik, für dessen Beurteilung mentale Gedächtnisoperationen (Zerlegung, Aufrechterhaltung, Abgleich) essentiell sind. Diese stellen jedoch besondere Anforderungen an das visuell-räumliche Arbeitsgedächtnis und sorgen so für eine erhöhte kognitive Belastung (Baddeley 1986; Logie 1995). Bisherige Forschung in diesem Bereich zeigt, dass die Externalisierung visuell-räumlicher Informationen das Arbeitsgedächtnis entlasten kann und so eine effektive Ausführung anderer Aufgaben ermöglicht (z.B. Bilda & Gero, 2005). Ein Ansatz, der diese Externalisierung umsetzt, ist das Skizzieren visueller Hilfen, welches die visuell-räumlichen Anforderungen des spezifischen Lerngegenstands erfüllt. Es ermöglicht, mehr Aufmerksamkeit auf Details zu legen (Ainsworth & Scheiter, 2021), was hilft, Konzepte visuell zu verstehen (Wu & Rau,

2018). Im Einklang damit berichten bisherige Studien von positiven Lerneffekten beim Einsatz von Zeichenaktivitäten in (multi-)repräsentationalen Lernumgebungen (z.B. Kohnle, Ainsworth & Passante, 2020; Leopold & Leutner, 2012; Wu & Rau, 2018).

Forschungsfrage

Welchen Einfluss hat die Implementation von Zeichenaktivitäten in eine multi-repräsentationale Lehr-Lern-Umgebung zur Divergenz von Vektorfeldern auf die wahrgenommene kognitive Belastung der Studierenden während der Bearbeitung des Lehr-Lern-Materials (LLM) und beim anschließenden Problemlösen?

Material und Methoden

Die Stichprobe besteht aus 54 Physikstudierenden (B. Sc. und Lehramt) vorwiegend aus dem zweiten Fachsemester an der Georg-August-Universität Göttingen. Diese absolvierten zuerst einen Konzepttest zur Vektorkomponentenzerlegung und Divergenz, bevor sie das LLM zur visuellen Interpretation der Divergenz bearbeiteten (Abb. 1). Anschließend beantworteten sie einen mehrteiligen Posttest (Problemlösen) und einen Fragebogen zu den mentalen Anforderungen durch das LLM sowie bei der Anwendung der erlernten Strategie im Posttest. Abschließend fand ein Interview statt. Im Zuge der Bearbeitung des LLM wurde die Stichprobe in zwei gleichstarke Gruppen unterteilt, die sich darin unterschieden, dass das LLM der Interventionsgruppe (IG) Zeichenaktivitäten beinhaltete, wohingegen die Kontrollgruppe (KG) ohne Zeichenaktivitäten arbeitete. Die Gruppen wiesen keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich ihres Vorwissens sowie verschiedener soziodemographischer Variablen auf.

Der Fragebogen zu den mentalen Anforderungen enthielt zehn Items eines etablierten Instruments zur Messung der kognitiven Belastung (Leppink, Paas, Van der Vleuten, Van Gog & Van Merriënboer, 2013) sowie elf weitere LLM-spezifische Items. Neben der Analyse der drei Arten kognitiver Belastung wurde eine explorative Faktorenanalyse auf Basis aller 21 Items durchgeführt (Kaiser-Kriterium, Varimax-Rotation). Der Vergleich der Belastungsskalen von Interventions- und Kontrollgruppe erfolgte mithilfe ungepaarter t-Tests.

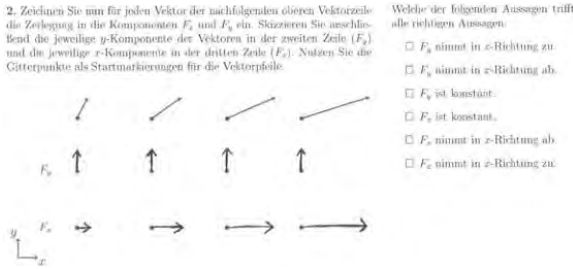
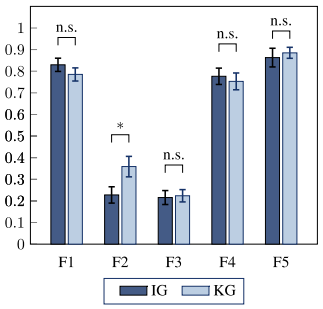


Abb. 1: Lehr-Lern-Materialien (LLM) zur Komponentenzerlegung mit Zeichenaktivitäten. Die Kontrollgruppe bearbeitete die gleiche Aufgabe ohne Zeichenaktivitäten.

Ergebnisse

Die drei Arten kognitiver Belastung (Leppink et al., 2013) unterscheiden sich nicht signifikant zwischen Interventions- und Kontrollgruppe. Beide Gruppen nehmen eine geringe intrinsische sowie extrinsische Belastung wahr (Mittelwerte < 0.25); die lernbezogene Belastung wird als hoch empfunden (0.75 ± 0.21). Darüber hinaus ergibt die explorative Faktorenanalyse (Bartlett-Test $\mathrm{X}^2(210) = 756.79, p < 0.001; KMO = 0.74$) fünf Faktoren, die sich auf Basis einer Durchmischung der Items von Leppink et al. (2013) und LLM-spezifischen Items bilden und durch semantische Analyse inhaltlich gut interpretierbar sind ($\alpha = 0.85 - 0.91$). Abb. 2

(links) stellt die Faktoren für beide Gruppen gegenüber. Es zeigen sich gruppenunabhängige Deckeneffekte bei den Faktoren, die sich auf die (sprachliche) Qualität des LLM (F1 bzw. F5) sowie die wahrgenommene Verständnisverbesserung beziehen (F4). Zudem wird deutlich, dass die Interventions- gegenüber der Kontrollgruppe von einer signifikant geringeren mentalen Belastung durch die Ausführung der erlernten Strategie berichtet (F2; $t(66) = 2.33$, $p = 0.02$, $d = 0.57$). Die Analyse von F2 auf Itemebene (Abb. 2 rechts) ergibt Effektstärken des Gruppenunterschieds von $0.41 - 0.62$ (kleine bis mittlere Effekte nach Cohen, 1988).



Items des Faktors F2:

Item 1:	Die Anwendung der Strategie zur Beurteilung Der Divergenz war für mich sehr anstrengend.
Item 2:	Ich fand es schwierig, mich bei zweidimensionalen Feldern auf eine Feldkomponente einzuschränken.
Item 3:	Ich fand es anstrengend, mich auf eine Reihe bzw. Spalte zu konzentrieren, um die partielle Ableitung zu evaluieren.
Item 4:	Ich fand es schwierig, die Veränderung von Vektorfeldkomponenten zu beurteilen.

*Abb. 2: Vergleich der Faktoren wahrgenommener mentaler Belastung (links) zwischen IG und KG. F1 - Qualität des LLM; F2 - Kognitive Belastung der Strategie; F3 - Komplexität der Thematik; F4 - Verständnisverbesserung; F5 - Sprachliche Qualität des LLM (1 SEM; n.s. nicht signifikant; * signifikant $p < 0.05$). Items von F2 zur Belastung durch die Anwendung der Strategie (rechts).*

Diskussion und Ausblick

Die klassischen Faktoren kognitiver Belastung nach Leppink et al. (2013) ergeben keinen signifikanten Gruppenunterschied; dieser zeigt sich erst bei Einbeziehung der LLM-spezifischen Items, wo Studierende der Interventionsgruppe, die mit Zeichenaktivitäten arbeiteten, von einer signifikant geringeren kognitiven Belastung durch spezifische Aufgabenanforderungen berichten als Studierende der Kontrollgruppe (keine Zeichenaktivitäten). Dies steht im Einklang mit bisherigen Studien zum Einsatz von Zeichenaktivitäten in (multi-) repräsentationalen Lernumgebungen, die von einem positiven Effekt des Zeichnens beim Lernen berichten (z.B. Kohnle, Ainsworth & Passante, 2020). Außerdem unterstützt dieses Ergebnis die dargelegten theoretischen Prämissen, dass das Skizzieren als Externalisierung visuell-räumlicher Informationen – in diesem Fall das Zeichnen der Komponenten eines Vektorfelddiagramms zur Beurteilung ihrer Veränderung – zur Entlastung des Arbeitsgedächtnisses im Lern- und Problemlöseprozess beitragen kann (z.B. Bilda & Gero, 2005). Mit Blick auf einzelne Items empfinden dabei Studierende der Interventions- gegenüber der Kontrollgruppe die Konzentration auf eine Spalte oder Zeile und die Beurteilung der (Längen-)Änderung als weniger anstrengend. Dies zeigt den Mehrwert des Skizzierens bei der Evaluation der Kovariation von Komponenten und Koordinaten.

Insgesamt unterstützt der gefundene Gruppenunterschied in der kognitiven Belastung den Einsatz von Zeichenaktivitäten beim Lernen mit Vektorfelddiagrammen und legt eine Anwendung bei ähnlichen vektoranalytischen Konzepten, z.B. der Rotation, nahe. Außerdem zeigt sich Potential zur Entwicklung zeichenbasierter LLM zum Kovariationsprinzip sowohl im Kontext von Vektorfeldern als auch für andere visuelle Repräsentationen in der Physik (z.B. Diagramme der Kinematik). Im Hinblick auf die vorliegende Studie werden im nächsten Schritt verschiedene Performanzkriterien (Antwortkorrektheit und -sicherheit) sowie die Verbaldaten aus den Interviews zwischen den Gruppen verglichen und untereinander trianguliert, um einen tieferen Einblick in den Einfluss der Zeichenaktivitäten zu gewinnen.

Literatur

Ainsworth, S.E. & Scheiter, K. (2021). Learning by drawing visual representations: Potential, purposes, and practical implications. Current Directions in Psychological Science, 30 (1), 61–67

Baddeley, A.D. (1986). Working Memory. Oxford, UK: Oxford University Press

Bilda, Z. & Gero, J.S. (2005). Does sketching off-load visuo-spatial working memory? In J.S. Gero & N. Bonnardel (Eds.), Studying Designers '05. Sydney: Key Centre of Design Computing and Cognition, 145–159

Bollen, L., Van Kampen, P., Baily, C., Kelly, M., & De Cock, M. (2017). Student difficulties regarding symbolic and graphical representations of vector fields. Physical Review Physics Education Research, 13 (2), 020109

Cohen, J. (1988). Statistical power analysis for the behavioral sciences. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates

Hahn, L. & Klein, P. (2021). Multiple Repräsentationen als fachdidaktischer Zugang zum Satz von Gauß - Qualitative Zugänge zur Interpretation der Divergenz von Vektorfeldern. In J. Grebe-Ellis & H. Grötzebauch (Eds.), PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung. Fachverband Didaktik der Physik, Virtuelle DPG-Frühjahrstagung 2021, 95–100

Klein, P., Viiri, J., Mozaffari, S., Dengel, A., & Kuhn, J. (2018). Instruction-based clinical eye-tracking study on the visual interpretation of divergence: How do students look at vector field plots? Physical Review Physics Education Research, 14 (1), 010116

Kohnle, A., Ainsworth, S.E. & Passante, G. (2020). Sketching to support visual learning with interactive tutorials. Physical Review Physics Education Research, 16 (2), 020139

Leopold, C. & Leutner, D. (2012). Science text comprehension: Drawing, main idea selection, and summarizing as learning strategies. Learning and Instruction, 22 (1), 16–26

Leppink, J., Paas, F., Van der Vleuten, C.P., Van Gog, T., & Van Merriënboer, J.J. (2013). Development of an instrument for measuring different types of cognitive load. Behavior Research Methods, 45 (4), 1058–1072

Logie, R.H. (1995). Visuo-Spatial Working Memory. Hove, UK: Lawrence Erlbaum

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

Schnotz, W. & Bannert, M. (2003). Construction and interference in learning from multiple representation. Learning and Instruction, 13 (2), 141–156

Singh, C. & Maries, A. (2013). Core graduate courses: A missed learning opportunity? In P.V. Engelhardt, A.D. Churukian & N.S. Rebello (Eds.), AIP Conference Proceedings, 2012 Physics Education Research Conference (Bd. 1513, S. 382–385). Philadelphia, PA: AIP

Sweller, J. (2010). Element interactivity and intrinsic, extraneous, and germane cognitive load. Educational Psychology Review, 22 (2), 123–138

Wu, S.P. & Rau, M.A. (2018). Effectiveness and efficiency of adding drawing prompts to an interactive educational technology when learning with visual representations. Learning and Instruction, 55, 93–104

Johannes Lewing[1]
Susanne Schneider[1]

[1]Universität Göttingen

Interessenstudie - Energie in biologischen und technischen Kontexten

Theoretischer Hintergrund und Forschungsinteresse

Sowohl auf nationaler als auch auf internationaler Ebene haben kontextorientierte Unterrichtsansätze Einzug in naturwissenschaftliche Schulstandards gefunden (Waddington, Nentwig & Schanze, 2007). Dabei verfolgt die Einbettung fachlicher Inhalte in lebensweltliche Kontexte zwei miteinander verschränkte Zielbereiche (Parchmann et al., 2006; Kuhn et al., 2010). Zunächst soll durch den Bezug mit der Alltagswelt der Schülerinnen und Schülern Sinn gestiftet und Interesse geweckt werden. Durch ein höheres Interesse innerhalb einer Lernsituation können lernförderliche Faktoren wie Aktivierung oder Flow-Erleben gesteigert werden, die wiederum zu einer höheren Lernleistung führen können (Gilbert, 2006). Nach Krapp (1992) wird Interesse als Person-Gegenstands-Beziehung verstanden, das sich zum einen aus dem relativ stabilen individuellen Interesse einer Person an einem Gegenstand und der Interessantheit als Merkmal der Lernumgebung zusammensetzt. Die Interaktion beider Komponenten bewirkt die Interessiertheit einer Person in einer Lernsituation, was deren Handlung beeinflusst und als situationales Interesse (SI) instrumentell erfass werden kann (vgl. Laukenmann et al., 2000; Engeln, 2004).

Metastudien zeigen, dass kontextbasierte Ansätze zu einem erhöhten Interesse an Naturwissenschaften führen, während die Lernleistung auf einem ähnlichen Niveau wie bei traditionellen Ansätzen bleibt (Bennett, Lubben & Hogarth, 2007; Taasoobshirazi & Carr, 2008). Anschließend an diese Befunde stellt sich die Frage, welche Kontexte besonders zur Interessenförderung geeignet sind und von welchen Kontext- und Persönlichkeitsmerkmalen dies beeinflusst wird (vgl. van Vorst et al., 2015; Habig, van Vorst & Sumfleth, 2018). Interessenstudien haben diesbezüglich naturwissenschaftliche Fragestellungen identifiziert, an denen Lernende besonders interessiert sind (Hoffmann, Häußler & Lehrke, 1998; Sjøberg & Schreiner, 2010). Während Mädchen eher an lebenswissenschaftlichen Fragen interessiert sind, interessieren sich Jungen stärker als Mädchen für den Themenbereich Technik (Holstermann & Bögeholz, 2007). Im Beitrag soll nun untersucht werden, inwiefern sich diese Befunde bestätigen lassen, wenn solche Themenbereiche als einbettende Kontexte für identische physikalische Lernumgebungen genutzt werden, sodass folgende Forschungsfragen formuliert wurden:

FF1. Lässt sich das SI insbesondere von Mädchen durch den Einsatz biologischer Kontexte im Vergleich zu technischen Kontexten für konzeptionell identische physikalische Lernaufgaben erhöhen?

FF2. Welchen Einfluss haben individuelles Interesse (an Physik, Biologie, Technik) und die Schulnote in Physik auf das SI beim Bearbeiten von kontextualisierten Aufgaben?

Studiendesign und Methodik

Zur Beantwortung der Forschungsfragen wurden in Kooperation mit Lehrkräften und Biologiedidaktikerinnen drei Lernumgebungen entwickelt, in denen verschiedene Aspekte des Energiekonzepts behandelt werden (Tab. 1). Das Energiekonzept als interdisziplinäres zentrales naturwissenschaftliches Basiskonzept hat sich dabei als besonders geeignet für eine Anwendung in verschiedenen Kontexten erwiesen. Die Lernumgebungen sind ähnlich aufgebaut

LU	Technischer Kontext	Biologischer Kontext
E1	Verbrennungsmotor	Ernährung und Stoffwechsel
	Aufg. 1: Energieumwandlungskette der im Informationstext genannten Umwandlungen Aufg. 2: Kalorimeter (Funktionsweise, Brennwertbestimmung, Anwendung auf Kontext) Aufg. 3: Wirkungsgrad (Bestimmung der Arbeit, Bestimmung des Wirkungsgrads, Begründung der Energieverluste)	
E2	Solarzellen	Fotosynthese
	Aufg. 1: Energieumwandlungskette der im Informationstext genannten Umwandlungen Aufg. 2: Strahlungsleistung der Sonne (Bestimmung der Strahlungsleistung durch experimentelle Daten, Diskussion der Messwerte und des Aufbaus) Aufg. 3: Bestimmung des Wirkungsgrads von Solarzellen bzw. Pflanzen	
E3	Heizen im Winter	Tiere im Winter
	Aufg. 1: Wärmeleitung im Teilchenmodell (Erklärung der Wärmeleitung, Wärmeleitung von festen, flüssigen und gasförmigen Stoffen) Aufg. 2: Modellexperiment zur Wärmeleitung bei unterschiedlicher Umgebungstemperatur (Beschreibung des Experiments, Deutung experimenteller Daten im Diagramm)	

Tabelle 1: Kontexte und physikalische Inhalte der drei Lernumgebungen (LU)

und beginnen mit einem kurzen kontextspezifischen einleitenden Text und einer Abbildung. Es werden dann zwei bis drei Leitfragen gestellt, die innerhalb der Lernumgebung beantwortet werden. Bevor die Lernaufgaben starten, führt ein Informationstext (Umfang ca. 200 Wörter) tiefer in den Kontext ein. Jede Lernumgebung kann entweder in einem biologischen Kontext oder in einem technischen Kontext bearbeitet werden, wobei sich Einleitung und Informationstext unterscheiden, während die danach folgenden physikalischen Lernaufgaben konzeptionell identisch sind. Unter Beibehaltung der Oberflächenstrukturen und der kognitiven Anforderung kann somit durch die parallelen Aufgabenpaare der Einfluss einer systematischen Variation des Kontexts untersucht werden. Die Lernumgebungen wurden mittels einer Studie lauten Denkens pilotiert und mit gestuften Hilfen versehen, um die Teilnehmenden bei der erfolgreichen Bearbeitung der Aufgaben zu unterstützen.

Die Zielgruppe der Studie sind Schülerinnen und Schüler der 10. Jahrgangsstufe des Gymnasiums. Aufgrund der Corona-Pandemie wurde die Intervention als Online-Studie mittels LimeSurvey erstellt und über die Physiklehrkräfte von 15 niedersächsischen Gymnasien an die Schülerinnen und Schüler weitergegeben. Im Verlauf der Intervention füllen die Schülerinnen und Schüler zunächst Fragebögen zu ihren individuellen Interessen und ihrem Selbstkonzept sowohl in Physik, als auch zu den Kontextbereichen Technik und Biologie aus (Abbildung 1). Im Anschluss werden ihnen zwei der drei Lernumgebungen zugelost, von denen eine im biologischen und die andere im technischen Kontext eingebettet ist. Jeweils im Anschluss an die Bearbeitung einer Lernumgebung folgen ein Fragebogen zum SI und zwei Items zur kognitiven Belastung. Schließlich werden das Geschlecht und die letzte Physiknote erfragt.

Ergebnisse und Diskussion

Es haben 552 Schülerinnen und Schüler den Fragebogen zu Beginn zum individuellen Interesse und Selbstkonzept ausgefüllt, aber nur von 315 Teilnehmenden liegen vollständige Datensätze der gesamten Intervention vor, die für die folgende Auswertung verwendet werden.

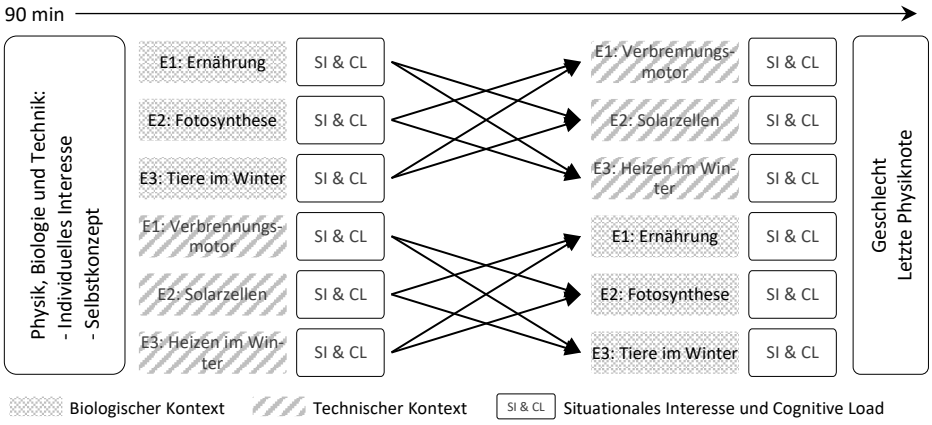


Abb. 1: Ablauf der Intervention. Messinstrumente zum individuellen Interesse und Selbstkonzept stammen aus der BIJU-Studie (Daniels, 2008). Die Fragebögen zum situationalen Interesse und zum Cognitive Load wurden von Haugwitz (2009) übernommen und angepasst.

Innerhalb des SI konnten eine emotionale und eine wertbezogene Komponente durch eine Faktorenanalyse identifiziert werden (vgl. Krapp, 1999). Aufgrund der Abhängigkeit der Messwerte wurden die Daten mittels Mehrebenenregressionen modelliert, sodass die übergeordnete Ebene durch die Teilnehmenden gebildet wird, da diese jeweils zwei Lernumgebungen bearbeiten. Die ordinalskalierten Daten wurden z-standardisiert und die kategorialen Variablen als Dummy kodiert. Unter Kontrolle der Lernumgebung und des Zeitpunkts der Bearbeitung sind signifikante Geschlechtereffekte in Abhängigkeit des Kontextbereichs festzustellen. So ist das emotionsbezogene SI von Mädchen in biologischen Kontexten höher als in technischen Kontexten ($\beta = 0.20, \mathrm{SE}(\beta) = 0.07, p = 0.003, 95\,\%$ KI für β $[0.07, 0.34]$). Bei Jungen dagegen ist diese Komponente des SI in technischen Kontexten höher ausgeprägt als in biologischen Kontexten ($\beta = 0.18, \mathrm{SE}(\beta) = 0.09, p = 0.041, 95\,\%$ KI für β $[0.01, 0.35]$). Innerhalb der biologischen Kontexte zeigen Mädchen ein höheres emotionsbezogenes SI beim Bearbeiten der Aufgaben als Jungen ($\beta = 0.26, \mathrm{SE}(\beta) = 0.12, p = 0.024$, $95\,\%$ KI für β $[0.04, 0.48]$). Die Kontexteffekte auf die wertbezogene Komponente sind schwächer ausgeprägt und zum Teil nicht signifikant. Werden zur Beantwortung der zweiten Forschungsfrage die erhobenen Skalen zum individuellen Interesse und die letzte Physiknote in die Modellierung durch die Mehrebenenregression einbezogen, so zeigt sich ein Effekt des Interesses am Kontextbereich (Biologie oder Technik) auf das SI, wobei die emotionale Komponente stärker als die wertbezogene beeinflusst wird. Das wertbezogene SI wird stärker als das emotionale SI durch das individuelle Interesse an Physik bestimmt. Die letzte Physiknote und das Geschlecht zeigen in diesem Modell keinen signifikanten Einfluss auf das SI.

Diskussion

Die Ergebnisse zeigen erwartungsgemäß, dass durch Variation des Kontexts das SI und in besonderem Maße die emotionale Komponente beeinflusst werden kann. Im Sinne der Interessenentwicklung kann die wertbezogene Komponente als Hold-Facette aufgefasst werden (Mitchell, 1993). Dass auch diese Komponente durch den Einsatz eines geeigneten Kontexts beeinflusst wird, zeigt die Bedeutsamkeit der Kontextwahl und motiviert, in zukünftigen Studien die langfristige Interessenentwicklung unter Einsatz geeigneter Kontexte zu untersuchen. Die Aussagekraft der Ergebnisse wird durch die hohe Abbruchrate beeinträchtigt.

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.

Engeln, K. (2004). Schülerlabors: Authentische, aktivierende Lernumgebungen als Möglichkeit, Interesse an Naturwissenschaften und Technik zu wecken. Dissertation. Studien zum Physiklernen: Band 36. Berlin: Logos Verlag.

Gilbert, J. K. (2006). On the Nature of "Context" in Chemical Education. International Journal of Science Education, 28(9), 957–976.

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.

Haugwitz, M. (2009). Kontextorientiertes Lernen und Concept Mapping im Fach Biologie (Duisburg, Essen, Univ., Diss.).

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, 71-86.

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.

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

Laukenmann, M., Bleicher, M., Fuß, S., Gläser-Zikuda, M., Mayring, P., & Rhöneck, C. von (2000). Eine Untersuchung zum Einfluss emotionaler Faktoren auf das Lernen im Physikunterricht. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 6, 139–155.

Mitchell, M. (1993). Situational interest: Its multifaceted structure in the secondary school mathematics classroom. Journal of Educational Psychology, 85(3), 424–436.

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.

Sjøberg, S., & Schreiner, C. (2010). The ROSE project: An overview and key findings. Oslo: University of Oslo: Oslo: University of Oslo.

Taasoobshirazi, G., & Carr, M. (2008). A review and critique of context-based physics instruction and assessment. Educational Research Review, 3(2), 155–167.

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.

Waddington, D. J. (Ed.) (2007). Standards in science education: Making it comparable. Münster: Waxmann.

Fabien Güth[1]
Helena van Vorst[1]

[1]Universität Duisburg-Essen

Untersuchung der Kontextwahl unterschiedlicher Schülergruppen im Chemieunterricht

Theoretischer Hintergrund

Zu den erwarteten Auswirkungen der pandemiebedingten Schulschließungen zählt die weiter zunehmende Heterogenität der Lernenden (Hammerstein et al., 2021). Eine häufig genutzte Strategie im Umgang mit heterogenen Lernvoraussetzungen im Unterricht ist die innere Differenzierung der Lerngruppe. Innere Differenzierung bezeichnet die Anpassung der Lerninhalte für kleinere Gruppen von Schülerinnen und Schülern, die auf Basis bestimmter Personenmerkmale (z. B. dem Leistungsstand) zusammengesetzt sind (Bönsch, 2004). Bisherige Forschungsansätze können solchen Differenzierungsansätzen häufig keine hinreichende Wirksamkeit attestieren (Smale-Jacobse et al., 2019), betrachten für den Chemieunterricht dabei aber vor allem leistungsbezogene Differenzierung (z.B. Kallweit & Melle, 2017). Potenzial könnte auch in einem interessenbezogenen Differenzierungsansatz liegen, bei dem unterschiedliche Kontexte genutzt werden, um die Interessen der Lernenden zu adressieren. Kontexte sind hierbei außerfachliche Situationen, die als Ausgangspunkt zur Fachwissensentwicklung genutzt werden (Bennett, 2016). Die bisherige naturwissenschafts-didaktische Forschung fokussiert dabei vor allem den Einsatz unterschiedlicher Themenfelder, in denen diese Kontexte eingebettet sind (u. a. Broman et al., 2018; Gijsbers et al., 2020). Habig et al. (2018) verweisen allerdings auch auf den Einsatz von Kontexten mit unterschiedlichen übergeordneten Merkmalen, basierend auf einem literaturbasierten Modell zur systematischen Kontextbeschreibung (van Vorst et al., 2015). In diesem Zusammenhang wurde allerdings noch nicht hinreichend aufgeklärt, welche Kontexte für welche Lernenden geeignet sind.

Forschungsfragen

Entsprechend liegen dem nachfolgend vorgestellten Projekt folgende Forschungsfragen zugrunde:

FF1: Welche Schülergruppen lassen sich bei ihrer Kontextwahl hinsichtlich ihrer Personenmerkmale unterscheiden und welche Kontextpräferenz zeigen diese?
FF2: Wie bewerten die Lernenden ihre Wahlentscheidung im Hinblick auf Zufriedenheit, situationales Interesse und kognitive Belastung?

Methodik

Im Rahmen einer quantitativen Studie wurden 495 Lernende aus dem dritten Lernjahr an sieben Gymnasien und Gesamtschulen mithilfe von Fragebögen befragt.

Zunächst wurden die demografischen Daten, das Leseverständnis (Schneider et al., 2017), das Vorwissen in Chemie (Çelik, in Vorbereitung), das Interesse an Chemie (Wild & Krapp, 1995), das chemiebezogenen Selbstkonzept (Hoffmann et al., 1998), das Freizeitinteresse (Albert et al., 2019) und die Berufswahlperspektive (Kunter et al., 2002) erfasst. Anschließend

konnten die Lernenden zwischen fünf unterschiedlichen Kontextaufgaben wählen: zwei alltäglichen Kontexten, zwei besonderen Kontexten und einem innerfachlichen Kontext. Alle Kontextaufgaben waren vollkommen identisch hinsichtlich des Fachinhalts und der äußeren Merkmale (z.B. Layout, Textstruktur, Textlänge), um die Kontextwahl möglichst eindeutig auf das entsprechende Kontextmerkmal zurückzuführen. Danach wurde ein zweiter Fragebogen eingesetzt, um die Lernenden hinsichtlich ihrer Wahlmotive (van Vorst & Aydogmus, 2021) zu befragen. Daraufhin haben die Lernenden die gewählte Kontextaufgabe bearbeitet. Zuletzt wurden die Zufriedenheit mit der gewählten Aufgabe (Eigenentwicklung), das situationale Interesse (Engeln, 2004) und die kognitive Belastung (Schwamborn et al., 2011) erhoben.

Ergebnisse und Diskussion

Die Qualität des Vorwissenstests wurde mithilfe der *Item-Response-Theory* überprüft. Die eingesetzten Items zeigen eine gute Passung zum eindimensionalen Raschmodell ($0.87 \leq$ wMNSQ ≤ 1.10; $-1.99 \leq$ ZSTD ≤ 1.55). Die Qualität der übrigen Testinstrumente wurde durch eine explorative Faktorenanalyse mit anschließender Reliabilitätsanalyse beurteilt. Die gebildeten Skalen zeigen eine ausreichende Reliabilität ($.68 \leq$ Cronbach's $\alpha \leq .95$).

Kontextwahl der Lernenden

Die meisten Lernenden (63.6%) dieser Stichprobe haben sich für einen alltäglichen Kontext entschieden. Ferner haben 20.1% einen besonderen Kontext und 16.3% einen innerfachlichen Kontext gewählt.

Die gemessenen Personenmerkmale wurden in einer anschließenden K-Means-Clusteranalyse genutzt, um Schülergruppen zu identifizieren, die sich hinsichtlich dieser Merkmale ähnlich sind. Die Ergebnisse der Clusteranalyse verweisen auf vier Cluster, die unterschiedliche Profile aufweisen (Abb. 1).

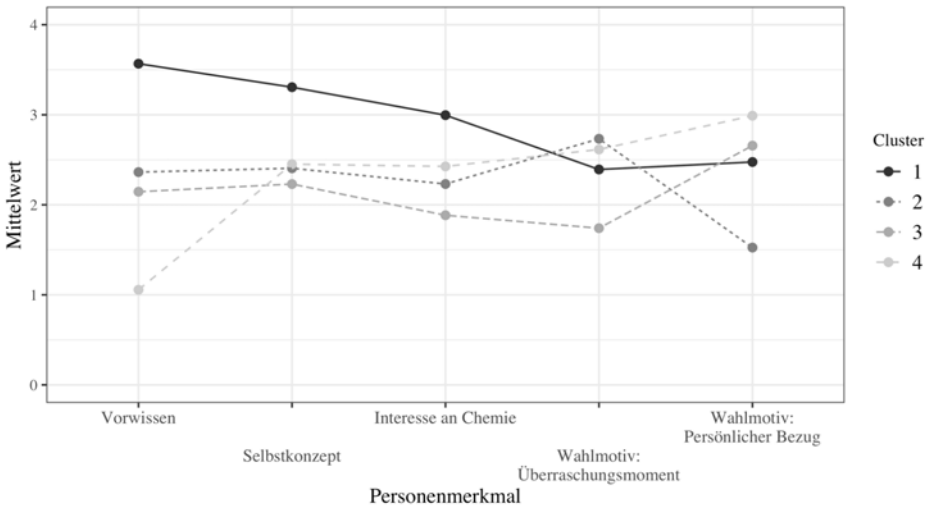


Abbildung 1: Ausprägung der Personenmerkmale in den vier Clustern.

Die Lernenden aus dem ersten Cluster weisen das höchste Vorwissen in Chemie, das höchste Interesse an Chemie und das höchste chemiebezogene Selbstkonzept auf. Die Wahlmotive Überraschungsmoment und persönlicher Bezug sind ungefähr gleich wichtig. In diesem Cluster (37.8%) wählen mehr Lernende einen innerfachlichen Kontext als in der gesamten Stichprobe. Die leistungsstärksten Schülerinnen und Schüler benötigen möglicherweise keinen außerfachlichen Kontext, da sie mehr über Chemie an sich lernen wollen. Im zweiten Cluster sind Lernende mit einem mittleren Vorwissen, Interesse und Selbstkonzept. Hier ist das Wahlmotiv Überraschungsmoment besonders wichtig. 60.0% der Lernenden entscheiden sich in diesem Cluster für einen besonderen Kontext. Hier könnte der unbekannte Anwendungsbezug des besonderen Kontextes einen besonderen Anreiz darstellen, über den die Lernenden ihr Wissen erweitern können. Lernende mit einem niedrigen Vorwissen, Interesse und Selbstkonzept gehören dem dritten Cluster an. Das vorrangige Wahlmotiv in diesem Cluster ist der persönliche Bezug. Ein Großteil der Lernenden (84.5%) wählt in diesem Cluster einen alltäglichen Kontext. Im letzten Cluster werden Lernende mit ähnlichem Interesse und Selbstkonzept wie die Lernende aus dem zweiten Cluster zusammengefasst. Allerdings ist das Vorwissen in Chemie sehr viel geringer. Ferner ist das Wahlmotiv Überraschungsmoment ähnlich ausgeprägt, wie im zweiten Cluster, wobei das Wahlmotiv persönlicher Bezug noch bedeutender ist. Hier wählen die Lernenden (81.1%) am häufigsten einen alltäglichen Kontext. Für diese Schülergruppen könnte der Alltagsbezug nötig sein, damit sich die Lernenden überhaupt mit Chemie beschäftigen.

Evaluation der Kontextwahl

Zur Beantwortung der zweiten Forschungsfrage wurden deskriptive und inferenzstatistische Methoden (z.B. ANOVAs) genutzt, um Unterschiede in der Zufriedenheit nach der Aufgabenbearbeitung, dem situationalen Interesse und der kognitiven Belastung in Abhängigkeit vom gewählten Kontextmerkmal zu identifizieren. Die Datenanalyse zeigt, dass sich die Lernenden in einem Cluster nicht im Hinblick auf die Zufriedenheit, das situationale Interesse und die kognitive Belastung in Abhängigkeit vom gewählten Kontextmerkmal unterscheiden. Demzufolge scheinen alle Lernenden einen Kontext gewählt zu haben, der passend ist.

Die Zufriedenheit nach der Aufgabenbearbeitung und das situationale Interesse werden vorrangig durch die Merkmale einer Person (z. B. das Interesse an Chemie) beeinflusst. Ein lineares Regressionsmodell zeigt, dass das Interesse an Chemie einen signifikanten Einfluss auf das situationale Interesse nach der Aufgabenbearbeitung hat ($F(1,333) = 82.43$, $p < .001$, $R^2 = .20$).

Ausblick

Die hier dargestellten Ergebnisse können für einen evidenzbasierten Differenzierungsansatz im Chemieunterricht genutzt werden. In einer weiteren Studie soll untersucht werden, welche Effekte eine interessengestützte Differenzierung im Chemieunterricht hat. Zu diesem Zweck wird ein Empfehlungssystem entwickelt (Khanal et al., 2020), das jedem Lernenden einen Kontext vorschlägt, der zu den individuellen Personenmerkmalen passt.

Literatur

Albert, M., Hurrelmann, K. & Quenzel, G. (2019). *Jugend 2019: eine Generation meldet sich zu Wort*. Beltz.

Bennett, J. (2016). Bringing Science to Life. In A. Pilot, P. d. Brok & R. Taconis (Hrsg.), *Teachers creating context-based learning environments in science* (21-39). SensePublishers.

Bönsch, M. (2004). *Differenzierung in Schule und Unterricht: Ansprüche, Formen, Strategien*. *EGS-Texte*. Oldenbourg.

Broman, K., Bernholt, S. & Parchmann, I. (2018). Using model-based scaffolds to support students solving context-based chemistry problems. *International Journal of Science Education*, *40*(10), 1176–1197. https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1470350

Çelik, K. (in Vorbereitung). *Entwicklung von chemischem Fachwissen in der Sekundarstufe I*. Universität Duisburg-Essen.

Engeln, K. (2004). *Schülerlabors: authentische, aktivierende Lernumgebungen als Möglichkeit, Interesse an Naturwissenschaften und Technik zu wecken*. 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. https://doi.org/10.1080/0020739X.2019.1682698

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

Hammerstein, S., König, C., Dreisoerner, T. & Frey, A. (2021). *Effects of COVID-19-Related School Closures on Student Achievement—A Systematic Review.* https://doi.org/10.31234/osf.io/mcnvk

Hoffmann, L., Häußler, P. & Lehrke, M. (1998). *Die IPN-Interessenstudie Physik* (Bd. 158). IPN.

Kallweit, I. & Melle, I. (2017). Selbsteinschätzungsbögen als Instrument zur individuellen Förderung im Chemieunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *23*(1), 143–163. https://doi.org/10.1007/s40573-017-0063-6

Khanal, S. S., Prasad, P., Alsadoon, A. & Maag, A. (2020). A systematic review: machine learning based recommendation systems for e-learning. *Education and Information Technologies*, *25*(4), 2635–2664. https://doi.org/10.1007/s10639-019-10063-9

Kunter, M., Schümer, G., Artelt, C., Baumert, J., Klieme, E., Neubrand, M., Prenzel, M., Schiefele, U., Schneider, W., Stanat, P., Tillmann, K.-J. & Weiß, M. (2002). *PISA 2000: Dokumentation der Erhebungsinstrumente*. *Materialien aus der Bildungsforschung: Nr. 72*. Max-Planck-Inst. für Bildungsforschung. http://hdl.handle.net/hdl:11858/00-001M-0000-0023-9987-C

Schneider, W., Schlagmüller, M. & Ennemoser, M. (2017). *LGVT 5-12: Lesegeschwindigkeits- und -verständnistest für die Klassen 5-12: Manual*. Hogrefe.

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. https://doi.org/10.1016/j.chb.2010.05.028

Smale-Jacobse, A. E., Meijer, A., Helms-Lorenz, M. & Maulana, R. (2019). Differentiated Instruction in Secondary Education: A Systematic Review of Research Evidence. *Frontiers in psychology*, *10*, 2366. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.02366

van Vorst, H. & Aydogmus, H. (2021). One context fits all? – analysing students' context choice and their reasons for choosing a context-based task in chemistry education. *International Journal of Science Education*, 1–23. https://doi.org/10.1080/09500693.2021.1908640

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

Wild, K.-P. & Krapp, A. (1995). Elternhaus und intrinsische Lernmotivation. *Zeitschrift für Pädagogik*, *41*(4), 579–595.

Christin Sajons[1] [1] Universität Oldenburg
Michael Komorek[1]

Aktivierung kognitiver und motivationaler Dynamik im Schülerlabor

Defizite der Schülerlaborforschung. Eine Vielzahl von Studien seit 2004 belegen, dass von Schülerlaboren ein gewisser Einfluss auf das situative Interesse und die Motivation zum wissenschaftlichen Denken und Arbeiten ausgeht (z.B. Pawek, 2009; Weßnigk, 2013; Itzek-Greulich, 2014; Huwer, 2015; Rodenhauser, 2016). Itzek-Greulich, Blankenburg und Schwarzer (2016) haben in einer randomisierten Studie gezeigt, dass sich die positiven Effekte nicht nur auf den Ort an sich, sondern im Besonderen auf die dort genutzten Methoden und die didaktische Strukturierung beziehen lassen. Allerdings ist empirisch zu wenig geklärt, welche kognitiven (vgl. Anderson, 2013; Edelmann & Wittmann, 2012) und motivationalen (Lewalter, 2005) Prozesse während des Schülerlaborbesuchs ablaufen, wenn sich Schüler/innen mit angebotenen fachlichen Inhalten auseinandersetzen und wie sich Schülerlaborangebote hinsichtlich spezifischer Bildungsziele weiterentwickeln lassen, indem empirische Daten einen Abgleich zwischen Zielen, Mitteln und Prozessen genutzt werden.

Forschungsaufgaben. Daher verfolgt die vorliegende Studie (Sajons, 2020) in Kooperation mit drei Schülerlaboren folgende Forschungsaufgaben:
Forschungsaufgabe 1: Perspektiven der Anbietenden erheben: Welche Ziele verfolgen Schülerlabore? Inwiefern decken sich diese mit aktuell diskutierten Bildungszielkonzepten?
Forschungsaufgabe 2: Angebote der Lernorte didaktisch analysieren: Wie ist die didaktische Struktur der Schülerlaborangebote zu charakterisieren? Welche potenziell beobachtbaren Prozesse (kognitiv, motivational bzw. Handlungen) lassen sich daraus ableiten?
Forschungsaufgabe 3: Nutzung der Angebote modellieren: Wie nutzen die Schüler/innen die Angebote im Schülerlabor? Welche Handlungen und kognitiven Verarbeitungsprozesse sowie motivationalen Prozesse laufen dabei ab?
Forschungsaufgabe 4: Angebote variieren, erproben und Nutzung erneut modellieren: Wie lassen sich konkrete Angebote auf Basis der didaktischen Analyse und der empirischen Daten so variieren, dass die Potentiale der Schülerlabore ausgeschöpft werden?

Analysewerkzeug zur Modellierung von Lehr-Lern-Prozessen. Um zu untersuchen, zu welchen Denk- und Lernprozessen die Schüler/innen durch das Schülerlaborangebot angeregt werden, ist ein Analysewerkzeug entwickelt worden, das eine Doppelfunktion erfüllt. Zum einen ermöglicht es, die didaktische Struktur der betrachteten Angebote zu analysieren, zum anderen unterstützt es die empirische Erhebung der ablaufenden Denk- und Lernprozesse der Schüler/innen. Fokussiert wird dabei auf drei zentrale Dimensionen, die jeweils mit zwei Polen herausgearbeitet wurden: auf die Orientierung der Angebote an Kontexten (kontextualisiert vs. dekonstextualisiert), die Integration von Problemlöseaufgaben (Problemlöseaufgaben vs. instruktionsorientierte Aufgaben) und die Unterstützung der Autonomie der Schüler/innen (selbstgesteuert vs. fremdgesteuert). Die Pole sind komplementär, haben also jeweils eine positive Bedeutung für das Lernen. Die Fokussierung auf die drei Dimensionen lässt sich durch allgemein akzeptierte Bildungsziele (z.B. Scientific Literacy (OECD, 2019); BNE (UNESCO, 2008); verschiedene Bildungsstandards und Kerncurricula) und durch die erhobenen Ziele der Lernortleitenden legitimieren.

Um das Analysewerkzeug auszudifferenzieren, damit es sowohl die Sachstruktur der Angebote als auch die Lernstruktur auf Schülerseite nachzuzeichnen vermag, werden kognitive Verarbeitungsprozesse wie Wahrnehmen, Begriffsbilden, Kontextualisieren/ Dekontextualisieren, Planvolles Handeln oder Problemlösen und motivationale Prozesse wie die Autonomiewahrnehmung, Kompetenzwahrnehmung oder die Relevanzwahrnehmung herangezogen und den drei Dimensionen zugeordnet.

Design-based Research als Forschungsrahmen. Als Rahmenmodell für den Forschungsprozess wird der Ansatz des Design-based Research (DBR) gewählt (Reinmann, 2005, van den Akker, Gravenmeijer, McKenney & Nieveen, 2006), der es erlaubt, vorhandene didaktische Designs wie Angebote in Schülerlaboren datenbasiert und auf Basis von didaktischen Analysen weiterzuentwickeln. Zudem kann beim DBR spezifisches, generalisiertes Wissen über das Lernen und Agieren in Schülerlaboren gewonnen werden. Unter konstruktivistischer Perspektive ist die didaktische Struktur des Designs zunächst ein Angebot, das von den Schüler/innen genutzt wird, nicht aber zwangsläufig in der von den Laboren beabsichtigten Weise. Um das Verhältnis von Angebot und Nutzung zu beschreiben, ist das Angebots-Nutzungs-Modell nach Helmke (2012) spezifiziert nach Meier (2015) herangezogen worden.
An jedem der drei Lernorte ist je ein Angebot der Labore in einer SWOT-Analyse fachdidaktisch auf Stärken und Schwächen hin analysiert worden. Mit Hilfe des Analyseinstruments sind die Ausprägungen der Kontext-, der Problem- sowie der Autonomieorientierung und die damit verbundenen potenziellen kognitiven Verarbeitungsprozesse und potenziellen motivationalen Prozesse kategorisiert worden. Diese zunächst hypothetischen Stärken und Schwächen sind dann empirisch validiert worden, indem empirische Daten zu kognitiven und motivationalen Prozessen der Schüler/innen erhoben worden sind. Dazu ist ein Teil der Schüler/innen beobachtet und entlang eines teilstrukturierten Leitfadens in einem ethnografischen Interview zu ihren Aktivitäten, zu den von ihnen wahrgenommenen fachlichen Inhalten, zu den Zusammenhängen, die sie herstellen, und zu motivationalen Aspekten befragt worden. Alle Schüler/innen haben zudem Pre-Post-Fragebögen zum Wissen und zur Einschätzung des Angebots bearbeitet. Analyseergebnisse, empirische Ergebnisse und Überlegungen zu Zielen sind systematisch aufeinander bezogen worden, sodass Veränderungen der Angebote abgeleitet werden konnten, die im Sinne des zyklischen Design-based Research-Prozesses erneut empirisch untersucht worden sind.

Ergebnisse. Die Arbeit führt per Design-based Research zu Optimierungen der Angebote. Gleichzeitig werden Ergebnisse auf drei Generalisierungsebenen (Reinmann, 2005) beschrieben. a) Bereichsspezifische Generalisierungen gelingen dadurch, dass vergleichbare Erkenntnisse an den Lernorten dazu gewonnen werden konnten, wie Lernangebote mit Hilfe der drei Dimensionen zu charakterisieren sind und wie sie hinsichtlich Kognitionen und Motivation von Schüler/innen genutzt werden. b) Auf der Ebene der „Design-Prinzipien“ werden Leitlinien für die Analyse und Weiterentwicklung von Angeboten formuliert, die sich wiederum auf Kontextualisierung, Einsatz von Problemlöseaufgaben, Unterstützung von Autonomie beziehen. c) Und auf der Ebene der „Design-Methodologien“ werden Erkenntnisse über die Zusammenarbeit von Forschenden und Praktiker/innen an den Lernorten gewonnen. Darüber hinaus wurden zwei Formate zur Weiterbildung von pädagogisch Verantwortlichen in Schülerlaboren entwickelt.

Bereichsspezifische Generalisierungen zu Lehr-Lernprozessen. Es zeigt sich, dass bei den drei analysierten Laborangeboten ein Ungleichgewicht in der Ausrichtung der didaktischen Struktur hinsichtlich Kontext- und Problemorientierung sowie hinsichtlich der Autonomieorientierung vorliegt, was sich negativ auf die kognitiven und motivationalen Prozesse der Schüler/innen auswirkt. Die daraus abgeleiteten Veränderungen der Angebote wurden gemeinsam mit den Lernorten vorgenommen und erneut empirisch begleitet. Zentrale Änderungen der didaktischen Struktur lagen in folgenden Bereichen: Durch den Einsatz narrative Anker und eine stärkere Thematisierung der genutzten Kontexte wird die Bedeutung und Einordnung der einzelnen Aufgaben erhöht. Dekontextualisierende Phasen werden als solche expliziert und betont. Es werden zudem vermehrt Problemlöseaufgaben eingebettet, die mit den Kontexten in Verbindung stehen. Instruktionsorientierte Aufgaben haben aber weiterhin als Mittel der Differenzierung ihre Funktion. Und schließlich werden Phasen des selbstbestimmten Arbeitens mit den Problemlöseaufgaben explizit ermöglicht. Geführte Plenumsphasen behalten aber ihre Funktion darin, dass die Schüler/innen zusammenkommen und ihre Aktivitäten auf das Gesamtziel des Laborvormittags beziehen. Generalisierend ließ sich zeigen, dass die neu eingestellten Balancen bei den Schüler/innen zu einem besseren Verständnis der fachlichen Inhalte und Zusammenhänge führt sowie die Motivation erhöht, sich mit den Aufgaben zu beschäftigen.

Generalisierungsebne Design-Frameworks. Auf Grundlage der empirisch validierten Stärken und Schwächen der Angebote und der bereichsspezifischen Generalisierungen konnten Leitlinien für die Gestaltung von Schülerlaborangeboten formuliert werden, die sich an Verantwortliche von Schülerlaboren richten. Dabei gründen die Leitlinien nicht nur auf den empirischen Erkenntnissen dieser Studie, sondern beziehen sich auch auf allgemein anerkannte Bildungsziele und spezifische Ziele der Schülerlabore. Die Leitlinien drücken aus, wie Schülerlaborangebote problem-, kontext- und autonomiebasiert gestaltet werden können, sodass kognitive Verarbeitungsprozesse und Motivationen unterstützt werden.

Generalisierungsebene der „Design-Methodologien“. In der Zusammenarbeit zwischen Forschenden und Laborbetreibenden können mehrere Aspekte generalisiert werden: Damit Veränderungen in Schülerlaboren stattfinden können, muss den dort aktiven Praktiker/innen der Bedarf deutlich gemacht werden. In der vorliegenden Studie hat es sich dabei als Schlüssel erwiesen, Diskrepanzen zwischen den Zielen der Lernorte und den rekonstruierten Prozessen auf Schülerseite herauszuarbeiten und sie mit Originalzitaten der Schüler/innen bzw. der Lernortleitenden zu untermauern. Dabei kann man sich generell auf drei Reaktionstypen einstellen hinsichtlich vorgebrachter Veränderungsvorschläge, den Bereitwilligen, den Renitenten und den Vermittelnden. Jede/r ist anders anzusprechen und hat eine wichtige Funktion im Veränderungsprozess. So weist etwa der/die "Renitente" auf gedankliche Brüche der Vorschläge der Forschenden hin, was sehr notwendig ist.

Handreichung und Fortbildungskonzept für Schülerlabore. Aufbauend auf den Ergebnissen wurde eine Handreichung für Laborbetreibende zur Selbstreflexion (Sajons & Komorek unveröffentlichtes Papier) sowie ein Fortbildungskonzept für Laborbetreibende entwickelt. Beide Formate sollen den Betreibenden helfen, die ablaufenden Prozesse in ihren Angeboten besser zu verstehen, indem sie sich gegenseitig kollegial beraten sowie einzelne Schüler/innengruppen bei ihrer Arbeit im Schülerlabor begleiten und befragen.

Literatur

Anderson, J. R. (2013). Kognitive Psychologie. Berlin: Springer.

Edelmann, W. & Wittmann, S. (2012). Lernpsychologie. Weinheim: Beltz.

Helmke, A. (2012). Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität. Seelze-Velber: Kallmeyer.

Huwer, J. (2015). Nachhaltigkeit + Chemie im Schülerlabor: Forschendes Experimentieren im Kontext einer naturwissenschaftlich-technischen Umweltbildung. Dissertation. Universität des Saarlandes. Zugriff am 15.04.2020 unter https://publikationen.sulb.uni-saarland.de/bitstream/20.500.11880/23098/1/Dissertation _Abgabe_SULB.pdf

Itzek-Greulich, H. (2014). Einbindung des Lernorts Schülerlabor in den naturwissenschaftlichen Unterricht – Empirische Untersuchung zu kognitiven und motivationalen Wirkungen eines naturwissenschaftlichen Lehr-Lernarrangements. Tübingen: Eberhard Karls Universität.

Itzek-Greulich, H., Blankenburg, J. S., & Schwarzer, S. (2016). Aktuelle Untersuchungen und Wirkungen von Schülerlaboren. Vor- und Nachbereitung als Verknüpfung von Schülerlaborbesuchen und Schulunterricht. LeLa magazin (14), 5-7.

Lewalter, D. (2005). Der Einfluss emotionaler Erlebensqualitäten auf die Entwicklung der Lernmotivation in universitären Lehrveranstaltungen. Zeitschrift für Pädagogik Jahrgang 51 – (5) 2005, 642-655.

Meier, A. (2015). Motivation, Emotion und kognitive Prozesse beim Lernen in der Lernwerkstatt. Berlin: Logos.

OECD (2019), PISA 2018 Assessment and Analytical Framework. PISA, OECD Publishing, Paris. Zugriff am 15.04.2020 unter https://www.oecd-ilibrary.org/education/pisa-2018-assessment-and-analytical-framework_b25efab8-en.

Pawek, C. (2009). Schülerlabore als interesseförderndе außerschulische Lernumgebungen für Schülerinnen und Schüler aus der Mittel- und Oberstufe. Dissertation. Universität Kiel. Zugriff am 17.04.2020 unter https://www.dlr.de/schoollab/Portaldata/24/Resources/dokumente/Diss_Pawek.pdf

Reinmann, G. (2005). Innovation ohne Forschung? Ein Plädoyer für den Design-Based Research-Ansatz in der Lehr-Lernforschung. Unterrichtswissenschaft 33, 52-69.

Rodenhauser, A. (2016). Bilinguale biologische Schülerlaborkurse: Konzeption und Durchführung sowie Evaluation der kognitiven und affektiven Wirksamkeit. Dissertation. Bergische Universität Wuppertal. Zugriff am 17.04.2020 unter http://elpub.bib.uni-wuppertal.de/servlets/DerivateServlet/Derivate-6080/dc1626.pdf

Sajons, C. (2020). Kognitive und motivationale Dynamik in Schülerlaboren. Kontextualisierung, Problemorientierung und Autonomieunterstützung der didaktischen Struktur analysieren und weiterentwickeln (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 302). Berlin: Logos.

Sajons, C.; Komorek, M. (unveröffentlichtes Papier). Fibel zur Selbstauswertung von Angeboten im Schülerlabor.

UNESCO (2008). Inclusive Education: The Way of the Future, International Conference on Education, 48th session. Final Report. Geneva: UNESCO.

van den Akker, J., Gravemeijer, K., McKenney, S. & Nieveen, N. (2006). Introducing educational design research. In: J. van den Akker, S. McKenney & N. Nieveen (Hrsg.), Educational Design Research (S. 3-7). London: Routledge.

Weßnigk, S. (2013). Kooperatives Arbeiten an industrienahen außerschulischen Lernorten. Dissertation. Christian-Albrechts-Universität Kiel. Zugriff am 17.04.2020 unter https://macau.uni-kiel.de/servlets/MCRFileNodeServlet/dissertation_derivate_00004630/dissertation_susanne_wessnigk.pdf

Sarah Zöchling[1,2]
Martin Hopf[1]
Julia Woithe[2]
Sascha Schmeling[2]

[1]Universität Wien
[2]CERN, Genf

Interesse an Teilchenphysik – Konzeptualisierung und Testentwicklung

In einer Kooperation der Universität Wien und des CERN wird ein Forschungprojekt zum Interesse von Schüler*innen an Teilchenphysik durchgeführt. Ziel des Projekts ist herauszufinden, wie man das Interesse von Schüler*innen an Teilchenphysik wecken kann, indem Teilchenphysik in bedeutsame Kontexte gesetzt wird. Verschiedene Kontexte werden verglichen, um diejenigen zu identifizieren, die gleichermaßen und sehr interessant für alle Schüler*innen sind. Zum Beispiel könnten Anwendungen der Teilchenphysik in Medizin oder Kultur interessant für Schüler*innen sein und deshalb als bedeutsame Kontexte für Lerneinheiten zur Teilchenphysik dienen.

Forschungsrahmen

Das Interesse von Schüler*innen an Physik korreliert mit ihren Kurs- und Berufsentscheidungen (Blankenburg & Scheersoi, 2018). Von Krapp und Prenzel (2011) wurde „Interesse“ definiert als der subjektive Wert, den man dem Wissen über ein Objekt zuordnet. Das theoretische Konstrukt „Interesse“ umfasst emotionale, wertbezogene, und kognitiv-epistemische Komponenten (Krapp & Prenzel, 2011). Die Entwicklung von Interesse kann mit dem „4-Phasen-Modell der Interessensentwicklung“ beschrieben werden (Hidi & Renninger, 2006). Dieses Modell erklärt, wie sich das situationale Interesse in individuelles Interesse entwickelt. Dabei herrscht zu Beginn die emotionale Komponente vor, doch die wertbezogene und die kognitiv-epistemische gewinnen von Phase zu Phase an Bedeutung (Hidi & Renninger, 2006). Frühere Studien zum Interesse von Schüler*innen an Naturwissenschaften haben auf interessante (a) Inhalte (z. B. Pumpe) und (b) Kontexte (z. B. Herz) fokussiert. Es wurde gezeigt, dass der Kontext einen grösseren Einflus auf das Interesse der Schüler*innen hat als der Inhalt (Häussler, Lehrke & Hoffmann, 1998; Bennett, Lubben & Hogarth, 2007). Da sich die Schüler*innen in ihren Präferenzen unterscheiden, wurden sie in verschiedene Interessenstypen kategorisiert (Häussler, Lehrke & Hoffmann, 1998). Manche Kontexte (z. B. der menschliche Körper) sind aber für alle Schüler*innen gleichermaßen und sehr interessant (Häussler, Lehrke & Hoffmann, 1998).

Forschungsinteresse

Frühere Studien zum Interesse von Schüler*innen haben Inhalte der modernen Physik, wie etwa Teilchenphysik, nicht beinhaltet. Deshalb führen wir eine Kohortenquerschnittsstudie durch, die von zwei Forschungsfragen geleitet wird:

FF1: Welche Kontexte der Teilchenphysik sind mehr (oder weniger) interessant für deutschsprachige Schüler*innen im Alter von 14 bis 15 Jahren?

FF2: In welche verschiedenen Levels des Interesse an Teilchenphysik können deutschsprachige Schüler*innen im Alter von 14 bis 15 Jahren kategorisiert werden?

Wir nehmen an, (1) dass Alltagskontexte, wie etwa der menschliche Körper oder Natur, für Schüler*innen interessanter sind als rein wissenschaftliche Kontext (z. B. qualitative Physik) (2) dass Schüler*innen auf einem fokussierten Interessenslevel nur an Teilchenphysik in

Alltagskontexten interessiert sind und (3) dass Schüler*innen auf einem breiten Interessenslevel nur an Teilchenphysik in rein wissenschaftlichen Kontexten interessiert sind.

Forschungsdesign

Um das Interesse von Schüler*innen an Teilchenphysik zu erforschen, wurde eine Online-Kohortenquerschnittsstudie durchgeführt,. Dazu entwickelten wir ein Instrument, um das Interesse an Teilchenphysik zu messen („IPPI": *Instrument to measure Particle Physics Interest*), basierend auf der „IPN Interessensstudie Physik", Think-aloud Interviews mit Schüler*innen (N=16, April-Mai 2020) und einem Feldtest (N=99, Juni 2020) (Zöchling, Hopf, Woithe & Schmeling, 2020). Das IPPI besteht aus einem Einführungstext und 11 Rating-Skala Items. Jedes Item präsentiert Teilchenphysik in einem anderen Kontext. Die Schüler*innen drücken ihr Interesse an jedem Item auf einer 5-kategorigen Rating Skala aus, die von „Mein Interesse daran ist ..." *sehr groß* (=5) bis *sehr gering* (=1) reicht. Eine Einladung zur Studienteilnahme wurde direkt an mehrere zufällig ausgewählte Lehrende in AT, CH und DE sowie über zwei Mailing-Listen (AT: „Plus Lucis", DE: „Netzwerk Teilchenwelt") ausgesandt. Insgesamt haben 1049 Schüler*innen im Alter von 14 bis 15 Jahren aus AT (N=788), CH (N=180) und DE (N=81) von Juni bis Juli 2021 an der Studie teilgenommen.

Analyse und Ergebnisse

Die gesammelten Daten wurden mithilfe des Rasch Mixed Rating Scale Modells analysiert. Die Analyseergebnisse von drei verschiedenen Modellen wurden verglichen, von nur einem Interessenstyp (d. h. die Stichprobe kann nicht in verschiedene Interessenstypen eingeteilt werden) zu einer Kategorisierung in drei Interessenstypen. Der BIC-Wert wurde als Modellgütekriterium herangezogen. Ein Modell mit einem kleineren BIC-Wert beschreibt die Daten besser als andere Modelle mit höheren BIC-Werten. Die Analyse ergab, dass der BIC-Wert des 3-Typen-Modells am kleinsten ist, und das 3-Typen-Modell somit die Daten am besten beschriebt. Die Delta-BIC-Werte liefern starke Evidenz gegen die 1-Typ- und 2-Typen-Modelle ($\Delta BIC_{3-1} = 776,\ \Delta BIC_{3-2} = 205$). Die Stichprobe kann folglich in drei verschiedene Interessenstypen kategorisiert werden. Dann wurden die Item-Hierarchien der drei Interessenstypen analysiert, die aus der Rasch-Analyse resultierten. Eine Item-Hierarchie zeigt, welche Items mehr (oder weniger) interessant sind. Wir fanden, dass die Item-Hierarchien der Typen 1 und 2 ident sind, jedoch verschieden von Typ 3. Deshalb untersuchten wir, wie Schüler*innen des Typ 1 und 2 die Kategorien der Rating Skala verwenden. Wir fanden, dass Schüler*innen des Typ 1 kaum Extremwerte der Rating Skala verwenden, wohingegen Schüler*innen des Typ 2 häufig Extremwerte verwenden. Schüler*innen des Typ 1 und 2 unterscheiden sich also lediglich in ihrem Antwortverhalten, aber nicht bei der Item-Hierarchie. Deshalb analysierten wir diese Item-Hierarchie, die für 75 % der Schüler*innen (Typ 1 und 2) gilt, um die Interessenslevel von Schüler*innen zu definieren und zu charakterisieren (siehe Abb. 1). Die Analyse der Item-Hierarchie zeigte, dass die interessantesten Items Teilchenphysik in einem Kontext präsentieren, der Bezug hat zum menschlichen Körper, zu gesellschaftlichen Problemen und zu den existentiellen Fragen der Menschheit. Wir argumentieren, dass diese Kontexte Emotionen wecken und dass Schüler*innen auf dem hypothetisierten, fokussierten Interessenslevel nur an diesen Kontexten interessiert sind. Items, die Teilchenphysik in einem Alltagskontext mithilfe konkreter Beispiele präsentieren, wurden als weniger interessant gewertet. Wir argumentieren, dass diese Kontexte den persönlichen Wert betonen. Basierend auf diesem Ergebnis führen wir das offene Interessenslevel ein. Schüler*innen auf dem offenen Interessenslevel sind

zusätzlich interessiert an Alltagskontexten. Die am wenigsten interessant gewerteten Items präsentieren Teilchenphysik in Kontexten mit Bezug zu Wissenschaft und Technik. Wir argumentieren, dass nur Schüler*innen auf dem hypothetisierten, breiten Interessenslevel an Teilchenphysik in diesen kognitiv-epistemischen Kontexten interessiert sind. Diese Charakterisierung von Interessensleveln passt zur Hierarchie der Interessenskomponenten (emotional, wertbezogen und kognitiv-epistemisch), die im „4-Phasen-Modell der Interessensentwicklung" beschrieben ist (Hidi & Renninger, 2006).

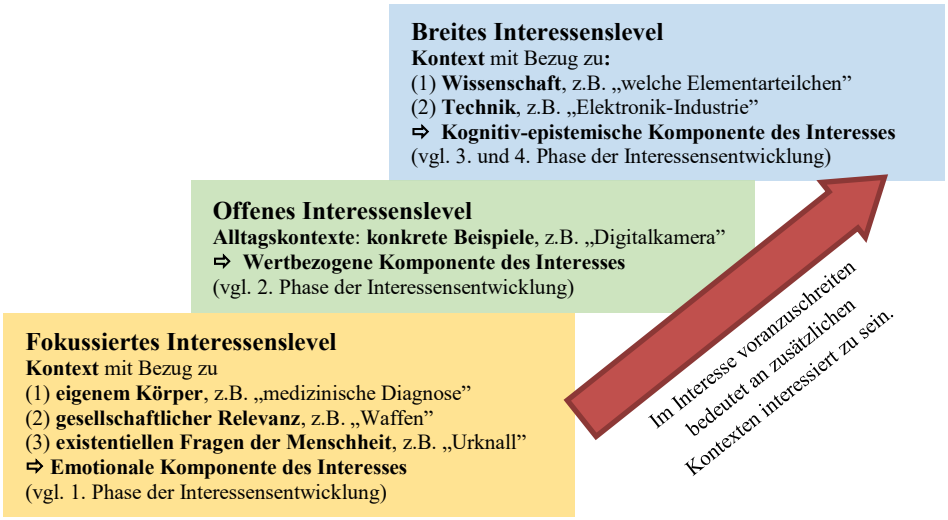


*Abb. 1: Charakterisierung der drei Level von Interesse an Teilchenphysik, die für 75 % der Schüler*innen gilt und auf der Item-Hierarchie basiert, die aus der Rasch Analyse resultiert*

Diskussion, nächste Schritte und Implikationen für die Praxis

Unsere Studie zeigte, dass eine Item-Hierarchie für 75 % der Schüler*innen gültig ist. Bezüglich unserer Forschungsfragen wurde klar, (1) dass Items als mehr (oder weniger) interessant gewertet werden in Abhängigkeit des Kontexts und (2) dass Schüler*innen in drei Level von Interesse an Teilchenphysik kategorisiert werden können, jedes assoziiert mit bestimmten Kontexten. Dabei sind Schüler*innen an zusätzlichen Kontexten interessiert, wenn sie in ihrem Interesse, d. h. von Level zu Level, voranschreiten. Unsere nächsten Schritte sind, (1) die Eigenschaften von Schüler*innen auf verschiedenen Leveln zu evaluieren, z. B. physikbezogenes Selbstkonzept, und (2) unsere Ergebnisse zum Interesse an Teilchenphysik mit dem Interesse an Mechanik, einem Inhaltsbereich der klassischen Physik, zu vergleichen. Lehrende, die das Interesse ihrer Schüler*innen steigern möchten, können ihre Lerneinheiten an die verschiedenen Interessenslevel der Schüler*innen anpassen. Schüler*innen auf allen Levels sind an Teilchenphysik in Kontexten mit Bezug zum eigenen Körper, gesellschaftlicher Relevanz und existentiellen Fragen der Menschheit interessiert. Schüler*innen auf den Leveln des offenen und des breiten Interesses sind zusätzlich an Teilchenphysik in Alltagskontexten, insbesondere an konkreten Alltagsbeispielen, interessiert. Nur Schüler*innen auf dem Level des breiten Interesses sind an Teilchenphysik in rein wissenschaftlichen und technischen Kontexten interessiert.

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. https://doi.org/10.1002/sce.20186

Blankenburg, J. S., & Scheersoi, A. (2018). Interesse und Interessenentwicklung. in *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (245-259). https://doi.org/10.1007/978-3-662-56320-5_15

Häußler, P., Lehrke, M., & Hoffmann, L. (1998). Die IPN-Interessenstudie Physik. Kiel: IPN.

Hidi, S., & Renninger, K. A. (2006). The Four-Phase Model of Interest Development. *Educational Psychologist*, *41*(2), 111-127. https://doi.org/10.1207/s15326985ep4102_4

Krapp, A., & Prenzel, M. (2011). Research on Interest in Science: Theories, methods, and findings. *International journal of science education*, *33*(1), 27-50. https://doi.org/10.1080/09500693.2010.518645

Zöchling, S., Hopf, M., Woithe, J. & Schmeling, S. (2020). Spreading interest in particle physics among high-school students – what matters? *PoS (ICHEP2020)*, 964, 1-6.

David Buschhüter[1]
Marisa Pfläging[1]
Andreas Borowski[1]

[1]Universität Potsdam

Uncovering Statistical Relationships Using Structural Topic Models in Science Education

New ways machine learning can contribute to science education research

Studies have shown that using unsupervised machine learning techniques opens promising ways to contribute to science education theories directly. Sherin (2013) identified new categories regarding student conceptions on physics explanations of the seasons. Similarly, Rosenberg and Krist (2021) used unsupervised methods to get to a more nuanced category system regarding students' ideas of the generality of model-based explanations. These studies show the intriguing potential of methods extracting categories a human might not have found. However, our theories also consist of relations between such entities. Thus, it would be interesting to extract categories related to other variables of the text automatically. This would represent a prototypical way of contributing to the literature and would make finding categories of interest more probable.

In principle we can accomplish the task above using so-called structural topic models (STMs) (Roberts, Stewart & Tingley, 2019). These models allow us to extract the topics from a corpus of documents given metadata (covariates) for the documents. Various studies employed STMs outside the field of science education research (e.g. Roberts et al., 2014). For the educational context, Reich, Tingley, Leder-Luis, Roberts and Stewart (2015) used this method in order to investigate massive open online courses. It also has been used to identify trends in science education research over time (Mi, Lu & Bi, 2020). So far, there are, to our knowledge, no studies applying this approach to science education research questions. Therefore, we are presenting two cases in which we applied STMs to answer the question: To what extent can STMs help us extend our theories by supporting the search for new categories and relationships? We provide an exemplary answer to this question by presenting two use cases with varying data set sizes and German language text data.

Use case I

The data consists of 102 booklets of the VNOS-C (Views of Nature of Science (form C)) questionnaire filled out by in-service teachers (Lederman, Abd-El-Khalick, Bell, & Schwartz, 2002, translated into German by Hofheinz, 2008, and Pfläging, in preparation) before and after a teacher development program on NOS (based on Pfläging, Richter, & Borowski, 2020). The

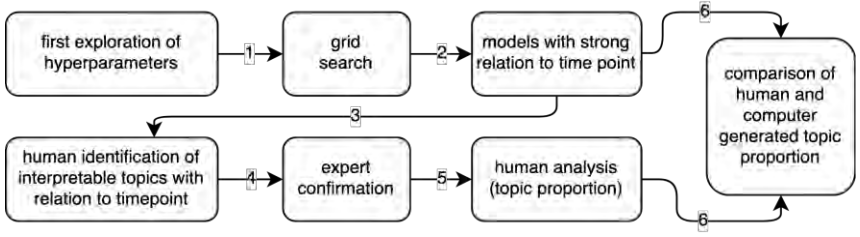


Figure 1: Analysis Workflow

goal of the analysis was to explore if we can extract topics from the response texts which show a statistical relationship to the variable *time point* (pre or post) in order to identify meaningful learning processes. We used several standard pre-processing steps (e.g., stemming, stop word removal) and employed the r package stm (Roberts et al., 2019) to fit the topic models. A simplified analysis workflow can be seen in Figure 1. We performed a grid search on a set of hyperparameters (e.g. number of topics 2-10) with *time point* as covariate and analyzed the VNOS-items separately. Using R Markdown (Allaire et al., 2021), we created reports for all topic models with a significant relationship between any of the topic-prevalences and *time point.* For models containing high regression coefficients ($|B| > 0.15$) one rater judged whether the topic model (but mostly the topic(s) with a relation to the *time point*) could be interpreted using the most prevalent words for every topic and the responses (documents) with the highest and lowest proportions. We confirmed that the author of the development program agreed that it was plausible that the teachers learned or unlearned the topic-related content during the teacher training. Next, the segments were coded by the rater and topic proportions were calculated. Related to question 2 ("What is an experiment?"), we could confirm the significant difference via human analysis. The topic was previously identified as addressing the role of variables (most prevalent words: experiment, investigation, variables, impact, method, posed the question, variable). After minor post-hoc corrections to the human codes the change in human topic proportion from pre ($Mdn = 0$) to post ($Mdn = 0$) showed to be significant in a sign test ($p = 0.039$, $Mdn = 0$, success ratio 10/12) and was correlated to the machine-based topic proportion ($r = 0.372$, $p < 0.001$, $t(82) = 3.624$, $N = 84$). A higher correlation ($r = 0.410$) could be reached by including codes that express the idea of variable control but do not use the proper wording (e.g., "In some cases, you have to keep individual things that have an influence constant or change them systematically"). However, then, we did not observe the statistical relation anymore ($p = 0.359$, $Mdn = 0$, success ratio = 12/19).

Use case II

The data of this study consists of 584 answers of physics students on a content knowledge assessment (Enkrott, 2021). The unit of analysis was a constructed response item that prompted students to provide their reasoning for a single-select problem. Here, the students were asked "Which of the following equations is most fundamentally different from the other three from a physics perspective?". The options were four equations ($E_{pot}+E_{kin} = E_{pot}'+E_{kin}'$ and similar equations for mass, angular momentum and force). A supposable solution was to identify *force* because it is not conserved. However, there are other acceptable answers to this question. The goal of the topic modeling approach was to identify different levels of understanding in the student answers. Therefore, we used the *choice* and the total test-*score* as covariates *(prevalence~choice+score)*. Using a reporting system, we identified a model with five topics to be most interpretable. However, the overall topic model was still difficult to interpret, as the five topics needed to be understood for every choice (e.g., energy, mass). In particular, it was difficult to understand why the topic of "conservation of energy, momentum, force" was positively related to the score (Figure 2) because claiming that energy is conserved and therefore choosing the option "energy" is not correct (angular momentum is also conserved and the equation displays conservation of mechanical energy). Therefore, we fit separate sets of models (using *prevalence~score)* for the different subsets of choices (1-4). Here we identified interpretable topic models, and used the topic models as a coding-support: We used the maximum topic proportion to identify one dominant topic for every response, then ordered the responses by dominant topic. Like this, we achieved a prior order. Based on

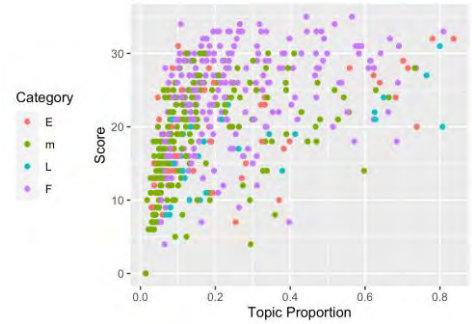


Figure 2: Scatterplot of topic proportions and test score. The category represents the student's choice on the single select item (E = energy, m = mass, L = angular momentum, F = force). The most common words were: conservation of energy, applies, always, conservation of angular momentum, system, conserved, conservation of forces, stays, fundamental, applies (English words mapped to German stems)

this order the human rater could more efficiently form new categories (e.g. "Energy is always conserved"). We ranked and assigned the codes to five different levels of quality. On average all but one level (level 0) appeared in the order anticipated. For students choosing the option "energy", this issue mostly consisted of 16 answers with a code like "Energy is always conserved", which on average had a higher test score than anticipated and which on average also had a higher proportion of the topic "conservation of energy, momentum, force" in our initial topic model, which we discarded. Based on this observation and the initial topic model, we would hypothesize that having an expert perspective of the understanding which properties of entities are fundamental might be more critical in the understanding of physics than giving a more correct but superficial answer (like e.g. "E_{kin} and E_{pot} have different equations but the others are the same", which we initially considered a better way of responding to the question).

Discussion

The first example provides evidence to claim that STMs could help identify learning processes from texts in science education in an exploratory manner. Here the hypothesis extracted is that teachers learn about the role of variables in the experiment during the development program. This aspect is typically not evaluated by the VNOS-C scoring rubric (Lederman et al., 2002) while control of variables is of interest to science education research (Schwichow, Croker, Zimmerman, Höffler & Härtig, 2016).

The second example illustrated how STMs could also help to contribute more directly to theory. Here they supported the derivation of the hypothesis that having a hierarchy of fundamentality in physics seems to be a predictor of physics performance. This hypothesis could be further investigated and might help specify and model the type of meta-knowledge some researchers have called "deeper school knowledge" (Enkrott, 2021). Even if the results provide evidence that STMs help us find relations that are interpretable and interesting to researchers, we believe that performing additional analysis with a second human rater is necessary here. In this sense, our results are preliminary but remain promising. Additionally, we should be aware that we could be "reading tea leaves" (Chang, Boyd-Graber, Gerrish, Wang & Blei, 2009) or find statistical relations by chance (Janczyk & Pfister, 2013). We believe that the procedures employed here do only lead to hypotheses which need further confirmation.

References

Allaire, J.J., Xie, Y., McPherson, J., Luraschi, J., Ushey, K., Atkins, A. et al. (2021). rmarkdown: Dynamic documents for R. https://github.com/rstudio/rmarkdown

Chang, J., Gerrish, S., Wang, C., Boyd-Graber, J. & Blei, D. (2009). Reading tea leaves: How humans interpret topic models. In Y. Bengio, D. Schuurmans, J. Lafferty, C. Williams & A. Culotta (Hrsg.), *Advances in Neural Information Processing Systems* (22).

Enkrott, P. (2021). Entwicklung des fachlichen Wissens angehender Physiklehrkräfte. University of Potsdam.

Janczyk, M. & Pfister, R. (2013). Inferenzstatistik verstehen. Berlin Heidelberg: Springer.

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. doi:10.1002/tea.10034

Mi, S., Lu, S. & Bi, H. (2020). Trends and foundations in research on students' conceptual understanding in science education: A method based on the structural topic model. Journal of Baltic Science Education, 19 (4), 551–568. doi:10.33225/jbse/20.19.551

Pfläging, M., Richter, D. & Borowski, A. (2020). Entwicklung einer Fortbildung zur Veränderung des Wissenschaftsverständnisses. In S. Habig (Hrsg.), Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik in Wien 2019. Naturwissenschaftliche Kompetenz in der Gesellschaft von morgen 40 (S. 1059–1062). Universität Duisburg-Essen.

Reich, J., Tingley, D., Leder-Luis, J., Roberts, M.E. & Stewart, B. (2015). Computer-assisted reading and discovery for student generated text in massive open online courses. Journal of Learning Analytics, 2 (1), 156–184. doi:10.18608/jla.2015.21.8

Roberts, M.E., Stewart, B.M. & Tingley, D. (2019). Stm: An R package for structural topic models. Journal of Statistical Software, 91 (2). doi:10.18637/jss.v091.i02

Roberts, M.E., Stewart, B.M., Tingley, D., Lucas, C., Leder-Luis, J., Gadarian, S.K. et al. (2014). Structural topic models for open-ended survey responses. American Journal of Political Science, 58 (4), 1064–1082. doi:10.1111/ajps.12103

Rosenberg, J.M. & Krist, C. (2021). Combining machine learning and qualitative methods to elaborate students' ideas about the generality of their model-based explanations. Journal of Science Education and Technology, 30 (2), 255–267. doi:10.1007/s10956-020-09862-4

Schwichow, M., Croker, S., Zimmerman, C., Höffler, T. & Härtig, H. (2016). Teaching the control-of-variables strategy: A meta-analysis. Developmental Review, 39, 37–63. doi:10.1016/j.dr.2015.12.001

Sherin, B. (2013). A computational study of commonsense science: An exploration in the automated analysis of clinical interview data. Journal of the Learning Sciences, 22 (4), 600–638. doi:10.1080/10508406.2013.836654

Claus Bolte[1] [1]Freie Universität Berlin

Professionsbezogene Entwicklungen Studierender im Praxissemester Chemie

Im Rahmen der GDCP-Jahrestagung 2017 in Regensburg hatte ich über den Start einer im Längsschnitt angelegten Untersuchung berichtet, die die Frage fokussierte: *Wie erleben Lehramtsstudierende mit naturwissenschaftlichem Unterrichtsfach "ihr" Praxissemester?* (Bolte, 2018, S. 718). Eine Bestandsaufnahme, die wir im Zuge des ersten Praxissemesters an den Berliner Universitäten im Wintersemester 2016/17 durchführten, führte zu der Erkenntnis, dass, obgleich das motivationale Lernklima in der Vorbereitung auf das Praxissemester von den Studierenden insgesamt positiv wahrgenommen und beurteilt wurde, auffällig und überraschend viele Studierende zu Beginn des Praxissemesters von psychischen Überanstrengungen und erheblichen Belastungen berichteten. Fast die Hälfte der Teilnehmer*innen (N=54) waren den beiden AVEM-Risiko-Typen A (sich häufigen Anstrengungen ausgesetzt fühlend) bzw. Typ B (Burn-out Symptome zeigend) zuzuordnen (Bolte, 2018, S. 720). Auf der Jahrestagung 2019 in Wien konnten wir berichten, dass über drei Praxissemester hinweg die Quote der Teilnehmer*innen, die zu Beginn des Praxissemesters zu einer der gesundheitsgefährdeten Gruppen (A oder B affiner Typ) zuzuordnen gewesen ist, mit 46,4 % u. E. immer noch bemerkenswert hoch ausgefallen ist, dass jedoch zum Ende der Praxissemester die Quote der gesundheitlich gefährdeten Studierenden auf 28,8 % reduziert werden konnte (Bolte, 2020, S. 526). Angesichts der im Praxissemester 2020/21 von der Pandemie beherrschten Situation gehen wir im Folgenden der Frage nach: *Wie beurteilen Studierende das Ausbildungsklima und ihre professionsbezogene Entwicklung im Praxissemester „unter Corona-Bedingungen" und inwiefern unterscheiden sich diese von den Rückmeldungen der Studierenden vorangegangener Jahrgänge?*

Wie schon in den vorangegangenen Studien richten wir unser Erkenntnisinteresse auf die *Analyse der Wahrnehmung des motivationalen Lern- und Ausbildungsklimas* (MoLe+) (Bolte, 1996; 2004); inklusive der in das MoLe+-Modell integrierten Anleihen aus der pädagogischen Interessentheorie (Prenzel, Krapp, & Schiefele, 1986; Krapp, 2002), der Self-Determination-Theory (SDT) von Deci und Ryan (1985; 2002), der Theorie zu Professionalisierung von Lehrer*innen (Shulman, 1987) sowie der Lernklima- bzw. Schul- und Arbeitsklima-Forschung (Bolte, 1996; 2004; Fraser, 1985; 2012)). Außerdem greifen wir *zur Rekonstruktion der individuell ausgeformten arbeitsbezogenen Verhaltens- und Erlebens-Muster* (AVEM) auf die Arbeiten von Schaarschmidt und Fischer (2001; 2008) zurück. Beim AVEM-Modell handelt es sich um ein persönlichkeitsdiagnostisches Konstrukt, das auf 11 theoretisch begründete und empirisch fundierte Dimensionen fokussiert, die wiederum das theoretische Grundgerüst zur Identifikation der vier prototypischen, empirisch rekonstruierbaren und statistisch gesicherten Referenzmuster bilden – die vier arbeitsbezogenen Verhaltens- und Erlebensmuster: das Muster G (Gesundheit) und das Muster S (Schonung) sowie das Risiko-Muster A (im Sinne des Risikos zur Selbstüberforderung) und das Risiko-Muster B (im Sinne des Risikos von chronischem Erschöpfungserleben und von Resignation) (Bolte, 2018, S. 719).

Neben dem AVEM-Verfahren (Schaarschmidt & Fischer, 2008) und dem MoLe+-Analysen (Bolte, 2019) haben wir im Praxissemester 2017/18 unseren theoretischen Rahmen erstmals um *das Konstrukt professionsbezogener Fähigkeitsselbstkonzepte von (angehenden) Chemielehrer*innen* ergänzt (Bolte, 2019). Die Ausarbeitung dieses Konstrukts beruht letztendlich auf den Arbeiten zahlreicher Kolleg*innen. Von Shavelson et al. (1976), Marsh, Byrne & Shavelson (1988), Möller (2005) sowie Möller und Köller (2004) stammt die Idee bereichsspezifisch ausdifferenzierter Fähigkeitsselbstkonzepte, von Shulman (19987) die Idee, die Fähigkeitsselbstkonzepte von (angehenden) Lehrer*innen entsprechend der drei Wissensbereiche des Lehrer*innen-Berufs (wissenschaftliches, pädagogisches und fachdidaktisches

Wissen) zu unterscheiden. Dickhäuser und Kolleg*innen (2002) lieferten uns wertvolle Anregungen zur Formulierung der Items. Zeitgleich zu unseren Arbeiten hat auch Elsholz (2019) in seinem Dissertationsprojekt einen Fragebogen entwickelt, mit dem er bereichsspezifische Fähigkeitsselbstkonzepte von Lehramtsstudierenden mit Fach Physik untersuchte.

Methodische Überlegungen zur Analyse professionsbezogener Fähigkeitsselbstkonzepte von Lehramtsstudierenden mit Fach Chemie

Zur Analyse professionsbezogener Fähigkeitsselbstkonzepte haben wir eigens einen Fragebogen bestehend aus drei Subskalen konzipiert. Die Subskalen repräsentieren die drei professionsbezogenen Kompetenzbereiche nach Shulman (1987). Jede Subskala wird durch jeweils vier nahezu gleichlautende Items repräsentiert. Diese Items unterscheiden sich dahingehend, als sie auf je einen der drei Kompetenzbereiche des Lehramts Chemie fokussieren. Die Einschätzung der Items erfolgt über eine siebenstufige Ratingskala.

Angesichts der erkenntnisbezogenen Ergänzungen gehen wir in diesem Beitrag daher auch der Frage nach, ob das dreidimensionale Konstrukt professionsbezogener Fähigkeitsselbstkonzepte von Lehramtsstudierenden mit Fach Chemie empirisch rekonstruiert werden kann.

Empirie

Die Stichprobe der Studie bilden 98 Studierende des Chemie-Lehramts-Masterstudiengangs (N_{pre}=98/N_{post}=96), die in einem der zurückliegenden Jahre das Praxissemester absolviert und im Zuge dessen das Fach Chemie unterrichtet haben. Die Ergebnisse der Faktorenanalysen (Tab. 1) unterstreichen die Annahme, dass das Konstrukt professionsbezogener Fähigkeitsselbstkonzepte des Chemielehramts in drei Komponenten zu unterteilen ist. Die Reliabilitätsanalysen weisen für alle (Teil-)Stichproben und für alle drei Subskalen gute bis sehr gute Koeffizienten aus (Cronbachs α variiert zwischen .896 und .926).

Tab. 1: *Faktorenanalysen zur Bestimmung der Komponenten professionsbezogener Fähigkeitsselbstkonzepte im Lehramt Chemie*

	1	2	3
Begabung_Päd	,915		
Begabung_Chd			,728
Begabung_Che		,930	
Fähigkeiten1_Päd	,875		
Fähigkeiten1_Chd			,702
Fähigkeiten1_Che		,946	
Praxis_Päd	,759		
Praxis_Chd			,852
Praxis_Che		,737	
Fähigkeiten2_Päd	,884		
Fähigkeiten2_Chd			,835
Fähigkeiten2_Che		,806	

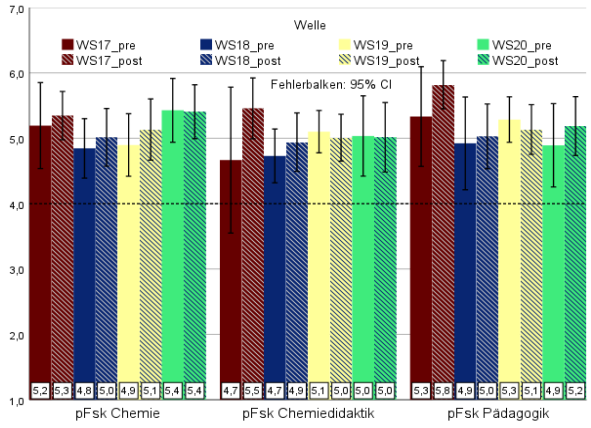


Abb. 1: *Skalen-Mittelwerte zu Beginn und zum Ende eines Praxissemesters differenziert nach professionsbezogenem Fähigkeitsselbstkonzept im Lehramt Chemie (Skala: 1 bis 7)*

Die deskriptiv statistischen Ergebnisse bzgl. der Skalen zur Einschätzung der jeweiligen professionsbezogenen Fähigkeitsselbstkonzepte fallen in allen Bereichen positiv aus (M > 4,0). Die positiven Veränderungen im WS17/18 fallen besonders auf. Die Erfahrungen im WS20/21 bewirkten keinen weiteren Anstieg im Bereich der chemischen oder der chemiedidaktischen Fähigkeitsattribuierungen; wohl aber im Bereich der eigenen pädagogischen Kompetenzzuschreibung.

Die Sankey-Diagramme veranschaulichen, in welchem Umfang sich Veränderungen in der Verteilung der Teilnehmer*innen auf die vier AVEM-Typen im pre-post-Test-Vergleich eingestellt haben. Dem Diagramm in Abbildung 1 ist zu entnehmen, dass die Zahl bzw. der Anteil der Studierenden, die dem G-Typ entsprechen, zu Beginn ($N_{5pre/G\text{-}Typ}$=7 von 14) wie auch zum Ende ($N_{5post/G\text{-}Typ}$=8 von 14) des 5. Praxissemesters (unter Pandemiebedingungen) vergleichsweise hoch ausfällt. Veränderungen in der Verteilung auf die vier AVEM-Typen sind im Verlauf des Praxissemesters 20/21 (unter Pandemiebedingungen), kaum festzustellen. Letzteres mag zum einen der verhältnismäßig kleinen Stichprobengröße (N_5=14) geschuldet sein. Eine weitere Ursache kann aber auch darin liegen, dass das Gros des Praktikums in Form digitalen Homeschoolings stattgefunden hat, so dass die Studierenden in diesem Praxissemester kaum mit Schulklassen persönlich in Kontakt gekommen sind.

Abb. 1: *Sankey-Diagramm zur Veranschaulichung der Veränderungen in der Verteilung der Teilnehmer*innen auf die vier AVEM-Typen, die sich im Zuge des Praxissemester unter Pandemie-Bedingungen eingestellt haben*

Abb. 2: *Sankey-Diagramm zur Veranschaulichung der Veränderungen in der Verteilung der Teilnehmer*innen auf die vier AVEM-Typen, die sich im Zuge der fünf zurückliegenden Praxissemester eingestellt haben*

Über die fünf Praxissemester-Durchgänge hinweg fällt die eingangs relativ große Zahl der Studierenden auf, die zu Beginn der Praktika dem Typ G ($N_{1\text{-}5pre/G\text{-}Typ}$=29 von 81) und die dem Typ B ($N_{1\text{-}5pre/B\text{-}Typ}$=20 von 81) entsprechen (Abb. 2). Erfreulicherweise ist die Zahl der Studierenden, die dem G-Typ zu zählen sind, zum Ende der Praktika angestiegen ($N_{1\text{-}5post/G\text{-}Typ}$=35), während die Zahl derer, die gegen Ende noch dem B-Typ angehören, reduziert werden konnte ($N_{1\text{-}5post/B\text{-}Typ}$=9).

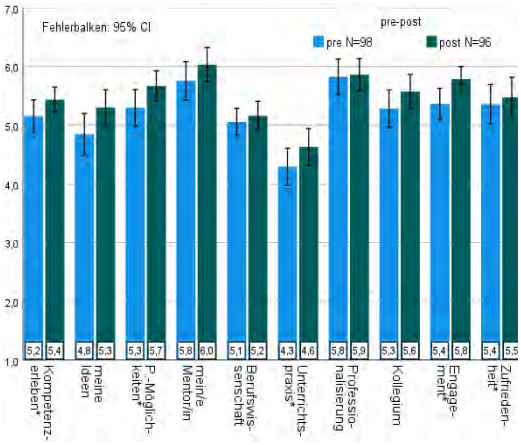


Abb. 3: *Skalen-Mittelwerte zur Beurteilung des motivationalen Lernklimas⁺ (Skala: 1 - 7) zu Beginn und zum Ende der Praxissemester Chemie (WS16/17 bis WS 20/21)*

Mit Blick auf die Ergebnisse der *deskriptiv-statistischen Analysen* ist festzuhalten, dass alle Skalen des Lern- und Ausbildungsklimas in den pre-Tests positiv beurteilt wurden (M>4.0). Darüber hinaus ist festzustellen, dass alle Skalen-Mittelwerte im post-Test höher ausfallen als die im pre-Test; fünf Mittelwertunterschiede fallen statistisch signifikant aus ($p < .05$). Diese Befunde sprechen dafür, dass durch die im Praxissemester Chemie ergriffenen Maßnahmen positive Effekte erzielt werden konnten; sei es in Bezug auf die Beurteilung des motivationale Lern- und Ausbildungsklimas oder in Bezug auf die Verringerung des Risikos des Erlebens von (Selbst-)Überforderung oder gar des Erlebens chronischer Erschöpfung.

Danksagung:

Ich möchte allen Studierenden herzlich danken, die – wenn auch auf anonymisierter Weise – vertrauensvoll über ihr persönliches Erleben und ihre je unterschiedlichen Verhaltensmuster im Rahmen ihres Praxissemesters Auskunft gegeben haben. Die Bereitschaft zur Beteiligung an einer Forschungsarbeit – wie dieser – ist m.E. nicht selbstverständlich.

Literatur

Bolte, C. (1996). *Entwicklung und Einsatz von Erhebungsinstrumenten zur Analyse der Schüler-Lehrer-Interaktion im Chemieunterricht - Ergebnisse aus empirischen Studien zum Interaktionsgeschehen und Lernklima im Chemieunterricht*. Kiel: IPN Kiel Schriftenreihe (Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel).

Bolte, C. (2004). Motivationales Lernklima im Chemieunterricht. *PdN/Chemie in der Schule*, 53(7), 33-37.

Bolte, C. (2017). MoLe^{+}-Fragebogen. Fragebogen zur Analyse des motivationalen Lernklimas in unterrichtspraxisbezogenen Ausbildungskontexten. Berlin: Freie Universität Berlin (Polyskript).

Bolte, C. (2019). Analyse des motivationalen Lern- und Ausbildungsklimas sowie der arbeitsbezogenen Verhaltens- und Erlebnismuster von Lehramtsstudierenden mit naturwissenschaftlichem Unterrichtsfach zu Beginn ihres Praxissemesters. In: T. Leuders, E. Christophel, M. Hemmer, F.Korneck, & P. Labudde (Hg.). *Fachdidaktische Forschung zur Lehrerbildung*. (S. 63-74). Münster: Waxmann Verlag.

Bolte, C., & die Projektgruppe „Analysen zum Praxissemester“ (2018). Wie erleben Lehramtsstudierende mit naturwissenschaftlichem Unterrichtsfach “ihr“ Praxissemester? In: C. Maurer (Hg.). *Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht- normative und empirische Dimensionen*. Zur Didaktik der Physik und Chemie. Probleme und Perspektiven. Universität Regensburg. (S. 718–721). http://www.gdcp.de/images/tb2018/TB2018_718_Bolte.pdf.

Deci, E., & Ryan, R. (1985). *Intrinsic motivation and self-determination in human behavior*. New York: Plenum.

Deci, E., & Ryan, R. (2002). *Handbook of self-determination research*. Rochester: University of Rochester.

Dickhäuser, O., Schöne, C., Spinath, B., & Stiensmeier-Pelster, J. (2002). Die Skalen zum akademischen Selbstkonzept. *Zeitschrift für Differentielle und Diagnostische Psychologie*, 23(4), (S. 393-405).

Elsholz; M. (2019). *Das akademische Selbstkonzept angehender Physiklehrkräfte als Teil ihrer professionellen Identität. Dimensionalität und Veränderung während einer zentralen Praxisphase*. *Band 272*. Logos Verlag Berlin.

Fraser, B. J. (1989). Twenty years of classroom climate work: progress and prospects. *Journal of Curriculum Studies*. *21*, 307-327.

Fraser, B. J. (2012). Classroom Learning Environments: Retrospect, Context and Prospect. In B.J. Fraser, K.G. Tobin, & C.J. McRobbie (eds.). *Second International Handbook of Science Education*. (pp 1191-1239). New York: Springer.

Krapp, A. (2002). An Educational-psychological theory of interest and its relation to SDT. In, E. Deci, & R. Ryan (eds.). *Handbook of self-determination research*. (pp. 405-429). Rochester: University of Rochester.

Marsh, H. W., Byrne, B. M. & Shavelson, R. J. (1988). A Multifaceted Academic Self-Concept: Its Hierarchical Structure and Its Relation to Academic Achievement. *Journal of Educational Psychology, 80* (3), 366–380

Möller, J. (2005). Zur Entwicklung und Genese fachbezogener Selbstkonzepte: Effekte sozialer und dimensionaler Vergleiche. In B. Schenk (Hrsg.), Bausteine einer Bildungsgangtheorie (S. 223 – 238). Wiesbaden: Verlag für Sozialwissenschaften

Möller, J. & Köller, O. (2004). Die Genese akademischer Selbstkonzepte: Effekte dimensionaler und sozialer Vergleiche. Psychologische Rundschau, 55, 19-27

Möller, J. & Marsh, H. W. (2013). Dimensional comparison theory. *Psychological Review*, *120*, 544-560.

Prenzel, M., Krapp, A., & Schiefele, H. (1986). Grundzüge einer pädagogischen Interessentheorie. *Zeitschrift für Pädagogik*, 32(2), 163-173.

Schaarschmidt, U. & Fischer, A.W. (2001). Bewältigungsmuster im Beruf. Persönlichkeitsunterschiede in der Auseinandersetzung mit der Arbeitsbelastung. Göttingen: Vandenhoek & Ruprecht.

Schaarschmidt, U. & Fischer, A.W. (2008) *Arbeitsbezogenes Verhaltens- und Erlebensmuster - AVEM Manual*. London: Pearson PLC, 3. überarbeitete und erweiterte Auflage.

Shulman, L. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Ed. Review*, 57, 1-22.

Shavelson, R. J., Hubner, J. J., & Stanton, G. C. (1976). Self-concept: Validation of construct of interpretations. *Review of Educational Research, 46,* 407–411.

Ulla Stubbe[1]
Ute Brinkmann[1]
Markus Prechtl[1]

[1]Technische Universität Darmstadt

Neue quantitative Befunde zu Berufsorientierungscoachings für Mädchen

Im Rahmen des BMBF-geförderten Verbundprojekts DiSenSu (vgl. www.disensu.de) wurden naturwissenschaftsbezogene Berufsorientierungscoachings für Mädchen, insbesondere mit Migrationshintergrund, entwickelt, durchgeführt und evaluiert (vgl. Brinkmann, Stubbe & Prechtl, 2021; Markic, Prechtl, Hönig, Küsel, Rüschenpöhler & Stubbe, 2018). Bei Mädchen bestehen oft Unsicherheiten in Bezug auf ihre naturwissenschaftlichen Leistungen (vgl. Reiss et al., 2016) und beruflichen Möglichkeiten im NaWi-Bereich. Die DiSenSu-Coachings setzten an diesen Herausforderungen mit praktische Übungen und individueller Eins-zu-Eins-Betreuung an und informierten über naturwissenschaftliche Tätigkeiten und Berufsfelder. Eine der praktischen Übungen umfasste die mentale Rotation von Molekülmodellen, als Beispiel für eine Aufgabe bezüglich räumlichen Denkens. Befunde aus Untersuchungen zum räumlichen Denken zeigten, dass Männer häufig besser abschnitten als Frauen (Searle & Hamm, 2017; Voyer & Jansen, 2016) und die Bearbeitungszeit erwies sich als ein wichtiger Faktor hinsichtlich der Korrektheit der Lösungen insbesondere für Frauen (Searle & Hamm, 2017). Bei Übungen zum räumlichen Denken kommt es auch zu Übungseffekten; so zeigten Studien, dass vertraute Objekte leichter rotiert wurden (Voyer & Jansen, 2016; Jansen et al., 2015) und dass die Fähigkeit der mentalen Rotation trainiert werden kann (Moè, 2016). Im Rahmen der eigenen Begleitforschung wurden ausschließlich Frauen betrachtet, differenziert nach ihrem Migrationshintergrund.

Fragestellung

Im Rahmen der Begleitforschung wurden die folgenden Fragestellungen bearbeitet: Gibt es Unterschiede in der Leistung im Rahmen von Übungen zum räumlichen Denken zwischen Teilnehmerinnen ohne und mit Migrationshintergrund? Schneiden Teilnehmerinnen mit einer höheren spezifischen Selbstwirksamkeitserwartung (SWE) bei Übungen zum räumlichen Denken besser ab als Teilnehmerinnen mit einer niedrigeren SWE? Eignet sich die spezifische SWE zur Vorhersage der Leistung bei Übungen zum räumlichen Denken?

Methode

Bei der Übung zum räumlichen Denken in den Coachings wurde zunächst die spezifische SWE erfasst. Dann wurde ein erläuterndes Übungsbeispiel zur Aufgabenstellung präsentiert. Anschließend wurden drei Aufgaben zum räumlichen Denken in steigender Schwierigkeitsreihenfolge dargeboten, siehe Abb. 1. Bei dem Stimulus handelte es sich um zwei Bilder eines Molekülmodells aus unterschiedlichen Perspektiven (aus Prechtl & Rieker, 2016). Die Teilnehmerinnen sollten ankreuzen, ob das zweite Bild im Vergleich zum ersten Bild von oben, unten, links rechts oder hinten fotografiert wurde. Abschließend sollten die Teilnehmerinnen ihre Leistung attribuieren. Für die Lösung der Aufgaben gab es keine Zeitbegrenzung. Es wurden 297 einstündige Einzelcoachings durchgeführt. Hiervon konnten für die Auswertungen die Datensätze von 279 Adoleszentinnen verwendet werden. Die Teilnehmerinnen waren zwischen 13 und 19 Jahre alt ($M = 14.96$, $SD = 1.24$) und 65.6% hatten einen Migrationshintergrund.

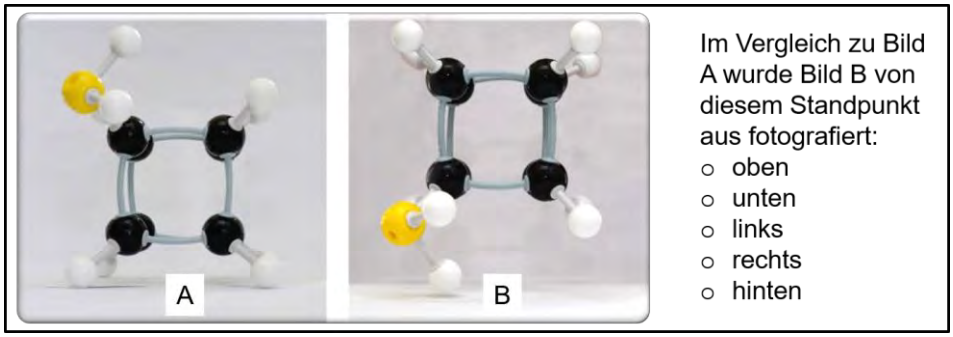


Abb. 1. Beispielaufgabe zum räumlichen Denken aus dem DiSenSu-Coaching

Ergebnisse

Zuerst wurden die neu erstellen Items zur Erfassung der spezifischen SWE bezüglich der Übung zum räumlichen Denken auf ihre Gütekriterien untersucht. Deren Validität war gegeben. In der Faktorenanalyse, die zusammen mit den Items der allgemeinen SWE (vgl. Beierlein et al., 2012) und der spezifischen SWE der zweiten praktischen Übung der Coachings durchgeführt wurde, zeigte sich eine drei-Faktor-Lösung, die 68.02% der Varianz erklärte. Die Items ließen sich eindeutig den drei Arten der SWE zuordnen und die Faktorenladungen waren für alle Items > .64. Ebenso korrelierten die drei Arten der SWE signifikant miteinander, $r_S > .303$, $p < .001$. Die Reliabilität der spezifischen SWE bezogen auf die Übung zum räumlichen Denken war ebenfalls gegeben, Cronbachs $\alpha = .788$. Die Teilnehmerinnen ohne Migrationshintergrund ($M = 2.10$, $SD = 0.99$) gaben signifikant öfter richtige Antworten im Rahmen der Übung zum räumlichen Denken an als die Teilnehmerinnen mit Migrationshintergrund ($M = 1.85$, $SD = 0.98$), $t(277) = 2.03$, $p = .043$, $d = .26$. Für die spezifische SWE der Übung zum räumlichen Denken gaben die Teilnehmerinnen ohne Migrationshintergrund ($M = 3.13$, $SD = 0.69$) signifikant höhere Werte an als die Teilnehmerinnen mit Migrationshintergrund ($M = 2.88$, $SD = 0.75$), $t(277) = 2.71$, $p = .007$, $d = .34$. Die spezifische SWE korrelierte mit der Anzahl richtiger Lösungen bei der Übung zum räumlichen Denken signifikant für die gesamte Stichprobe, $r_s = .210$, $p < .001$, $n = 279$, und für die Teilnehmerinnen ohne Migrationshintergrund, $r_s = .261$, $p = .010$, $n = 96$. Für die Teilnehmerinnen mit Migrationshintergrund war die Korrelation nicht signifikant. Ebenso verhielt es sich bei Berechnung der Regressionsmodelle, bei der es ebenfalls nur signifikante Ergebnisse bei der gesamten Stichprobe, $F(1,277) = 12.43$, $p < .001$, $n = 278$, $R^2 = .04$, und den Teilnehmerinnen ohne Migrationshintergrund, $F(1,94) = 9.27$, $p = .003$, $n = 95$, $R^2 = .09$, gab. Die resultierenden Regressionsgleichungen lauten für die gesamte Stichprobe: Leistung = 1.12 + 0.28 spezifische SWE beim räumlichen Denken; für die Teilnehmerinnen ohne Migrationshintergrund: Leistung = 0.43 spezifische SWE beim räumlichen Denken.

Diskussion

Die DiSenSu-Teilnehmerinnen ohne Migrationshintergrund erzielten durchschnittlich bessere Leistungen als die Teilnehmerinnen mit Migrationshintergrund. Bei den Teilnehmerinnen ohne Migrationshintergrund korrelierte die spezifische SWE mit der Leistung bei der Übung zum räumlichen Denken signifikant. Das Regressionsmodell zeigte, dass sich die spezifische SWE der Übung zum räumlichen Denken zur Vorhersage der Leistung eignete. Um zu

verstehen, wieso es keine signifikanten Ergebnisse bei den DiSenSu-Teilnehmerinnen mit Migrationshintergrund gab, wurde die Verteilung der Teilnehmerinnen in Bezug auf ihre spezifische SWE und erbrachte Leistung genauer betrachtet, siehe Abb. 2.

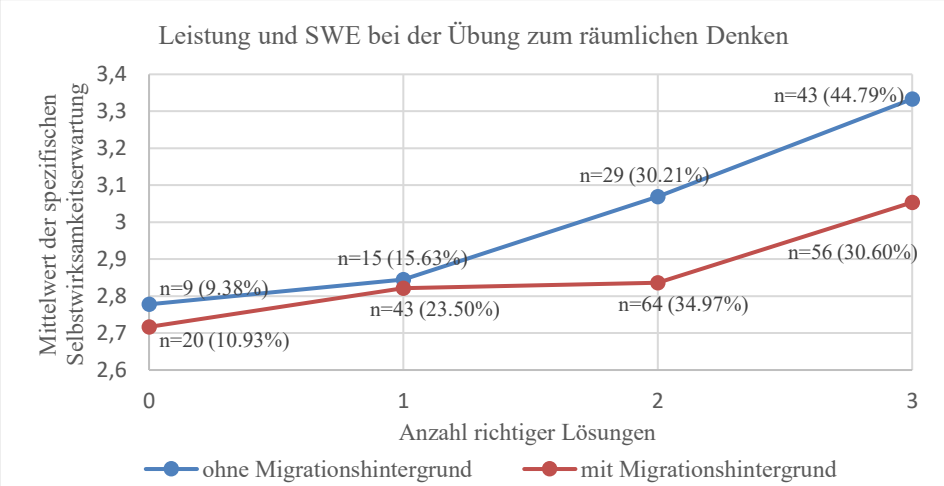


Abb. 2. Verteilung der Teilnehmerinnen nach spezifischer SWE und Leistung bei der Übung zum räumlichen Denken

Es gab prozentual etwa gleich viele Teilnehmerinnen ohne und mit Migrationshintergrund mit keiner richtigen Lösung, die sich auch ähnlich niedrig in der spezifischen SWE einschätzten. Eine richtige Lösung erzielten prozentual mehr Teilnehmerinnen mit Migrationshintergrund als ohne. Die Einschätzungen in der spezifischen SWE sahen ebenfalls für beide Gruppen ähnlich aus. Bei zwei richtigen Lösungen zeigte sich eine erste visuelle Differenz in der Einschätzung der spezifischen SWE zwischen beiden Gruppen. Auffällig war insbesondere, dass die Teilnehmerinnen mit Migrationshintergrund mit zwei richtigen Lösungen ähnlich niedrige Werte für die spezifische SWE angegeben hatten, wie diejenigen mit einer richtigen Lösung. Bei drei richtigen Lösungen gaben Teilnehmerinnen mit Migrationshintergrund ($M = 3.05$, $SD = 0.75$, $n = 56$) höhere Werte in der spezifischen SWE an als bei niedrigeren Leistungen. Dennoch wurden signifikant niedrigere Werte für Teilnehmerinnen ohne Migrationshintergrund ($M = 3.33$, $SD = 0.55$, $n = 43$), $t(97) = 2.06$, $p = .042$, $d = .42$, verzeichnet. Die Ergebnisse zeigen, dass gerade Teilnehmerinnen mit Migrationshintergrund eine Förderung ihrer Fähigkeiten als auch eine positive Stärkung ihrer Selbstwirksamkeitserwartung benötigen, da sie in beiden Bereichen schlechter abschnitten als Teilnehmerinnen ohne Migrationshintergrund. Dies kann vor allem durch positives Feedback auf ihre Leistung, ihre Anstrengung oder durch angeleitete Bestärkung des Glaubens an sich selbst geschehen. Feedbackgeber*innen können Eltern, Freunde (Peers) und Lehrkräfte sein.

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

Brinkmann, U., Stubbe, U. & Prechtl, M. (2021). Computerunterstütztes Tool zur MINT-Berufsorientierung. In N. Graulich, J. Huwer &. A. Banerji (Hrsg.), *Digitalization in Chemistry Education. Digitales Lehren und Lernen an Hochschule und Schule im Fach Chemie* (S. 101-107). Münster: Waxmann.

Jansen, P., Quaiser-Pohl, C., Neuburger, S. & Ruthsatz, V. (2015). Factors Influencing Mental-Rotation with Action-based Gender-Stereotyped Objects—The Role of Fine Motor Skills. *Current Psychology*, *34*(2), 466–476. https://doi.org/10.1007/s12144-014-9269-7

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 (Hrsg.), *Building bridges across disciplines* (S. 215-218). Aachen: Shaker.

Moè, A. (2016). Teaching motivation and strategies to improve mental rotation abilities. Intelligence, 59, 16–23. https://doi.org/10.1016/j.intell.2016.10.004

Prechtl, M. & Rieker, M. (2016). *Coaching Buddy*. Darmstadt. Technische Universität Darmstadt. https://www.disensu.de/files/UC_Supplement_Coaching_Buddy_Prechtl_Rieker.pdf

Reiss, K., Sälzer, C., Schiepe-Tiska, A., Klieme, E. & Köller, O. (Hrsg.). (2016). *PISA 2015: Eine Studie zwischen Kontinuität und Innovation*. Münster: Waxmann.

Searle, J. A. & Hamm, J. P. (2017). Mental rotation: an examination of assumptions. *Wiley interdisciplinary reviews. Cognitive science*, *8*(6). https://doi.org/10.1002/wcs.1443

Voyer, D. & Jansen, P. (2016). Sex differences in chronometric mental rotation with human bodies. *Psychological research*, *80*(6), 974–984. https://doi.org/10.1007/s00426-015-0701-x

Markus Peschel[1]
Johann Seibert[1]
Luisa Lauer[1]

[1]Universität des Saarlandes

Fach-Mediales Lernen – Augmented Reality (AR) im Chemie- und Sachunterricht

Fach-mediales Lernen mit Augmented Reality

Die Nutzung digitaler Medien in fachlichen Lehr-Lernsituationen soll aus Sicht der Gesellschaft für Fachdidaktik eine mediale Unterstützung fachlichen Lernens und gleichzeitig die fachliche Grundlegung medialen Lernens adressieren (GFD, 2018). Dabei sollten der konkrete Einsatz und die Ausrichtung des Unterrichts nunmehr mittels fachdidaktischer Rekonstruktion des Lerninhalts (Duit et al, 2012; Kattmann et al., 1997, Peschel, 2016) unter Einbezug medialer Aspekte in Sinne einer fach-medien-didaktischen Rekonstruktion (Lauer & Peschel, 2021) vorgenommen werden, was eine erweiterte Aushandlung zwischen den technischen Möglichkeiten des digitalen Mediums und den Anforderungen des Fachinhalts einschließt. Das TPACK-Modell (Gesellschaft für digitale Bildung, adaptiert von Harris und Hofer, 2011), das Dagstuhl-Dreieck (GI, 2016) und andere Modellierungen (z.B. Gervé & Peschel 2013) beschreiben notwendige Kompetenzen für Lehrende bzw. verschiedene Perspektiven der Betrachtung digitaler Medien in Lehr-Lernsituationen. Die Didaktik des Sachunterricht schreibt digitalen Medien im Sinne des vielperspektivischen, welterschließenden Lernens in Lehr-Lernsituationen eine doppelte Funktion zu: Beim Einsatz von digitalen Medien soll nicht nur *mit*, sondern auch (kritisch-reflexiv) *über* digitale Medien (GDSU, 2021; Peschel, 2020) gelernt werden. Entsprechend adressiert über das Dagstuhl-Dreieck (GI, 2016) hinausgehende Kreismodell (Peschel 2016; GDSU 2021), ein zentrales Medienverständnis, mithilfe dessen digitale Medien als perspektivenvernetzender Themenbereich im Mittelpunkt einer vielperspektivischen Auseinandersetzung in Lehr-Lernsituationen stehen.

Ein besonderes und sehr innovatives Medium in Lehr-Lernsituationen – insbesondere unter fachdidaktischen Gesichtspunkten im MINT-Bereich (Lauer & Peschel, 2021) ist Augmented Reality (AR). AR ermöglicht die Erweiterung der (realen) Wahrnehmung durch digital generierte (virtuelle) Informationen (Azuma, 2001) und erlaubt so die räumliche und semantische Echtzeit-Verschränkung realer und virtueller Objekte und Lerninhalte (im Gegensatz zu VR, das sich vornehmlich auf digitale Inhalte bezieht). Bezüglich des Einsatzes von AR im naturwissenschaftlichen Unterricht besteht insgesamt noch ein großes Forschungsdesiderat (Akçayır & Akçayır, 2017), da diese neue Technologie zunächst adaptiert und dann in Fach-Medien-Situationen erforscht werden muss. Das deAR-Modell (Seibert et al., 2020b) stellt dazu ein Planungsmodell zur Entwicklung und Erforschung von AR in Lehr-Lernsituationen bereit, welches die Fach-Mediale Rekonstruktion des Fachinhalts zum Einsatz der AR beschreibt.

Beispiel 1: Didaktisch eingebettete AR im Chemieunterricht

Das deAR-Modell als (medien-)didaktisch-pädagogisches Planungsmodell (Seibert et al. 2020b) bildet in dem gewählten Beispiel die Grundlage zur Entwicklung einer AR-Lehr-Lernumgebung zum Lithium-Ionen-Akku (Seibert et al., 2020a). Chemieunterricht zählt das individuelle Lernen über makroskopische Phänomene mit Modellierungen auf der

Teilchenebene zu den grundlegenden Werkzeugen. Wie bei jeder Neukonzeption eines Lehr-Lernszenarios waren bei der Implementierung dieses Lernangebotes mitunter pädagogische Überlegungen (vgl. Primat der Pädagogik, z.B. Mitzlaff, 2010) Ausgangspunkt der inhaltlichen Konzeption. Hierbei spielt in erster Linie die adressierte Lerngruppe bzw. die pädagogischen (individuellen) Gegebenheiten eine zentrale Rolle. Durch den Einsatz von AR als Form der medialen Darbietung kann es u.a. zur Förderung der (kooperativen) Auseinandersetzung der Lernenden mit dem Fachinhalt kommen. Aufbauend darauf wurde eine Fach-Medien-Didaktische Rekonstruktion des Lerninhalts (fachliche, fachdidaktische, pädagogische und insbesondere mediendidaktische Überlegungen) durchgeführt.
Die Frage, die sich in diesem exemplarischen Fall daraus ergibt und die in der AR-Umgebung als spezifischer Lerninhalt hier exemplarisch vorgestellt wird, lautete: „Wie ist ein Lithium-Ionen-Akku aufgebaut und wie lässt sich seine Funktionsweise auf Teilchenebene erklären?“. Daraus entwickeln sich weitere fachdidaktische Überlegungen, wie der Wechsel zwischen den verschiedenen Repräsentationsebenen, also zwischen Stoffebene (dem Aufbau bzw. den Komponenten eines Lithium-Ionen-Akkus) und Teilchenebene (der Interkalation von Lithium-Ionen in ein Graphitgitter) didaktisch umgesetzt und gelernt könnte. Da AR die Echtzeit-Visualisierung semantisch verschränkter Inhalte in örtlicher Nähe zu realen Objekten ermöglicht, wurden folgende Realisierungen bzgl. der Funktion der AR und ihrer Fach-Medialen Gestaltungsmöglichkeiten getroffen: Mögliche Lernschwierigkeiten bzw. auftretender Probleme können mit AR z.B. durch die (virtuelle) Zerlegung des Li-Ionen-Akkus (makroskopische „reale“ Ebene) und die Visualisierung von Vorgängen auf submikroskopischer Ebene samt jederzeitigem Wechsel zwischen Repräsentations- (Augmentation (A) = virtuelle Bauteile auf makroskopischer Ebene und Reality (R) = Realobjekt des Akkus) und Anschauungsebene (Augmentation (A) = Teilchendarstellung auf mikroskopischer Ebene und Reality (R) = nicht mit dem bloßen Auge erkennbar) unterstützt werden. Durch Interaktion mit der AR-Umgebung können Lernenden selbstständig und zu jedem Zeitpunkt eine Auswahl von virtuellen Ergänzungen zur Realsituation per Fingertap auf den Bildschirm des Tablets nutzen und die Repräsentationsebenen wechseln. Die AR dient in diesem Fall als „chemische Lupe“, welche die Lernenden durch den selbstgewählten Wechsel der Repräsentationsebenen dafür sensibilisiert, die verschiedenen Darstellungsebenen bewusster voneinander wahrzunehmen. Hierbei wird insbesondere der Kompetenzbereich der „Erkenntnisgewinnung“ angesprochen, wodurch die Schüler*innen für den Umgang mit Modellen bzw. modellhaften Repräsentationen sensibilisiert werden sollen (KMK, 2004).

Abb.1. AR-Anwendung zum Kennenlernen von Aufbau und Funktionsweise eines Lithium-Ionen-Akkus (links: Auswahl der makroskopischen Darstellung; rechts: Auswahl der submikroskopischen Darstellung)

Beispiel 2: Didaktisch eingebettete AR im Sachunterricht
Für den naturwissenschaftlich-orientierten Sachunterricht der Primarstufe wurde eine Lehr-Lernanwendung durch fach-medien-didaktische Rekonstruktion gemäß dem deAR-Modell entwickelt. Die räumliche und semantische Echtzeitverknüpfung realer und virtueller Objekte von AR wird hier genutzt, um in Echtzeit Schaltsymboliken an (Bauteilen von) elektrischen Schaltungen zu visualisieren, da die kognitive Verknüpfung der realen Bauteile bzw. Schaltungen mit den zugehörigen symbolischen Repräsentationen eine zentrale Schwierigkeit beim Erlernen des Umgangs mit Schaltplänen darstellt (Lauer & Peschel, 2020). Die technische Realisierung erfolgte durch die Herstellung spezieller Bauteile, die gleichzeitig als Trigger für die AR genutzt wurden sowie deren Verbindungen/Kabelschaltungen mithilfe einer AR-Programmierung in Echtzeit bestimmt und mittels passender Schaltsymboliken ausgedrückt werden kann. Die Lehr-Lernanwendung wurde sowohl für die Nutzung mittels Tablets als auch für sogenannte Smartglasses entwickelt, um Differenzen der medialen Umsetzung in Vergleich zu analogen Lernszenarien zu erforschen. Die Tablet- und die Smartglasses-Variante werden bald im Rahmen einer Interventionsstudie bezüglich ihrer Wirkung auf das Erlernen von Schaltsymboliken verglichen. Die Erprobung und auch die Evaluation der entwickelten Lehr-Lernanwendung sind Gegenstand aktueller Auswertungen.

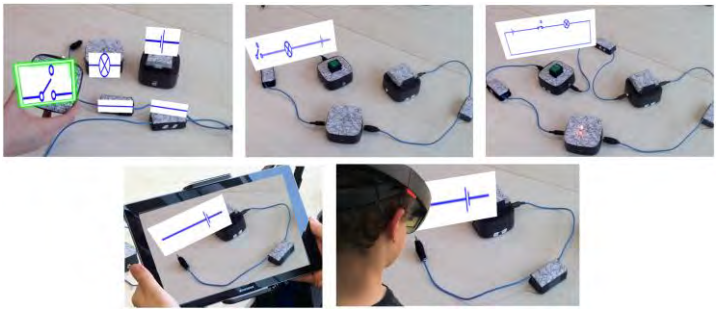


Abb. 2. Bauteile mit AR-Visualisierung von Schaltsymboliken und optischer Hervorhebung von Symbolen bei Berührung des Bauteils in einer Tablet- und einer Smartglasses-Variante. Entwicklung: AG Paul Lukowicz, DFKI Kaiserslautern.

Fazit
Jede neue Technik muss sich in didaktischen Lern-Situationen im MINT-Unterricht der Schule (und nicht nur da) innerhalb eines Fach-Medialen-Lernens beweisen, wozu auch AR-angereicherte Umgebungen auf „Virtualisierungs"-Ebene mit Verschränkungen des realen Lernraums zählen. Insbesondere AR hat hier ein – z.B. gegenüber VR – erweitertes Potential, was aber Berücksichtigungen auf der Ebene von Augmentation (A), Virtualität (V) und Realität (R) Ebene erfordert. Das DeAR-Modell stellt dabei eine praktikable Hilfe bei Planungen auf Modellebene (GI 2016, GDSU 2021) dar.

Literatur

AG Medien und Digitalisierung der GDSU (2019). *Sachunterricht und Digitalisierung – Positionspapier der GDSU – AG Medien und Digitalisierung*.

Akçayır, M., & Akçayır, G. (2017). Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature. *Educational Research Review*, *20*, 1–11.

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.

Duit, R., Gropengießer, H., Kattmann, U., Komorek, M., & Parchmann, I. (2012). *The Model of Educational Reconstruction – a framework for improving teaching and learning science*.

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. (2021). *Sachunterricht und Digitalisierung*. https://tinyurl.com/9es9t7ds (Abgerufen am 30.10.2021)

Gesellschaft für Fachdidaktik (GFD) 2018. *Fachliche Bildung in der digitalen Welt – Positionspapier der Gesellschaft für Fachdidaktik*.

Gesellschaft für Informatik (GI) 2016. *Dagstuhl-Erklärung – Bildung in der digital vernetzten Welt.*

Harris, J. & Hofer, M. (2011). Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) in action: A descriptive study of secondary teachers' curriculum-based, technology-related instructional planning. *Journal of Research on Technology and Education*, 43(3), 211-229.

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.

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.

Kultusministerkonferenz (KMK) (2004). Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss. https://tinyurl.com/jv6d8tfj (Abgerufen am 28.10.2021)

Lauer, L., & Peschel, M. (2021). Gestaltung von Lehr-Lernumgebungen mit Augmented Reality (AR). In C. Maurer, K. Rincke, & M. Hemmer (Hrsg.), *Fachliche Bildung und digitale Transformation—Fachdidaktische Forschung und Diskurse. Fachtagung der Gesellschaft für Fachdidaktik 2020* (S. 64–67). pedocs.

Lauer, L., Altmeyer, K., Malone, S., Barz, M., Brünken, R., Sonntag, D., & Peschel, M. (2021). Investigating the Usability of a Head-Mounted Display Augmented Reality Device in Elementary School Children. *Sensors*, *21*(19), 6623.

Mitzlaff, H. (2010). ICT in der Grundschule und im Sachunterricht – Gestern – heute – morgen – Ein Blick zurück nach vorne. In. M. Peschel (Hrsg.). *Neue Medien im Sachunterricht* (S.7–30). Schneider Verlag Hohengehren.

Munoz-Cristobal, J. A., Jorrin-Abellan, I. M., Asensio-Perez, J. I., Martinez-Mones, A., Prieto, L. P., & Dimitriadis, Y. (2015). Supporting Teacher Orchestration in Ubiquitous Learning Environments: A Study in Primary Education. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, *8*(1), 83–97.

Peschel, M. (2016). Mediales Lernen – Eine Modellierung als Einleitung. In M. Peschel (Hrsg.). *Mediales Lernen – Beispiele für inklusive Mediendidaktik* (S. 7–16). Schneider Verlag Hohengehren.

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* (pp. 341–355). kopaed.

Seibert J., Marquardt, M., Gebhard, M., Kay, C.W.M. & Huwer, J. (2020a). Augmented Reality zur Visualisierung der Teilchenebene am Beispiel des Li-Ion Akkus. Naturwissenschaften im Unterricht, Heft 177/178, 86-91.

Seibert, J., Lauer, L., Marquardt, M., Peschel, M., & Kay, C. W. M. (2020b). 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.

Melanie Ripsam[1]
Claudia Nerdel[1]

[1]Technische Universität München

Pilotierung einer AR-Lernumgebung zur Förderung des Stoff-Teilchen-Konzept-Verständnisses in der Lehrerbildung und -fortbildung

Einführung

Die chemische Fachsprache wird nach Johnstone (2000) in drei Ebenen geteilt: (1) Die *Makroskopische Ebene* beschreibt reale, beobachtbare Phänomene der stofflichen Welt. (2) Die *Submikroskopische Ebene* fokussiert Teilchen wie Atome, Ionen, Moleküle und chemische Prozesse als Teilchenbewegungen. (3) Die *Repräsentative Ebene* umfasst alle piktorialen und symbolischen Darstellungen, um Materie in ihrer Beschaffenheit makroskopisch oder/und submikroskopisch zu visualisieren. Können Lernende jede der drei Ebenen verstehen und konzeptuell in die andere transferieren, sollte sich dies positiv im Lernprozess auswirken (Farida et al., 2010). Internationale Studien zeigen, dass Schüler*innen den Teilchenbegriff inkonsistent nutzen und die chemische Fachsprache mit ihren MER[1] eine Hürde darstellt (Harrison & Treagust, 2000; Justi & Gilbert, 2002). Chemielehrkräfte haben daher eine Vorbildfunktion, wenn es um die Vermittlung des Teilchenkonzepts geht (Pfeifer et al., 2002). Das Denken in den drei Ebenen scheint jedoch für (angehende) Chemielehrkräfte schwer lern- und lehrbar zu sein (van Driel & Verloop, 2002; Crawford & Cullin, 2004). So heben sie in ihrer Unterrichtsgestaltung den Wechsel von Stoff- auf Teilchenebene unzureichend hervor. Auch sind die Sprachfertigkeiten oft fehlerbehaftet (Rodić et al., 2018).

Theoretischer Hintergrund

Durch die Digitalisierung an Schulen bietet es sich an, digitale Medien als Fördermaßnahme in die fachspezifische Lehrerbildung/ –fortbildung zu integrieren (Sailer et al., 2017). Ein Nutzen sollte sich aus dem technischen Fortschritt ergeben, wenn visuell nicht wahrnehmbare Prozesse mit digitalen Soft- und Hardwaresystemen sichtbar gemacht werden (Farida et al., 2010). Techniken zur Teilchenmodellierung (z.B. Tablet mit Video) leisten einen Beitrag zum Stoff-Teilchen-Konzept-Verständnis (Schnitker, 2016). Problematisch an derartigen Settings ist, dass der Betrachter zwischen Medium und Versuchsapparatur hin- und herschauen muss. Der Split-Attention-Effekt kann die kognitive Verarbeitung bei der Text-Bild-Integration stören und den Lernprozess negativ beeinflussen (Schnotz & Bannert, 2003; Ayres & Sweller, 2014). Als digitales (Lern-)Werkzeug verknüpft AR[2] reale und virtuelle Welt (Ibanez & Delgado-Kloos, 2018), sodass sich der Beobachter physisch in einer realen Umgebung bewegt, die virtuelle Elemente integriert. Dabei ermöglicht AR die Interaktion mit den realen *und* virtuellen Objekten (Azuma, 1997). Werden bei Ablauf eines realen Experiments unter Berücksichtigung der Dynamik submikroskopische Teilchen als (M)ER virtuell in das Experiment eingeblendet, können die Informationen räumlich und zeitlich verbunden, sowie semantisch im Zusammenhang stehend gezeigt werden (Chavan, 2016). Diese simultane Präsentation sollte nach dem Kohärenz- und Kontiguitätsprinzip von Mayer (2014) positive Lerneffekte mit Stoff- und Teilchenebene erzielen und Splitt-Attention vermeiden. Infolgedessen bietet AR neue Chancen zum erfolgreichen Lernen in den Ebenen nach

[1] Multiple Externe Repräsentationen
[2] Augmented Reality

Johnstone (2000). Soll AR im Unterricht Anwendung finden, muss das Lehr- und Lernangebot von den Lehrenden akzeptiert[3] werden (Bürg, 2005). Akzeptanz setzt eine positive (fachdidaktische) Beurteilung der Informations-/Systemqualität der Innovation (Merkmale der Lernumgebung/Usability) durch die Zielgruppe voraus (Figl, 2010). Ferner müssen Personenmerkmale als Einstellungen und Selbstwirksamkeiten analysiert werden (Bürg, 2005; Graham et al., 2009).

Wissenschaftliche Fragestellungen

Für die Pilotierung der AR-Lernumgebung wird folgenden Fragestellungen nachgegangen:
FF1: Wie schätzen Experten[4] den Einsatz digitaler Medien und AR im Chemieunterricht ein?
FF2: Wie schätzen Experten ihren Umgang mit digitalen Medien und AR ein?
FF3: Wie schätzen Experten die Merkmale der AR-Lernumgebung/Usability ein?
FF4: Inwieweit wird die AR-Lernumgebung von Experten akzeptiert?
FF5: Wie wirken die Merkmale des Individuums und der Lernumgebung auf die Akzeptanz?

Forschungsmethoden

Gestaltung der AR-Lernumgebung

Die AR-Lernumgebung zum Thema Redoxreaktionen besteht aus einem realen Versuchsaufbau zur *Elektrolyse von Zinkiodid*. Sobald die Probanden ein Tablet mit der App[5] auf die Elektrolysezelle richten, erscheint im Vordergrund die virtuelle Lernumgebung (Chavan, 2016). Mit dem Funktionenmenü kann interaktiv gelenkt werden, welche (M)ER virtuell auf das reale Experiment projiziert werden (Schmalstieg & Höllerer, 2016). Das AR-Setting umfasst vier Lernpfade, die vor und nach Anschalten der Gleichspannungsquelle elaboriert werden: Versuchsaufbau, Diffusion und Elektrolyse auf Teilchenebene sowie Chemische Reaktionen. Abb. 1 zeigt auf, dass die AR-Lernumgebung auf Teilchenebene mit der Versuchsdurchführung zeitlich und räumlich verbunden konzipiert wurde und sich die AR-Teilchen stets am Reaktionsfortschritt orientieren (Azuma, 1997).

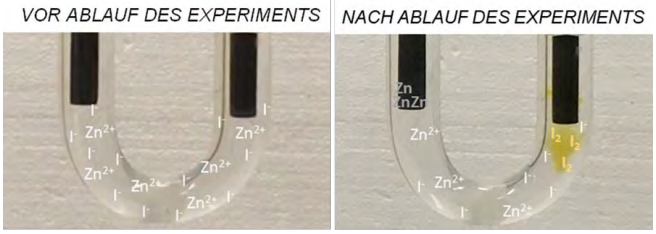


Abb. 1: Realexperiment mit AR-Symbolen vor/während Versuchsablaufs

Stichprobe und Durchführung der Pilotstudie

Im Januar 2021 erfolgte die digitale Befragung (N=20) zur Erfassung der Selbstwirksamkeit und Einstellung (digitale Medien/AR). Im März 2021 fand die Überprüfung der AR-Lernumgebung (Akzeptanz/Usability) statt (N=18). Es wurden Naturwissenschaftler, (angehende) Chemielehrkräfte/-didaktiker und Softwareentwickler befragt, die alle regelmäßig digitale Medien nutzen. Die Hälfte der Probanden bestand aus Lehrpersonen. Die Fragebogendaten wurden auf der Basis der klassischen Testtheorie deskriptiv sowie mit Reliabilitäts- und Korrelationsanalysen ausgewertet.

---

[3] Akzeptanz wird als positive Annahmeentscheidung einer Technologie definiert (Simon, 2001).

[4] Im Rahmen der Pilotstudie werden unter Experten Personen mit einer fundierten Expertise im Bereich der **Technologie und den Naturwissenschaften** verstanden.

[5] Applikation

Skalendokumentation

Die Fragebogenentwicklung stützte sich auf Vorarbeiten von Vogelsang et al. (2019), Graham et al. (2009), Kopp et al. (2003), Bürg (2005), ISO 9241-11 (1998), Wolf et al. (2020).
Eine Reliabilitätsanalyse zu den Merkmalen des Individuums und der AR-Lernumgebung lieferte überwiegend gute bis exzellente Werte der internen Konsistenz (s. Tab. 1):

Tab. 1: Skalendokumentation; Itemanzahl (N) und Cronbachs-alpha (α)

Konstrukte	Beispielitem einer Skala	N	α
4 Skalen zur Einstellungen/ Selbstwirksamkeit	*„Ich kann Innovationen wie AR zur Förderung des kooperativen Arbeitens im/n CU/LVen einsetzen."*	13<N<20	.876<α<.956
1 Skala zur Akzeptanz	*„Ich würde die AR-Lernumgebung in meine/n eigenen CU/LVen einsetzen."*	N=7	α=.73
8 Skalen zur Usability	*„Die AR-Lernumgebung weckt bei Lernenden voraussichtlich die Neugier an Redox-reaktionen auf Stoff- und Teilchenebene."*	4<N<17	.668<α<.904

Ausgewählte Ergebnisse und Diskussion

Deskriptive Statistik

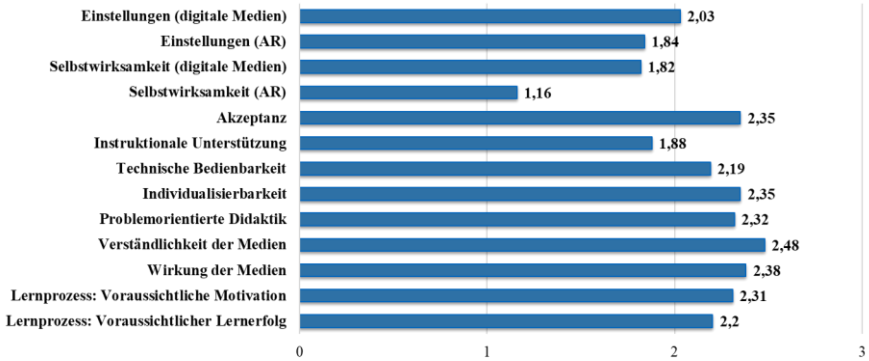


Abb. 2: Deskriptive Statistik zu den 13 Skalen aus beiden Fragebögen auf einer vierstufigen Likert-Skala von 0=trifft nicht zu bis 3=trifft voll zu; angegeben sind Mittelwerte (M)

Bis auf die Skala *Selbstwirksamkeit* (AR) weisen alle Skalen zu den Merkmalen des/r Individuums/Lernumgebung Mittelwerte über dem mittleren Skalenniveau auf (s. Abb. 2). Der Einsatz digitaler Medien/AR im Chemieunterricht wird relativ vielversprechend angesehen. Die Expertise zu AR scheint jedoch sehr schwach ausgeprägt zu sein (vgl. Vogelsang et al., 2019), was vermutlich auf den innovativen Charakter von AR als High-End-Technik zurückzuführen ist. Die positive Beurteilung der Usability liefert erste Hinweise, dass das Setting von den Probanden akzeptiert wird.

Zusammenhänge zwischen Merkmalen des/r Individuums/Lernumgebung und der Akzeptanz

Korrelationsanalysen zeigen signifikante Zusammenhänge zwischen Einstellungen (digitalen Medien: $r=.62$; $p<.01$; AR: $r=.57$; $p<.05$) und Akzeptanz. Ferner korreliert die voraussichtliche Motivation hoch mit der Akzeptanz ($r=.67$; $p<.01$). Obwohl die domänenspezifische Erfassung der Selbstwirksamkeit (AR) einen Zusammenhang sicherstellen sollte (vgl. Bandura, 1986), liegt keiner vor. Ursachen könnten der Neuheitsgrad, die Stichprobengröße, geringe Vorerfahrungen mit AR, Wissensdefizite oder Einschränkungen in dem Setting sein.

Ausblick

Auf der Grundlage der Pilotergebnisse wird die AR-Lernumgebung für die Haupterhebung zur Erfassung des Stoff-Teilchen-Konzept-Verständnisses ab November 2021 optimiert.

Literatur

Ayres, P., & Sweller, J. (2014). The Splitt-Attention Principle in Multmedia Learning. In: Mayer, E. (Hrsg.): The Cambridge Handbook of Multimedia Learning (2. Aufl.). New York: Cambridge University Press, 206-226.

Azuma, R.T. (1997). A Survey of Augmented Reality. Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 6(4), 355−385.

Bandura, A. (1986). Social foundations of thought and action. Englewood-Cliffs: Prentice-Hall.

Bürg, O. (2005). Akzeptanz von E-Learning in Unternehmen. Die Bedeutung von institutionellen Rahmenbedingungen, Merkmalen des Individuums und Merkmalen der Lernumgebung für die Akzeptanz von E-Learning. Berlin: Logos.

Chavan, S.R. (2016). Augmented Reality vs. Virtual Reality: Differences and Similarities. International Journal of Advanced Research in Computer Engineering & Technology 5, 1–6.

Crawford, B. A. & Cullin, M. J. (2004): Supporting Prospective Teachers' Conceptions of Modeling in Science. International Journal of Science Education 26 (11) 1379-1401.

Devetak,I. Urbančič, M., Wissiak, K.S., Krnel, D., & Glažar, S.A. (2004). Submicroscopic representations as a tool for evaluating students' conceptions. Acta Chimica Slovenica 51, 799−814.

Farida, I., Liliasari, Widyantoro, Dwi H., & Sopandi, W. (2010). Representational Competence's Profile of Pre-Service Chemistry Teachers in Chemical Problem Solving. International Seminar on Science Education.

Figl, K. (2010). Deutschsprachige Fragebögen zur Usability-Evaluation im Vergleich. Zeitschrift für Arbeitswissenschaft. 2010/4.

Graham, C.R.; Burgoyne, N.; Cantrell, P.; Smith, L.; St Clair L., & Harris, R. (2009). TPACK development in science teaching: measuring the TPACK confidence of inservice science teachers. TechTrends 53(5), 70–79.

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

Ibanez, M.-B., & Delgado-Kloos, C. (2018). Augmented Reality for STEM learning: A systematic Review. Computers & Education (123), 109-123.

ISO 9241-11 (1998). Ergonomic Requirements for Office Work with Visual Display Terminals (VDTs) – Part 11: Guidance on usability.

Justi, R. S., & Gilbert, J. K. (2002). Models and modelling in chemical education. In: J.G. Gilber, O. De jong, R. Justi, T.F. Treagust & J.H. Van Driel (Hrsg.). Chemical education: Towards research based practice. Dordrecht, Niederlande: Kluwer, 47-68.

Johnstone, A., H. (2000). Teaching of Chemistry – logical or psychological?. CERAPIE 1, 9.

Kopp, B.; Dvorak, S.; Mandl, H. (2003). Evaluation des Einsatzes von Neuen Medien im Projekt "Geoinformation - Neue Medien für die Einführung eines neuen Querschnittfachs". (Forschungsbericht Nr. 161). Pädagogische Psychologie, Kozma, R., & Russell, J. (2005) Students becoming chemists: Developing representational competence. In: Gilbert, J.K. Visualization in Science Education. Niederlande: Springer-Verlag, 121-146.

Mayer, E. (2014). Cognitive Theory of Multimedia Learning. In: Mayer, E. (Hrsg.): The Cambridge Handbook of Multimedia Learning (2. Aufl,). New York: Cambridge University Press, 43-71.

Pfeifer, P.; Lutz, B.; Bader, H.J. (2002). Konkrete Fachdidaktik Chemie. Stuttgart: Oldenbourg Verlag GmbH.

Rodić, D.D., Rončevi, T.N., Segedinac, M.N. (2018). The Accuracy of Macro–Submicro–Symbolic Language of Future Chemistry Teachers. Acta Chim. Slov, 65, 394–400.

Sailer, M., Murböck, J., & Fischer, F. (2017). Digitale Bildung an bayerischen Schulen – Infrastruktur, Konzepte, Lehrerbildung und Unterricht. München: vbw.

Schmalstieg, D.; Höllerer, T. (2016). Augmented Reality – Principles and Practice. Boston: Addison-Wesley.

Schnitker, J. (2016). Das Unsichtbare sichtbar machen – Chemie lehren mit Simulationen auf der Teilchenebene. (6. Ausg.). Neuss: Klaus Seeberger Verlag.

Schnotz, W. & Bannert, M., (2003). Construction and interference in learning from multiple representation. Learning and Instruction 13(2), 141-156.

Simon, B. (2001). E-Learning an Hochschulen. Gestaltungsräume und Erfolgsfaktoren von Wissensmedien. Köln: Josef Eul Verlag.

Van Driel, J. H. & Verloop, N. (2002). Experienced teachers' knowledge of teaching and learning of models and modelling in science education. International Journal of Science Education, 24(12), 1255-1272.

Vogelsang, C., Finger, A., Laumann, D. & Thyssen, C. (2019). Vorerfahrungen, Einstellungen und motivationale Orientierungen als mögliche Einflussfaktoren auf den Einsatz digitaler Werkzeuge im naturwissenschaftlichen Unterricht. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 25(1), 115-129.

Wolf, M., Söbke, H. (2020). Augmented Reality in der Hochschullehre für Bauingenieure: Ein leichtgewichtiger Ansatz. Beitrag im Hochschulforum Digitalisierung.

Sarah Brauns[1]
Simone Abels[1]

[1]Leuphana Universität Lüneburg

Die Anwendung des Kategoriensystems inklusiver naturwissenschaftlicher Unterricht (KinU)

Das Kategoriensystem inklusiver naturwissenschaftlicher Unterricht (KinU)

Um Lehrkräfte für den inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht professionalisieren und diesen Unterricht beforschen zu können, wurde das KinU im Nawi-In Projekt mittels systematischen Reviews aus der Literatur abgeleitet (Brauns & Abels, 2020). Die finale Stichprobe enthielt insgesamt n=297 empirische und theoretisch konzeptionelle Arbeiten zum inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht, aus denen die Kategorien des KinUs mittels qualitativer Inhaltsanalyse (Kuckartz, 2018) induktiv abgeleitet wurden. Alle abgeleiteten n=935 Kategorien stellen eine Verbindung der Charakteristika naturwissenschaftlichen Unterrichts mit inklusiven Zugängen dar. Dabei bilden n=16 Kategorien die Hauptkategorien (Abb. 1) (Brauns & Abels, 2020).

Abb. 1. Hauptkategorien des KinUs (Brauns & Abels, 2020, S. 21)

Insgesamt besteht das KinU aus vier Abstraktionsebenen (Brauns & Abels, 2020). Die Hauptkategorien stellen die zusammenfassende, abstrakte Ebene des KinUs dar. Danach folgen Subkategorien- und Code-Ebene bis zur konkreten Subcode-Ebene. Während z.B. die Hauptkategorie *Entwicklung von naturwissenschaftlicher Fachsprache inklusiv vermitteln* (Kat. 6) Fragen der Umsetzung in der Praxis offenlässt, geben die Kategorien der Subcode-Ebene konkrete Handlungsoptionen, z.B. *Entwicklung von naturwissenschaftlicher Fachsprache mithilfe von Glossaren, Wortlisten oder Fachvokabeltabellen gestalten*.

Anwendung des KinUs mit doppeltem Fokus

Durch das systematische Literaturreview wurden nicht nur die Kategorien des KinUs abgeleitet. Es hat sich gezeigt, dass nur etwa 40 % der Kategorien aus empirischen Arbeiten abgeleitet wurden (Brauns & Abels, 2020). Zudem waren Lücken auf der Code- und Subcode-Ebene zu verzeichnen, weil in der Literatur teilweise keine konkreten Gestaltungshinweise zur

Umsetzung inklusiven naturwissenschaftlichen Unterrichts beschrieben waren. Um diese Lücken zu schließen, das KinU weiterzuentwickeln und empirisch zu überprüfen, wurde das KinU mittels der Anwendung auf Unterrichtsvideos und auf Unterrichtsvideoreflexionen von Studierenden einem Validierungsprozess unterzogen (Fokus 1) (Abb. 2) (Brauns & Abels, im Review). Dabei wurden die professionellen Kompetenzen der Studierenden bzgl. der Umsetzung und Wahrnehmung inklusiv naturwissenschaftlicher Charakteristika ebenfalls analysiert (Fokus 2).

Abb. 2. Doppelter Fokus bei der Anwendung des KinUs

In der ersten von insgesamt drei Kohorten wurden n=17 Unterrichtsvideos, n=36 Eigenreflexionen und n=9 Fremdreflexionen erhoben (Brauns & Abels, eingereicht a, eingereicht b, eingereicht c). Die Datenauswertung fand jeweils mittels qualitativer Inhaltsanalyse (Mayring, 2015) statt. Dabei wurden in den Daten die inklusiv naturwissenschaftlichen Charakteristika mit dem KinU kodiert. Danach wurden alle Codings mithilfe der fokussierten Zusammenfassung der qualitativen Inhaltsanalyse (Mayring, 2015) ausgewertet. Zudem wurden die kodierten Kategorien deskriptiv statistisch ausgewertet.

Ergebnisse und Diskussion bzgl. der Validierung und Entwicklung des KinUs (1)
Insgesamt wurden bei den Analysen n=399 Kategorien induktiv aus dem Datenmaterial abgeleitet (Brauns & Abels, im Review). Dabei war der Anteil induktiv abgeleiteter Kategorien bei den Videoanalysen höher als bei den Analysen der Unterrichtsreflexionen Abb. 3). Zudem war es durch die Reichhaltigkeit audiovisueller Informationen in den Videos möglich, konkrete Kategorien auf der Subcode-Ebene abzuleiten, während die Reflexionen der Studierenden abstrakter formuliert waren.

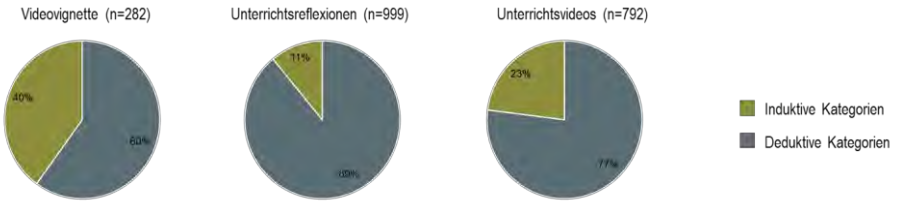


Abb. 3. Induktiv abgeleitete und deduktiv kodierte Kategorien des KinUs (Brauns & Abels, im Review, S. 12 f.)

Im weiteren Validierungsprozess wurden die Kategorien überarbeitet, die Struktur des KinUs vereinfacht sowie die Kategorien des KinUs erweitert. Das neue KinU 2.0 mit dessen n=2117 Kategorien ist unter www.leuphana.de/inclusive-science-education open access publiziert.
Insgesamt stellt das KinU die erste vollumfängliche Systematisierung inklusiven naturwissenschaftlichen Unterrichts dar, da vorher nur theoretische Ansätze bestanden haben (Ferreira González et al., 2021) oder die Kategoriensysteme sich auf den allgemein inklusiven Unterricht beziehen (Booth & Ainscow, 2017). Zudem wird der Bezug zum Fachlichen dadurch deutlich, dass das KinU von den Charakteristika naturwissenschaftlichen Unterrichts

ausgeht. Andernfalls bleiben Aussagen meist allgemeinpädagogisch (Streller et al., 2019). Das KinU stellt einen Katalog an Gestaltungs- und Reflexionsmöglichkeiten dar, damit (angehende) Lehrkräfte für den inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht professionalisiert werden können.

Ergebnisse und Diskussion bzgl der professionellen Kompetenzen von Studierenden (2)
Sowohl bei der Implementierung, als auch bei der Wahrnehmung inklusiv naturwissenschaftlicher Charakteristika haben die Studierenden den Fokus auf die folgenden Kategorien des KinUs gelegt (Brauns & Abels, eingereicht a, eingereicht b, eingereicht c):

- Inklusive Gestaltung der Anwendung naturw. Untersuchungsmethoden (Kat. 13)
- Inklusive Gestaltung der Hypothesen und naturw. Fragestellungen (Kat. 10)
- Inklusive Gestaltung der Datenauswertung und naturw. Ergebnisdarstellung (Kat. 15)

Der Fokus der Studierenden auf der Anwendung naturwissenschaftlicher Untersuchungsmethoden war dahingehend zu erwarten, dass diese den größten Anteil der Zeit im naturwissenschaftlichen. Unterricht einnehmen (Nehring et al., 2016) und auch am häufigsten in der Literatur zu inklusiven Unterricht thematisiert werden (Brauns & Abels, 2020).
Zudem haben die Studierenden über die zwei Semester, in denen sie am Projektbandseminar und der Praxisphase teilgenommen haben, zunehmend mehr inklusiv naturwissenschaftliche Charakteristika implementiert und wahrgenommen (Brauns & Abels, eingereicht a, eingereicht b, eingereicht c). Während zu Beginn der Fokus in der Wahrnehmung auf allgemeinpädagogischen Aspekten und auf der Lehrkräftepersönlichkeit lag, wurden später der inklusiv naturwissenschaftliche Unterricht sowie die Diversität der Klasse in Verbindung mit dem naturwissenschaftlichen Unterricht wahrgenommen. Möglicherweise wurde die Entwicklung der professionellen Kompetenzen der Studierenden bzgl. inklusiven naturwissenschaftlichen Unterrichts durch die praxisnahen Erfahrungen und Reflexionen begünstigt (Consuegra et al., 2016; König et al., 2020), wobei es wichtig bleibt, die (angehenden) Lehrkräfte fortwährend für inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht zu professionalisieren.

Ausblick
Generell ist das KinU dynamisch, d.h., dass es weiterentwickelt und adaptiert werden darf, um bestmöglich der Forderung zur Professionalisierung für einen inklusiven Fachunterricht zu entsprechen.
Zudem kann mit dem KinU analysiert werden, was die Studierenden in eigenen und fremden Unterrichtsvideos an inklusiv naturwissenschaftlichen Charakteristika wahrnehmen. Egger und Abels (im Review) haben zusätzlich das Analytical Competency Model (ACM) erstellt, mit dem analysiert werden kann, wie die Studierenden die inklusiv naturwissenschaftlichen Charakteristika wahrnehmen und begründen (*reasoning*).
Insgesamt wurden mit dem Validierungsprozess des KinUs die Daten der ersten Kohorte des Nawi-In Projekts analysiert. Demnächst werden weitere Analysen der zweiten und dritten Kohorte publiziert.

Literaturverzeichnis

Booth, T. & Ainscow, M. (2017). *Index für Inklusion: Ein Leitfaden für Schulentwicklung* (B. Achermann, D. Ahrandjani-Amirpur, M.-L. Braunsteiner, H. Demo, E. Plate & A. Platte, Hg.) (1. Auflage). Beltz.

Brauns, S. & Abels, S. (eingereicht a). Analysing Pre-service Teachers' Classroom Videos with the Framework for Inclusive Science Education. *International Journal of Inclusive Education*.

Brauns, S. & Abels, S. (eingereicht b). Analysing Pre-Service Teachers' Video-Stimulated Recalls with the Framework for Inclusive Science Education. *Science Education*.

Brauns, S. & Abels, S. (eingereicht c). Validating the Framework for Inclusive Science Education by Analysing Pre-Service Teachers' Video-Stimulated Reflections. *International Journal of Science Education*.

Brauns, S. & Abels, S. (im Review). Validation and Revision of the Framework for Inclusive Science Education. *Inclusive Science Education, Working Paper*. www.leuphana.de/inclusive-science-education

Brauns, S. & Abels, S. (2020). The Framework for Inclusive Science Education. *Inclusive Science Education, Working Paper*, *1/2020*, 1–145. www.leuphana.de/inclusive-science-education

Consuegra, E., Engels, N. & Willegems, V. (2016). Using video-stimulated recall to investigate teacher awareness of explicit and implicit gendered thoughts on classroom interactions. *Teachers and Teaching*, *22*(6), 683–699. https://doi.org/10.1080/13540602.2016.1158958

Egger, D. & Abels, S. (im Review). The Analytical Competency Model to Investigate the Video-Stimulated Analysis of Inclusive Science Education. *Progress in Science Education*.

Ferreira González, L., Fühner, L., Sührig, L., Weck, H., Weirauch, K. & Abels, S. (2021). Ein Unterstützungsraster zur Planung und Reflexion inklusiven naturwissenschaftlichen Unterrichts. In S. Hundertmark, Sun, Xiaokang, S. Abels, A. Nehring, R. Schildknecht, V. Seremet & C. Lindmeier (Hrsg.), *Beiheft zur Zeitschrift "Sonderpädagogische Förderung heute". Naturwissenschaftsdidaktik und Inklusion: 4. Beiheft Sonderpädagogische Förderung heute* (S. 191–215). Beltz.

König, J., Darge, K. & Kramer, C. (2020). Kompetenzentwicklung im Praxissemester: Zur Bedeutung schulpraktischer Lerngelegenheiten auf den Erwerb von pädagogischem Wissen bei Lehramtsstudierenden. In I. Ulrich & A. Gröschner (Hrsg.), *Edition ZfE. Praxissemester im Lehramtsstudium in Deutschland: Wirkungen auf Studierende* (Bd. 9, S. 67–95). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-658-24209-1_2

Kuckartz, U. (2018). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung: Grundlagentexte Methoden, 4., überarbeitete Auflage*. Beltz Juventa.

Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken* (12., überarb. Aufl.). Beltz.

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*(1), 77–96. https://doi.org/10.1007/s40573-016-0043-2

Streller, S., Bolte, C., Dietz, D. & La Noto Diega, R. (2019). *Chemiedidaktik an Fallbeispielen*. Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-58645-7

Clemens Milker[1] [1]TU Dresden

Inklusiver NaWi-Unterricht und Professionalisierungsdilemmata

Inklusion als interdisziplinäre Entwicklungsaufgabe

Während die Umsetzung der Inklusion in Schule nur ein Ausschnitt eines gesamtgesellschaftlichen Prozesses sein kann, bleiben trotzdem allein im Kontext Bildung eine Vielzahl an Domänen, die sich mit diesem Wandel in Theorie und Praxis gemäß ihrer Fachkulturen zuwenden müssen. Diese Kulturen verantworten vermutlich ähnlich wie einzelne (inter)nationale Akteur:innen der jeweiligen Fachgeschichte die unterschiedlichen Entwicklungsstände der Bereiche (vgl. z.B. für den Bereich Fachdidaktik Riegert & Musenberg, 2015) in der Entwicklung und Erprobung inklusionssensibler Konzepte und Theorien. Das im Rahmen der BMBF geförderten Initative „Qualifizierung der pädagogischen Fachkräfte für inklusive Bildung“ geförderte Projekt Sing („Schule inklusiv gestalten“) setzte sich zum Ziel, die Entwicklungsstände verschiedener Fach- und Schuldidaktiken sowie angrenzender Fachrichtungen (Psychologie, Medienpädagogik, Organisationsforschung) zu verdichten und synergetisch Gemeinsamkeiten zu induzieren. Fachübergreifende Perspektiven im Vergleich erlauben außerdem, die Sensibilität für facheigene Alleinstellungsmerkmale zu weiten, die dann hinsichtlich ihrer Vereinbarkeit mit den Ansprüchen von Inklusion geprüft werden müssen. Für die Professionalisierung und haltungsspezifische Arbeit mit (zukünftigen) Lehrkräften wurden ursprüngliche Modelle (Langner et al., 2019), die sich an den Theorien der Synthetischen Humanwissenschaften (Jantzen, 2019) didaktisch orientieren, erweitert. Nach Projektende kann hier nur ein Ausschnitt der Erkenntnisse beschrieben werden: Die Fachspezifität im Kontext Inklusion geht mit Dilemmata in Professionalisierung und Praxis einher, zwischen denen verhandelt werden muss. Außerdem zeigt sich, dass inklusionssensible Unterrichtskonzepte im Feld ständig zwischen der Subjekt- und (fachspezifischen) Objektperspektive vermitteln müssen.

Domänenspezifika und komplexe Dilemmata

Besonders in der Ausbildung Lehrender aber auch im Prozess fachdidaktischer Forschung, scheint es wichtig, eine regelmäßige Standortbestimmung bzgl. des eigenen Faches durchzuführen. Lehrkräfte neigen dazu, das Schulcurriculum „als schlichte Selbstverständlichkeit, wenn nicht sogar obendrein als Neutrum inmitten eines komplexen Sinnzusammenhangs“ (Goodson, 1990, S. 379) zu deuten. Vernachlässigt man den sozial konstruierten, historisch gewachsenen und in gewisser Form zufälligen Charakter von Schulfächern, die sich keineswegs ausschließlich aus sachlogischen Eigenheiten definieren lassen, könnte man sich gezwungen sehen, Antworten auf Fragen suchen, die sich evtl. gar nicht stellten.

Die fachdidaktische Forschung zur Vermittlung spezifischer, fachbezogener und curricularer Mikroinhalte unter der scheinbaren Ägide der Inklusion könnte somit seinen Zweck verfehlen: Dieser Ansatz folgte zwar schulsystematischen Setzungen der Curricula beispielsweise mit dem Ziel der Qualifikation oder Enkulturation (Fend, 2008, S. 51) ignorierte aber, dass eine zu starre - hinsichtlich der Flexibilität, *wann was* gelernt wird - Vermittlung von Kulturtechniken völlig an der, zum jeweiligen Zeitpunkt konstituierten, Lebens- und Interessenswelt der Lernenden vorbeigehen kann. Betrachtet man die Relevanz von Emotionen für den Lernprozess (Lüdtke, 2006; Steffens, 2019) und versteht inklusives Lernen

als Stärkung der subjektgesteuerten Perspektive in der ständigen Vermittlung mit dem Objekt, ergibt sich durch dieses Vorgehen ein nicht aufzulösender Widerspruch beim Ziel unterrichtlicher Teilhabe.
Diese Erkenntnis soll eng fachbezogene Vorhaben nicht kategorisch delegitimieren. Das Wissen, wie einzelne Inhaltskomplexe effektiver gelernt werden können, kann schließlich auch in dezentralisierten Unterrichts- und Curriculumskonzepten entwicklungsfördernd genutzt werden. Ferner steht sie symptomatisch für das Dilemma, dass Inklusion in gewissen Aspekten diametral den gesellschafts- bzw. schulsystematischen Funktionen entgegensteht (Feuser 1989, S. 14; Katzenbach, 2017, S. 134ff.). Wozu also Inklusion in der Lehramtsausbildung thematisieren, wenn die systematischen Rahmenbedingungen nur inhibieren können? Der Anspruch von Inklusion wird (zu) oft an den Unterricht deligiert (Blasse et al. 2019, S. 13). Es gilt also, (zukünftigen) Lehrkräften Theorien und Haltungen zu vermitteln, die im Feld nur bedingt umsetzbar erscheinen. Es verlangt von diesen eine hohe Ambiguitätstoleranz, um selbst Akteur:innen von durchaus wirksamen Schulentwicklungsprozessen (Blömeke & Herzig, 2009) sein zu können und sich nicht vom Feld ‚entmutigen' zu lassen. Eine inklusionszugewandte Haltung (Langner, 2015) motiviert womöglich Lehrkräfte, das Gestaltungspotential für sog. *möglichst subjektbezogenen Unterricht* zu nutzen, den die limitierten aber vorhandenen Stellschrauben im aktuellen Schulsystem hergeben.

Für die NaWi-Didaktik ergibt sich so beispielsweise Differenzierungspotential durch die charakteristische Methode des Experimentierens. Aneignungstheoretisch könnte weiter untersucht werden, wie Emotionen wie Neugier, u.a. durch den facheigenen Fundus phänomenologischer Experimentiereffekte, oder auch Angst den fachlichen Lernprozess beeinflussen können. Weitere markante Beispiele wären u.a. die Fachsprache oder genderspezifische Effekte auf Vorkonzepte, Selbstwirksamkeitserwartungen und weitere lernrelevante Konstruktionseffekte (Rüschenpöhler 2020).

Umsetzungsansätze inklusiven Fachunterrichts und Professionalisierung
Das Sing-Projekt bot für die jeweiligen Fachstudierenden praxisorientierte Seminare an, um für inklusiven Unterricht zu sensibilisieren (dieser Schritt scheint in seiner Relevanz häufig unterschätzt) und professionalisieren. Mit dem Design-based-research Ansatz wurden Seminarkonzepte, die sich auf kooperatives forschendes Lernen im Feld fokussierten (Langner & Ritter, 2019; Ritter et al., 2019), iterativ optimiert. Die Seminare wurden zusammenhängend für zwei Semester ausgelegt. Im ersten Seminar mussten zunächst inklusions- und entwicklungstheoretische Grundlagen (SING, i.V.) vermittelt werden. Ein besonderer Fokus lag dabei auf der Vermittlung der sog. „Verstehenden Perspektive" (Langner & Jugel, 2019), einer diagnostischen Haltung, die einen prozess- und subjektorientierten Charakter zum Kern hat und der individuellen Lern- und Entwicklungsförderung unterstellt ist. Es gilt, das Verhalten von Lernenden im Kontext ihrer Umwelt (Lanwer, 2006) zu verstehen, um daraus (fachbezogene) didaktische Konsequenzen zu entwickelt (Milker, 2020). Dazu wurden in den Partnerschulen an projektähnlich gestalteten Tagen von Studierenden diagnostische Lernumgebungen angeboten, videographiert und ausgewertet.
Im zweiten Seminar wurden diese fachdidaktischen und allgemein-pädagogischen Erkenntnisse und Hypothesen zu allen Lernenden verdichtet. Anschließend planten zwei Seminargruppen der Chemie- bzw. Politikdidaktik eine Projektumgebung entlang des Gemeinsamen Gegenstandes (Feuser, 1989) mit praxeologischen Adaptionen (Milker & Jugel,

2021; Jugel & Milker, i.V.). Dabei sollte das Elementare und Fundamentale der beiden Fächer mit den Lernausgangslagen und potentiellen Zonen der nächsten Entwicklung (Vygotskij, 1992) verwoben werden. Auf Grundlage dieser Zusammenführung entstanden tragfähige Projektvorschläge, die potentielle Lerninhalte beider Fächer zu verbinden imstande waren. Die Lernenden bewerteten dann ihre individuellen Präferenzen. Die Projektgruppen mussten erneut nach Kompromissen besetzt werden: Dominiert das soziale Bindungsgefüge in der Zusammenstellung von Gruppen oder Kongruenzen bei thematisch-inhaltlichen Vorlieben? Diesen Aushandlungsprozess zwischen der Subjekt- und Objektperspektive nennen wir das pädagogische Pendel (Milker & Steffens, i.V.).

Eine besondere Schwierigkeit bei der Planung bestand in dem Widerspruch zu bis dahin sozialisierten und auch in der Hochschullehre verinnerlichten Modellen von Unterrichtsplanung. Wenngleich in unserem Verständnis des Gemeinsamen Gegenstandes die fachlichen Inhalte keinesfalls als sekundär betrachtet werden sollen, verstehen wir das Erreichen des Gemeinsamen Gegenstandes in der gleichzeitigen Existenz von Individualisierung und Kooperation. Ein individualisiertes Lernangebot lässt die Lernenden einen Sinn am Lerngegenstand erkennen (Steffens, 2019). Eine Planung und Durchführung des Gemeinsamen Gegenstandes lässt sich u.E. als Erfolg betrachten, wenn die Lernenden einen Moment gemeinsamer Sinnempfindung vollziehen und dieser kooperativer Motor zu gemeinsamem und eben nicht vereinzeltem Lernen führt. Diese kollektive Sinnempfindung lässt sich aber nur selten finalisiert planen und lebt von demokratischer Mitwirkung und Gestaltung der Lernenden. Die Konzepte sollten deshalb clusterartig geplant werden, sodass, im Gegensatz zu bindungsstiftenden Momenten und Zusammenführungen der Lerngruppen, kaum feste inhaltliche Abläufe und Themen vorher festgelegt wurden. Die vorbereiteten Cluster dienten als Vorbereitung und Angebotsstruktur für die Lernenden, unterlagen aber nie der Garantie, wirklich ‚gebraucht' zu werden. Diese Art von Planung scheint für das Selbstverständnis der Lehrenden unintuitiv und verlangt Vertrauen in die eigenen adaptiven (Planungs)-kompetenzen und den Gestaltungsprozess der Lernenden: *„[…] aus irgendeinem Grund ist halt offener Unterricht extremst schwierig zu planen, […] weil du planst halt, aber irgendwie auch nicht. Und für jeden ist es deswegen halt eine andere Sache, […] dass es bei offenem Unterricht schwierig ist, die Balance zu finden zwischen Leiten und schon Helfen und ein bisschen Vorgeben, aber trotzdem die Offenheit zu wahren."*

Diese Einschätzung stammt aus Interviews, die im Nachgang mit den Studierenden zu dieser Planungsirritation geführt wurden. Aus diesen ließ sich auch ein breites Spektrum an Einschätzungen zu dieser Methodik induzieren. Der Großteil der Studierenden schätzte die Form des Teamteachings beider Seminargruppen, wenngleich es sich als schwierig herausstellte, unterschiedliche Vorstellungen guten Unterrichts immer in Kompromissen zu vereinen. Die clusterartige Planung verunsicherte zunächst die meisten Studierenden, wenngleich sie teils den Gesamtworkload verringerten, teils in der Projektwoche unverhältnismäßig zu potenzieren schien. Allen scheint der Eindruck gemein, dass fachliche Aspekte in der Projektwoche eher unterrepräsentiert waren. Positiv hoben alle Studierenden die Lernatmosphäre, Bindungs- und nach dem Finden gemeinsamen Sinnes auch Ergebnisorientierung der Lerngruppen hervor.

Ausblick Für die Zukunft inklusiver Schulentwicklung bedarf es u.a. einer Schärfung derart methodischer Ansätze in der Praxis. Auch ist zu prüfen, ob die Irritationen und Ansprüche fachlichen Unterrichts mit einer Normalisierung des Konzepts des Gemeinsamen Gegenstands in Schule und Universität besser aufgefangen werden könnten.

Literaturverzeichnis

Blasse, N., Budde, J., Demmer, C., Gasterstädt, Julia, Heinrich, M., Lübeck, A., Rißler, G., Rohrmann Albrecht, Strecker, A., Urban, M. & Weinbach, H. (2019). Zwischen De/Kategorisierung und De/Professionalisierung. Komplexe Spannungen professionellen Handelns in der schulischen Inklusion. QfI - Qualifizierung für Inklusion 1 (1).

Blömeke, S. & Herzig, B. (2009). Schule als zu gestaltende Institution - ein systematischer Überblick über aktuelle und historische Schultheorien. In S. Blömeke, T. Bohl, L. Haag, G. Lang-Wojtasik & W. Sacher (Hrsg.), Handbuch Schule. Theorie - Organisation - Entwicklung (S. 15–28). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Fend, H. (2008). Neue Theorie der Schule. Einführung in das Verstehen von Bildungssystemen (2., durchgesehene Auflage). Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Feuser, G. (1989). Allgemeine integrative Pädagogik und entwicklungslogische Didaktik. BEHINDERTENPÄDAGOGIK, 28. Jg.,Heft 1/1989, Seite 4-48. 28 (1), 4–48.

Goodson, I. (1990). Zur Sozialgeschichte der Schulfächer. Bildung und Erziehung 43 (4), 379–389.

Jantzen, W. (2019). Behindertenpädagogik als synthetische Humanwissenschaft. Sozialwissenschaftliche und methodologische Erkundungen (Dialektik der Be-Hinderung, Originalausgabe): Psychosozial-Verlag.

Katzenbach, D. (2017). Inklusion und Heterogenität. In T. Bohl, J. Budde & M. Rieger-Ladich (Hrsg.), Umgang mit Heterogenität in Schule und Unterricht. Grundlagentheoretische Beiträge, empirische Befunde und didaktische Reflexionen (S. 124–140). Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.

Langner, A. (2015). Kompetent für einen inklusiven Unterricht. Eine empirische Studie zu Beliefs, Unterrichtsbereitschaft und Unterricht von LehrerInnen (The Macat Library). 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 (Hrsg.), Inklusive Bildung forschend entdecken. Das Konzept der kooperativen Lehrer*innenbildung (S. 133–150). Springer VS.

Langner, A. & Ritter, M. (2019). Forschungsmethodische Grundlagen. Methodologie und Methodik der Seminarreihe. Forschendes Lehren und Lernen. In A. Langner, M. Ritter, J. Steffens & D. Jugel (Hrsg.), Inklusive Bildung forschend entdecken. Das Konzept der kooperativen Lehrer*innenbildung (S. 151–168). Springer VS.

Lanwer, W. (2006). Diagnostik. Methoden in Heilpädagogik und Heilerziehungspflege (Methoden in Heilpädagogik und Heilerziehungspflege, 1. Aufl.). Troisdorf: Bildungsverl. EINS.

Lüdtke, U. M. (2006). Intersubjektivität und Intertextualität. Sonderpädagogische Förderung 51. (3), 275–297.

Milker, C. (2020). Förderung der diagnostischen Kompetenz in der Lehrer*innenbildung. In S. Habig (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Kompetenzen […] (S. 274–277). Universität Duisburg-Essen.

Milker, C. & Jugel, D. (2021). Inklusiver Unterricht im Kontext professionskooperativer Diagnostik. In S. Habig (Hrsg.), Naturwissenschaftlicher Unterricht und Lehrerbildung im Umbruch? (S. 290–293). Essen: Universität Duisburg-Essen.

Riegert, J. & Musenberg, O. (Hrsg.). (2015). Inklusiver Fachunterricht in der Sekundarstufe (1. Auflage). Stuttgart: Verlag W. Kohlhammer.

Ritter, M., Steffens, J. & Jugel, D. (2019). Hochschuldidaktische Gedanken zur Seminarreihe „Inklusiver Unterricht in der Praxis“. In A. Langner, M. Ritter, J. Steffens & D. Jugel (Hrsg.), Inklusive Bildung forschend entdecken. Das Konzept der kooperativen Lehrer*innenbildung (S. 21–31). Springer VS.

Rüschenpöhler, L. (2020). Culture-sensitive chemistry self-concept. The relationship of chemistry self-concept with culture, gender, and chemistry capital. Ludwigsburg (Dissertation).

Steffens, J. (2019). Der Mensch lernt nicht mit einem Gehirn, sondern mit vielen Gehirnen in Gesellschaft. (Neuro-)Psychologische Grundlagen für die Gestaltung inklusiven Unterrichts. In A. Langner, M. Ritter, J. Steffens & D. Jugel (Hrsg.), Inklusive Bildung forschend entdecken. Das Konzept der kooperativen Lehrer*innenbildung (S. 31–76). Springer VS.

Vygotskij, L. (1992). Geschichte der höheren psychischen Funktionen (Fortschritte der Psychologie, Bd. 5). Münster: Lit.

Lukas Mientus[1]
Peter Wulff[2]
Anna Nowak[1]
Andreas Borowski[1]

[1]Universität Potsdam
[2]Pädagogische Hochschule Heidelberg

Entwicklung der Struktur von Reflexionstexten im Praxissemester Physik

Für die Kompetenzentwicklung im Lehramtsstudium ist das Praxissemester eine wichtige Phase (Schubarth, Speck & Seidel, 2011). Unter anderem, da es Raum für umfangreiche Reflexionen eigener Lernerfahrungen bietet (Brouwer & Korthagen, 2005; Gröschner et al., 2013). Das im Studium erworbene theoretisch-formale Wissen steht hierbei dem praktischen Wissen und Können gegenüber (Fenstermacher, 1994). Durch die Analyse der eigenen Kenntnisse, Einstellungen etc. und des eigenen situationsspezifischen Denkens und Verhaltens kann Reflexion mit dem Ziel das eigene Denken und Verhalten weiterzuentwickeln (Aufschnaiter et al., 2019) als Schlüssel professioneller Entwicklung angesehen werden (Korthagen & Kessels, 1999; Sorge et al., 2018).

Reflexion und Feedback

Ein Großteil empirischer Untersuchungen von Reflexion und deren Entwicklung nutzt Selbsteinschätzungen (Frey, 2006). Gleichzeitig können schriftliche Reflexionen handlungsnah Reflexionskompetenz abbilden und als externalisierte Sprachprodukte unabhängig diskutiert werden (Poldner et al., 2014). Die Struktur derartiger Reflexionstexte stellt sich hierbei als möglicher Prädiktor für qualitativ höherwertige Reflexion dar (Mientus et al., 2021a; Poldner et al., 2014; Hatton & Smith, 1995; Lai & Calandra, 2007).
Zur Reflexionskompetenzentwicklung ist sowohl Feedback zu strukturellen als auch zu inhaltlichen Aspekten einer Reflexion wichtig (Poldner et al., 2014). Insbesondere zu Beginn der Ausbildung sollte die Förderung struktureller Aspekte im Vordergrund stehen, da ein strukturiertes Vorgehen im Sinne einer Anleitung eine notwendige Voraussetzung für die Entwicklung von Expertise ist (Korthagen & Kessels, 1999). Um Rückmeldungen individualisiert, effizient und analytisch umzusetzen erscheint es sinnvoll, das strukturelle Feedback innovativ computerbasiert umzusetzen (Lai & Calandra, 2007; Wulff et al., 2021; Mientus et al., 2021b). Offen bleiben die Fragen, welche Ergebnisse die computerbasierte Textanalyse bietet und inwieweit computergeneriertes Feedback einen Beitrag zur verbesserten Strukturierung von Reflexionstexten bei Studierenden im Verlauf ihres Praxissemesters leisten kann.

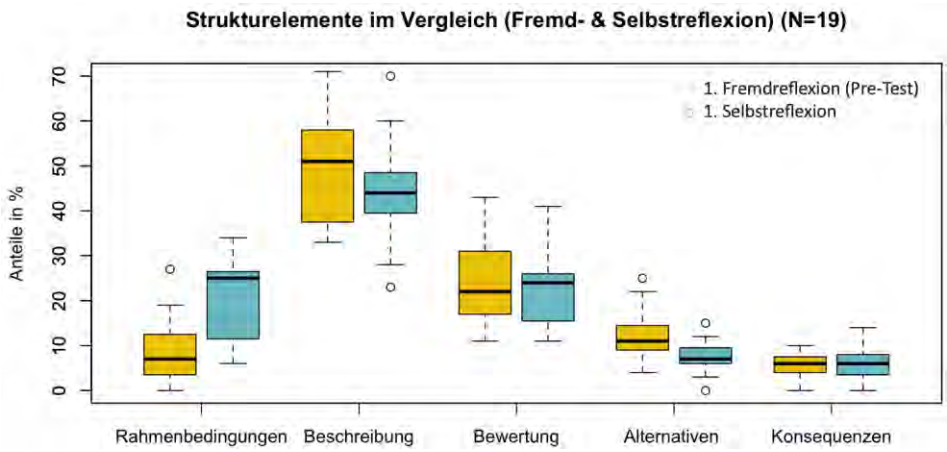
Projekt ReFeed

Im Projekt ReFeed wird daher das lernwirksame Feedback nach Hattie & Timperlay (2007) im Praxissemester Physik der Universität Potsdam umgesetzt. Vor Beginn der Praxisphase erhalten die Studierenden ein ‚Feed Up' in welchem die Erwartungen für das Verfassen einer Reflexion nach dem Rahmenmodell für Reflexion von Nowak et al. (2019) transparent gemacht werden. In einer ersten Fremdreflexion (Reflexionstexte werden als Pre-Test verwendet) üben die Studierenden strukturiertes Reflektieren unter Verwendung des Modells. Im Verlauf des Praxissemesters reichen die Studierenden dreimalig schriftliche Selbstreflexionen ein und erhalten binnen eines Tages ein computergeneriertes Feedback zur Reflexionsstruktur in welchem der analysierte Ist-Zustand der Strukturanalyse (‚Feed Back') als auch Empfehlungen zur konkreten Weiterentwicklung (‚Feed Forward') formuliert werden

(siehe Mientus et al., 2021b). Nach dem Praxissemester kann wahlweise die Reflexionsübung (als Post-Test) von den Studierenden wiederholt werden, wobei nun auch hierbei ein Feedback erfolgt.

Computerbasierte Analyse der Textstruktur

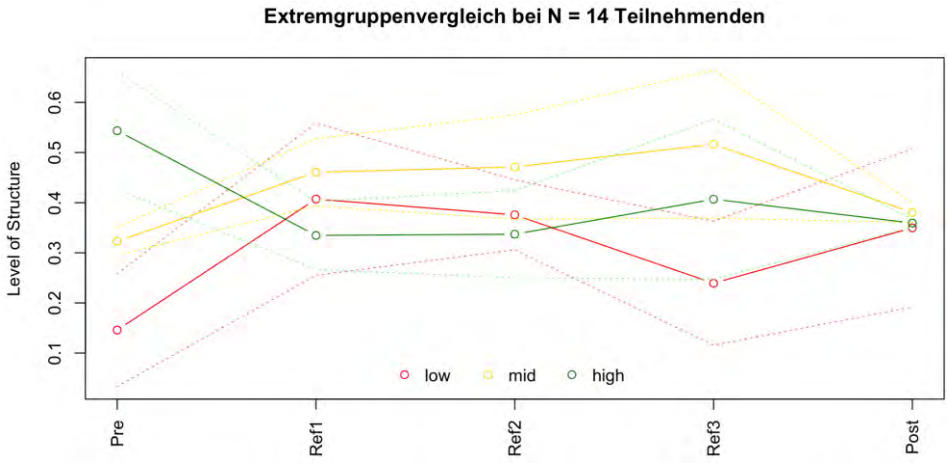
Jedem Satz eines Reflexionstextes (egal ob Fremdreflexion oder Selbstreflexion) wird mit einem vortrainiertem Sprachalgorithmus ein Strukturelement des Reflexionsmodells (Rahmenbedingung, Beschreibung, Bewertung, Alternativen, Konsequenzen) zugeordnet. Dabei wird für jeden Satz eine Wahrscheinlichkeitsverteilung über die Strukturelemente zugeordnet. Das Strukturelement mit der höchsten Wahrscheinlichkeit wird als Element ausgegeben (siehe Wulff et al., 2020). Damit können zum einen die prozentualen Anteile der Strukturelemente in den studentischen Reflexionstexten untersucht werden und zum anderen ein Grad der Strukturiertheit bestimmt werden (siehe Mientus et al., 2021b), welche den Reflexionstexten sowohl unter Berücksichtigung ihrer formulierten Rahmenbedingungen, Beschreibungen, Bewertungen, Alternativen und Konsequenzen als auch unter deren Position im Text einen Wert zwischen 0 (maximale Unstrukturierung) und 1 (perfekte modellgetreue Struktur) zuordnet.



Vergleicht man die prozentuale Verteilung der Strukturelemente zwischen erster Fremd- und erster Selbstreflexion, erscheinen vorrangig zu Beginn der eigenen Unterrichtspraxis Rahmenbedingungen einer Unterrichtssituation gewichtiger zu sein. Gleichzeitig lässt sich ableiten, dass Alternativen für den eigenen Unterricht bereits in der Unterrichtsplanung berücksichtigt sein könnten und daher in einem ersten Selbstreflexionstext nicht erneut reproduziert werden.

In Bezug auf die prozentuale Verteilung der Strukturelemente in den Selbstreflexionstexten im Verlauf des Praxissemesters sind in der vorliegenden Stichprobe Entwicklungsprozesse nicht direkt ersichtlich. Daher kann ein Blick auf die Entwicklung des Grades der Strukturiertheit lohnenswert sein. Wie bereits von Mientus et al. (2021b) angedeutet, scheint der Grad der Strukturiertheit prädiktiv für Aspekte gelungener Reflexion zu sein. So korrelieren der Grad der Strukturiertheit beispielsweise signifikant negativ mit der Anzahl an formulierten Rahmenbedingungen (r=-.20; p=.015) sowie positiv mit der Anzahl formulierter Alternativen (r=.18; p=.022).

Betrachtet man die Entwicklung des Grades der Strukturiertheit der jeweils vollständigen Datensätze im Extremgruppenvergleich, wird deutlich, wie sich Studierende mit schwach strukturierenden Reflexionstexten verbessern können, wenngleich Studierende, welche bereits zu Beginn des Praxissemesters die angemessene Strukturierung umsetzen konnten, sich einem Grenzwert anzunähern scheinen (Tendenz zur Mitte).



Implikationen für die Lehrkräftebildung im Praxissemester Physik

Diese explorative Analyse konnte zeigen, dass computer-basierte Analysen der Struktur von studentischen Reflexionstexten Unterschiede in Selbst- und Fremdreflexionen aufdecken können. Die Zusammenhänge des Grades der Strukturiertheit mit der Formulierung von Alternativen legen nahe, dass die aufgezeigte Strukturiertheit auch in dieser Stichprobe als ein Gütekriterium für höherwertige Reflexionstexte in Frage kommt. Sollte sich dies in weiteren Studien bestätigen, könnte man computer-basiert Studierende dazu anleiten ihre Texte modellgetreuer zu strukturieren. Weniger eindeutig hingegen erscheint die Entwicklung der Strukturelemente bei den Selbstreflexionen (N=34). Betrachtet man aber auch hier die Entwicklung der Reflexionsstruktur unter Verwendung des Grades der Strukturiertheit, so kann im Extremgruppenvergleich eine Verbesserung der Strukturiertheit besonders bei weniger gelungenen Textstrukturen identifiziert werden.

Der Grad der Strukturiertheit ist allerdings nicht als absolut anzusehen. In weiteren Arbeiten soll die durch die Strukturiertheit prognostizierte Reflexionsqualität validiert werden. Ebenfalls kann in dieser Studie eine Tendenz zur Mitte (Grad der Strukturiertheit von ≈ 0.3) oder ggf. ein Trainingseffekt durch das Reflexionsmodell nicht ausgeschlossen werden.

Nichtsdestotrotz scheint das strukturelle Feedback einen positiven Effekt auf schwächere Studierende zu haben.

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.

Brouwer, N. & Korthagen, F. (2005). Can teacher education make a difference? American Educational Research Journal, 42, 153-224.

Fenstermacher, G. D. (1994). Chapter 1: The Knower and the Known: The Nature of Knowledge in Research on Teaching. Review of Research in Education, 20(1), 3–56. https://doi.org/10.3102/0091732X020001003.

Frey, A. (2006). *Methoden und Instrumente zur Diagnose beruflicher Kompetenzen von Lehrkräften. Eine erste Standortbestimmung zu bereits publizierten Instrumenten*. 22.

Gröschner, A., Schmitt, C., & Seidel, T. (2013). Veränderung subjektiver Kompetenzeinschätzungen von Lehramtsstudierenden im Praxissemester. Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 27(1–2), 77–86. https://doi.org/10.1024/1010-0652/a000090.

Hattie, J. & Timperley, H. (2007). The Power of Feedback. Review of Educational Research, 77(1), 81–112. https://doi.org/10.3102/003465430298487.

Hatton, N. & Smith, D. (1995). Reflection in Teacher Education: Towards Definition and Implementation. Teaching and Teacher Education, 11(1), 33–49. https://doi.org/10.1016/0742- 051X(94)00012-U.

Korthagen, F. A. & Kessels, J. (1999). Linking Theory and Practice: Changing the Pedagogy of Teacher Education. Educational Researcher, 28(4), 4–17. https://doi.org/ 10.3102/0013189X028004004.

Lai, G. & Calandra, B. (2007). Using Online Scaffolds to Enhance Preservice Teachers' Reflective Journal Writing: A Qualitative Analysis. International Journal of Technology in Teaching and Learning, 3(3), 66–81.

Mientus, L., Wulff, P., Nowak, A. & Borowski, A. (2021a). Zusammenhänge zwischen Reflexionskompetenz und Facetten der professionellen Handlungskompetenz angehender Physiklehrkräfte. In: S. Habig (Hrsg.), Naturwissenschaftlicher Unterricht und Lehrerbildung im Umbruch?. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Online-Jahrestagung 2020. (S. 226 – 229). RWTH Aachen.

Mientus, L., Wulff, P., Nowak, A., & Borowski, A. (2021b). ReFeed: Computerunterstütztes Feedback zu Reflexionstexten. In: Kubsch, M., Sorge, S., Arnold, J., & Graulich, N. (Hrsg.). (2021). Lehrkräftebildung neu gedacht. Ein Praxishandbuch für die Lehre in den Naturwissenschaften und deren Didaktiken. Waxmann Verlag GmbH. https://doi.org/10.31244/9783830993490.

Nowak, A., Kempin, M., Kulgemeyer, C. & Borowski, A. (2019). Reflexion von Physikunterricht. In Maurer, C. (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe (S. 838–841). Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Kiel 2018. Universität Regensburg.

Poldner, E., van der Schaaf, M., Simons, P. R.-J., van Tartwijk, J. & Wijngaards, G. (2014). Assessing student teachers' reflective writing through quantitative content analysis. European Journal of Teacher Education, 37(3), 348–373. https://doi.org/10.1080/02619768.201 4.892479.

Schubarth, W., Speck, K. & Seidel, A. (Hrsg.). (2011). Nach Bologna: Praktika im Studium – Pflicht oder Kür? Empirische Analysen und Empfehlungen für die Hochschulpraxis. Potsdam: Universitätsverlag.

Sorge, S., Neumann, I., Neumann, K., Parchmann, I. & Schwanewedel, J. (2018). Was ist denn da passiert? Ein Protokollbogen zur Reflexion von Praxisphasen im Lehr-Lern-Labor. *MNU Journal,* Ausgabe 6.2018, 420–426.

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

Wulff, P., Mientus, L., Nowak, A. & Borowski, A. (2021). Stärkung praxisorientierter Hochschullehre in der Lehrkräftebildung durch Reflexionsgelegenheiten in der Physikdidaktik. *Die Hochschullehre*.

Anna Gruber[1]
Silvia A. Havlena[2]
Markus Herbst[1]
Alexander Strahl[1]

[1] Universität Salzburg
[2] PH Salzburg

Interessenforschung Physik in Salzburg
- Online-Befragung 2021 -

Die dritte in Salzburg durchgeführte Interessenstudie wurde im Gegensatz zu den anderen beiden über einen Online-Fragebogen durchgeführt. Sehr auffallend war der Unterschied der Teilnehmer:innenzahlen bei Mädchen und Jungen. Es wird insbesondere Bezug auf die Ergebnisse zu den Tätigkeiten im Physikunterricht und zum Berufswunsch genommen.

Methode und Proband:innen

Nach Einholung der Genehmigung bei der Bildungsdirektion Salzburg wurde aufgrund der pandemischen Lage durch COVID-19 mittels LimeSurvey ein Online-Fragebogen erstellt. Dieser beruht auf den Fragebögen der IPN-Interessenstudie (Hoffmann, Häußler & Lehrke, 1998), der ROSE-Erhebung (The Relevance of Science Education) (Elster, 2010) sowie der ersten und zweiten Salzburger Interessenstudie (Herbst, Fürtbauer & Strahl, 2016; Herbst, Hochwarter & Strahl, 2017).

Der Link zum Online-Fragebogen wurde an Schulen bzw. an Lehrende im Bundesland Salzburg ausgeschickt. Es wurden österreichische Mittelschulen (5.-8. Schulstufe) und AHS (Gymnasium, 5.-12. Schulstufe) angeschrieben, wodurch insgesamt 825 ausgefüllte Fragebögen generiert werden konnten. Von den 825 wurden 599 vollständig ausgefüllt. Die Verteilung des Geschlechts überrascht, denn 399 (66,6%) gaben beim Geschlecht weiblich an, 153 (25,5%) männlich und 47 (7,8%) Personen verweigerten die Angabe des Geschlechts. Nimmt man die Proband:innen heraus, die kein Geschlecht angegeben haben, so ergibt sich eine Verteilung von 72,3% weiblich zu 27,7% männlich. Um den Geschlechterunterschied auszugleichen, wurden 153 Probandinnen per Zufall zur Analyse ausgewählt. Von der Gesamtauswahl der 306 Proband:innen kamen 10% aus der Mittelschule (MS), 52% aus der AHS Unterstufe und 38% aus der AHS Oberstufe. Die Schulstufen verliefen von der 5. bis zur 12., wobei die 7., 8. und 11. Schulstufen am häufigsten vertreten waren.

Zum Vergleich wurden die Proband:innen von drei in Salzburg durchgeführten Interessenstudien in Tabelle 1 angeben.

	Art	Jahr	Schultypen	gesamt	weiblich	männlich
Studie 1	schriftlich	2015	AHS	199	83	116
Studie 2	schriftlich	2016	MS	306	151	155
Studie 3	online	2021	MS & AHS	599	399	153

Tabelle 1: Vergleich von drei Interessenstudien in Salzburg

Interesse der Tätigkeiten im Physikunterricht

Um das Interesse an unterschiedlichen Tätigkeiten im Physikunterricht zu untersuchen, wurden 23 Items verwendet. Die Items wurden zum einen von der IPN-Interessenstudie sowie den beiden bisher durchgeführten Salzburger Interessenstudien übernommen und zum anderen

selbst generiert. Durch die Ergänzung neuer Items sollte der Bereich digital unterstützter Tätigkeiten erweitert werden. Außerdem wurde die kognitiv-passive Tätigkeit des Lesens weiter ausdifferenziert, indem neben dem Interesse am Lesen von Physiktexten im Schulbuch auch nach dem Interesse am Lesen von Geschichten mit physikalischen Inhalten gefragt wurde. Die Ergebnisse können der Abbildung 1 entnommen werden:

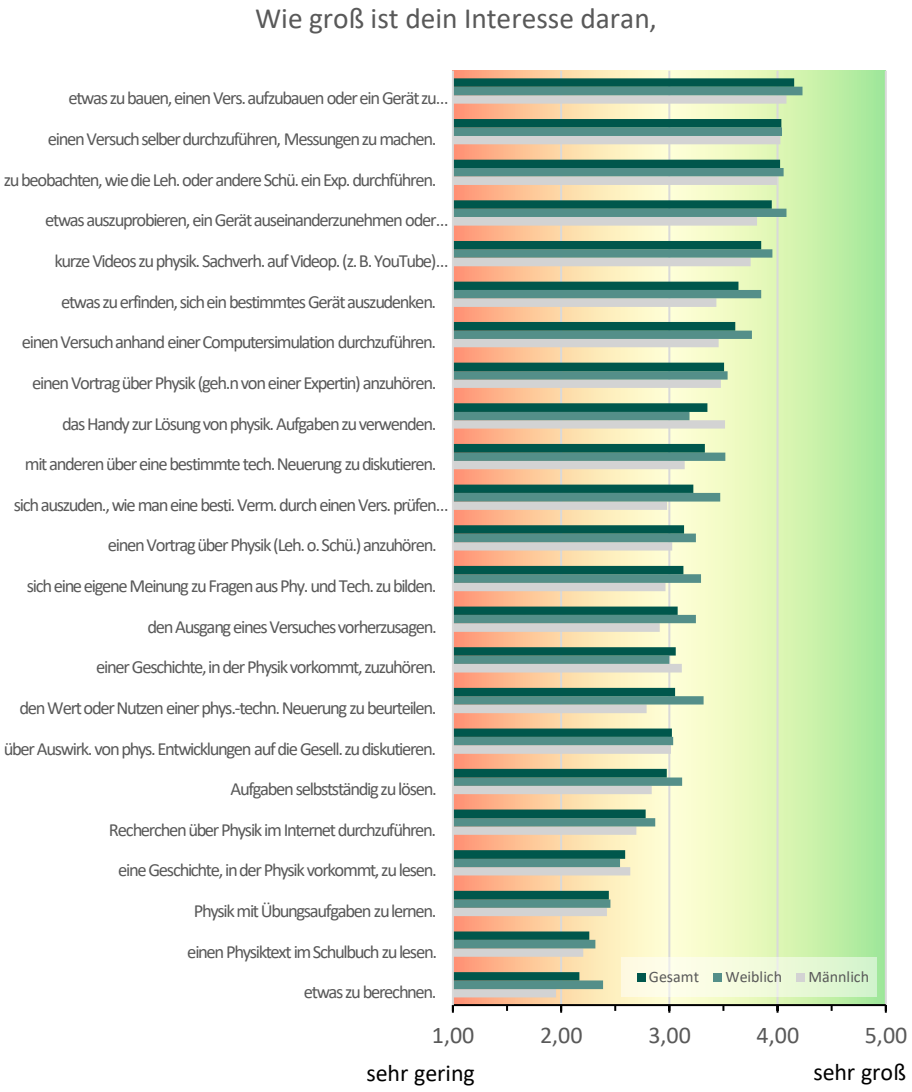


Abbildung 1: Beliebtheit von Tätigkeiten im Physikunterricht. (Bezeichnungen abgekürzt)

Wie in den anderen Studien zum Interesse (Hoffmann, Häußler & Lehrke, 1998; Herbst, Fürtbauer & Strahl, 2016; Herbst, Hochwarter & Strahl, 2017) ergab sich, dass handwerklich-aktive und kognitiv-aktive Tätigkeiten als am interessantesten wahrgenommen werden. Dabei rangieren vor allem die Tätigkeiten „etwas bauen" und „einen Versuch selber durchführen" in

allen Studien auf den obersten Plätzen. Als am wenigsten interessant gelten erneut „etwas zu berechnen" und „einen Physiktext im Schulbuch lesen".

Berufswunsch

Das Ergebnis zur Frage, ob Schüler:innen einen physikalischen Berufswunsch hegen, ist in Abbildung 2 dargestellt.

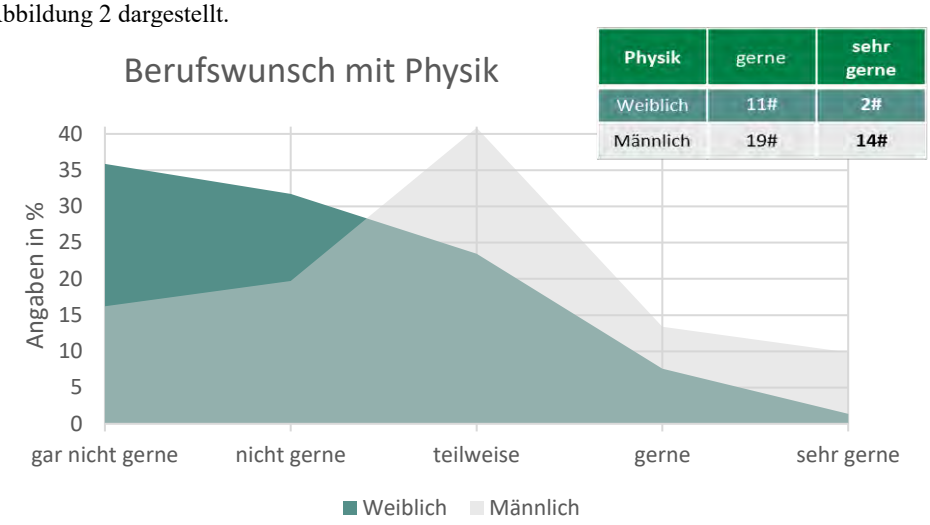


Abbildung 2: Item "Wie gern möchtest du einen Beruf lernen, der etwas mit Physik zu tun hat?"

Es zeigt sich ein deutlicher Unterschied bei Schülerinnen und Schülern. Beim Vergleich der Angaben „gerne" und „sehr gerne" ergibt sich, dass 11 Teilnehmerinnen „gerne" und 2 „sehr gerne" wählten, wohingegen 19 Teilnehmer „gerne" und 14 ""sehr gerne" angaben.

Die Frage, wie gerne Schüler:innen einen technischen Beruf erlernen möchten, führte zum in Abbildung 3 dargestellten Ergebnis.

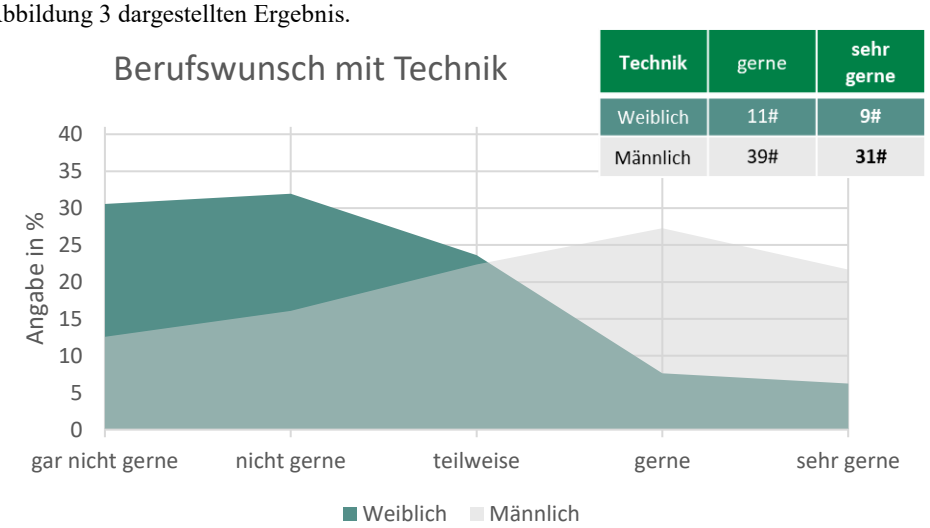


Abbildung 3: Item "Wie gern möchtest du einen Beruf lernen, der etwas mit Technik zu tun hat?"

11 Teilnehmerinnen gaben „gerne" und 9 „sehr gerne" an. Bei den Teilnehmern wählten 39 „gerne" und 31 „sehr gerne". Diese Ergebnisse deuten an, dass Schülerinnen viel seltener einen Beruf mit Technik erlernen möchten.

Beide Verteilungen zeigen einen deutlichen Unterschied zwischen Mädchen und Jungen. Dieser Unterschied spiegelt sich auch in Untersuchungen der Berücksichtigung des Missverhältnisses zwischen weiblichen und männlichen Studierenden in Physik (Düchs & Ingold, 2018) sowie dem Unterschied der Geschlechtsverteilung bei technischen Fächern und Berufen (Kühn & Wolter, 2021) wider.

Zusammenfassung

- Bei der Online-Befragung 2021 im Bundesland Salzburg haben mehr Mädchen geantwortet als Jungen. (♀72,3% zu ♂27,7%)
- Handwerkliche Tätigkeiten und eigenständiges Arbeiten gehören immer noch zu den Lieblingsbeschäftigungen im Physikunterricht.
- Digital gestützte Tätigkeiten liegen im Mittelfeld der Beliebtheit.
- Eigenes Lesen wird als unbeliebt eingestuft.
- Ein Berufswunsch mit Physik ist sowohl bei Mädchen, als auch Jungen gering, wobei Schüler zu einem weit höheren Anteil „sehr gerne" angeben als Schülerinnen.
- Beim Berufswunsch mit Technik ist der Anteil von „gerne" und „sehr gerne" höher als beim Berufswunsch mit Physik. Auch hier machen Schüler einen höheren Anteil bei „sehr gerne" aus als Schülerinnen.

Literatur

Düchs, G. & Ingold, G.-L. (2018). Frauenanteil bleibt stabil. Physik Journal 17. Nr. 8/9. Weinheim: Wiley-VCH Verlag

Duit, R., Gropengießer, H. & Stäudel, L (2004). Naturwissenschaftliches Arbeiten: Unterricht und Material 5-10. Seelze-Velber: Friedrich-Verlag

Elster, D. (2010). Zum Interesse Jugendlicher an den Naturwissenschaften - Ergebnisse der ROSE Erhebung aus Deutschland und Österreich. Aachen: Shaker

Herbst, M., Fürtbauer, E.M. & Strahl, A. (2016). Interesse an Physik - in Salzburg. PhyDid B

Herbst, M., Hochwarter, M.G. & Strahl, A. (2017). Interesse an Physik - in Salzburgs Neuen Mittelschulen. PhyDid B

Hoffmann, L., Häußler, P. & Lehrke, M. (1998). Die IPN-Interessenstudie Physik. Kiel: IPN

Kühn, A. & Wolter, S.C. (2021). Frauen und Männer haben unterschiedliche Interessen. Transfer, Berufsbildung in Forschung und Praxis (1/2021), SGAB, Schweizerische Gesellschaft für angewandte Berufsbildungsforschung

Kai Bliesmer[1] [1]Universität Oldenburg
Michael Komorek[1]

Küstenphysik für außerschulische Lernorte didaktisch rekonstruieren

Das Projekt wurde durch die Deutsche Bundestiftung Umwelt DBU finanziert und war im Promotionsprogramm GINT (https://uol.de/gint/) angesiedelt. Es setzt an die Erkenntnisse aus einer Interviewstudie an (Bliesmer, 2016; Roskam, 2016), in der Leitende von Ausstellungshäusern an der Küste nach ihren Bildungsangeboten befragt wurden. Es wurde ermittelt, dass in den Einrichtungen auf biologische Themen fokussiert wird; u. a. weil bei physikalischen Themen Aversionen aufseiten der Besucher:innen befürchtet werden. Die Entwicklung der aufwendigen Exponate wird durch Ausstellungsagenturen und Fachwissenschaftler:innen vorgenommen, die jedoch über keine ausgewiesene fachdidaktische Kompetenz verfügen. Um auf diese Erkenntnisse zu reagieren, ist im vorliegenden Projekt eine Didaktische Rekonstruktion von physikalischen Inhalten im Kontext Küste durchgeführt worden. Ziel war die Formulierung von fachdidaktischen Leitlinien, die als "Bausteine für didaktische Strukturierungen" dienen können (Bliesmer, 2020). Sie werden aktuell eingesetzt, um neue Exponate für die Ausstellungshäuser zu entwickeln.

Ziele sowie korrespondierende Forschungs- und Entwicklungsaufgaben

Die Ausstellungshäuser an der Küste sind non-formale Lernorte. Sie grenzen sich von formalen Lernorten ab, indem Besucher:innen die dortigen Bildungsangebote freiwillig nutzen. Falk und Dierking (2002) bezeichnen dies als free-choice learning. Da der Fokus der Lernorte wegen der befürchteten Physik-Aversionen auf biologischen Themen liegt, besteht die Gefahr einer self-fulfilling prophecy (Merton, 1948): Ohne physikalische Inhalte kann auch keine physikbezogenes free-choice-learning angeregt werden und Besucher:innen können nicht erleben, dass physikalische Inhalte zugänglich sind und über lebensweltlichen Bezug verfügen. Ausgewiesene fachdidaktische Unterstützung stellt bei der Gestaltung neuer Exponate eine Ausnahme dar. Deswegen wurden für das Projekt zwei zentrale Ziele festgelegt: Zum einen soll ein physikalischer Inhalt im Kontext Küste für die Ausstellungshäuser fachdidaktisch aufbereitet werden. Zum anderen soll den Leitenden der Lernorte und den Agenturen der Wert fachdidaktischer Arbeitsweisen verdeutlicht werden. Um beide Ziele zu erreichen, wurde die Didaktische Rekonstruktion (Duit, Gropengießer, Kattmann, Komorek & Parchmann, 2012) als theoretische Rahmung herangezogen. Denn als genuin fachdidaktisches Forschungs- und Entwicklungsmodell bezieht sie die fachliche Sicht und die Sichtweisen von Lernenden explizit ein und strebt an, beide aufeinander zu beziehen.

Abb. 1. F&E-Aufgaben im Modell der Didaktischen Rekonstruktion (Duit et al., 2012)

Im Folgenden werden die Forschungs- bzw. Entwicklungsarbeiten exemplarisch vorgestellt, die in den drei Aufgabenfeldern der Didaktischen Rekonstruktion (Abb.1) geleistet wurden.

Fachliche Klärung
Es wurde eine Elementarisierung (Bleichroth, 1991) vorgenommen. Dies meint das Herausarbeiten von fachlichen Grundideen (Elementaria) aus der Fachliteratur, die nötig sind, um den zu klärenden Inhaltsbereich zu entschlüsseln. Im vorliegenden Projekt wurde der inhaltliche Fokus auf Strömungen und Strukturbildungen gelegt, weil beide Phänomene die Gestalt sowie Dynamik der Küste charakterisieren und einer direkten Primärerfahrung zugänglich sind. Zur Elementarisierung wurde Fachliteratur aus der Thermodynamik (Blundell & Blundell, 2010), der Kontinuumsmechanik (Spurk & Aksel, 2010; Wilde, 1978) und der Theorie komplexer Systeme (Bar-Yam, 2003; Mainzer, 1999) analysiert. Hinzu kamen wissenschaftliche Journals zu konkreten Strukturbildungsphänomenen (z. B. Rippel, Dünen, Wirbelstürme, Priele etc.). Bei Strömungen wurde mit Blick auf die Navier-Stokes-Gleichungen (Wilde, 1978) die Bedeutung von Unterschieden herausgearbeitet: So führen Temperatur- und Konzentrationsunterschiede in Fluiden zu sogenannten freien Strömungen. Äußere Kräfte bewirken erzwungene Strömungen, wobei die Strömungen das Resultat der durch die Kräfte auf das Fluid hervorgerufenen Impulsdichteunterschiede sind. In allen Fällen bewirkt die resultierende Strömung einen Ausgleichsprozess: Impulsdichte-, Temperatur- und Konzentrationsunterschiede verringern sich. Diese Prozesse laufen ohne äußeren Zwang ab und gehen mit einer Erhöhung der Entropie im System einher. Der Ausgleich von Unterschieden und die hierdurch hervorgerufene Entropieerhöhung sind ein elementares Naturprinzip, das sich in Strömungen phänomenologisch manifestiert.

Das Ausgleichsprinzip darf jedoch nicht übergeneralisiert werden. Es bedeutet nicht, dass die Entropie zu jeder Zeit und an jedem Ort ansteigen muss. Es sind durchaus Entropieverringerungen möglich, solange diese an einer andere Stelle mindestens kompensiert werden, sodass die Entropie im Gesamtsystem stets ansteigt. Selbstorganisierte Strukturbildungen sind die phänomenologische Manifestation einer solchen Entropieverringerung und bedürfen keiner ordnenden Intelligenz. Sie stellen sich von selbst allein durch das Wechselspiel von positiven und negativen Rückkopplungsprozessen (also Selbstverstärkung bzw. Selbstbeschränkung) ein. Rippel (Kampa, 2010; Ayrton, 1910) entstehen bspw. dadurch, dass es zunächst zu einer Selbstverstärkung kommt: Liegt an einer Stelle etwas mehr Sand oder befindet sich ein Hindernis im Sand, dann bleibt dort bevorzugt Sand hängen, wenn dieser durch eine Strömung bewegt wird. Es bildet sich dadurch eine Sandanhäufung, die ihrerseits als noch größeres Hindernis fungiert, sodass noch mehr Sand hängen bleibt (pos. Rückkopplung). Die Anhäufung wächst. Dem Wachstum sind allerdings Grenzen gesetzt. Irgendwann wird eine kritische Steigung erreicht, ab der weiterer Sand von der Anhäufung herunterrutscht bzw. herunterrollt. Außerdem wird durch die Anhäufung die Strömung selbst beeinflusst: Hinter der Anhäufung bilden sich Wirbel aus, was eine Anlagerung von Sand dort verhindert (negative Rückkopplung). Erst in gewissem Abstand zur Anhäufung in Strömungsrichtung kann sich eine erneute Anhäufung bilden, sodass sich insgesamt eine Struktur bildet. In mehreren Journals zu unterschiedlichsten Strukturbildungen finden sich Rückkopplungen als Ursache, um die sich bildenden Strukturbildungen zu erklären (z. B. Luo, Zhou & Gao, 2006; Ooyama, 1982; Smyth & Moum, 2012; Hargreaves, 2003; Stølum, 1996; Ikeda & Apel, 1981). Deshalb sind Rückkopplungsprozesse und deren Wechselspiel Elementaria der selbstorganisierten Strukturbildung.

Sicht der Lernenden erfassen
Mit problemzentrierten Interviews (Witzel, 1985) wurden Lernende nach ihren Begriffsbildungen (Edelmann & Wittmann, 2012) und Erklärungskonzepten (Posner, Strike, Hewson & Gertzog, 1982) zu Strömungen und Strukturbildungen befragt: Die Interviews wurden unterstützt durch Bilder von Strömungen und Strukturbildungen sowie durch Realexperi-

mente, die während der Interviews durchgeführt wurden. Die Auswertung der Daten erfolgte durch eine kategoriengeleitete qualitative Inhaltsanalyse (Kuckartz, 2018).

Beispielhafte Forschungsergebnisse
Lernende assoziieren Strömungen mit Kollektivität und sehen sie als Gefahr für Leib und Leben. Folglich ordnen sie Strömungen eine Mindestgeschwindigkeit/-menge zu. Die Befragten stufen Strukturbildungen gleichermaßen als regelmäßig und unregelmäßig ein, je nachdem, mit welchem Zustand sie sie gedanklich vergleichen. Die Lernenden ziehen sowohl bei Strömungen als auch bei Strukturbildungen ein Übertragungsprinzip heran, indem sie bezüglich Strömungen erklären, wie kleinere Wasserbewegungen sich zu einer Strömung vereinigen. Bei Strukturbildungen nehmen sie an, dass bspw. eine Wasserwelle schon so strukturiert ist wie ein Rippelmuster und sich dann in den Sand hineindrückt und so das Muster bildet. In beiden Fällen geraten sie an ein 'Henne-Ei-Problem', weil sie in ihrer Argumentation bereits Strömungen bzw. Strukturbildungen voraussetzen, um deren Entstehung zu erklären. Außerdem vermuten sie mit Blick auf Strukturbildungen im Sand, dass die Struktur bereits in den Agenten des Systems (also den Sandkörnern) vorangelegt ist und sich dann schließlich im Gesamtsystem als Rippel widerspiegelt. Sie verkennen daher die emergenten Eigenschaften des Systems aus Wasser und Sand.

Didaktische Strukturierung
Die Elementaria wurden mit den empirisch erhobenen Sichtweisen der Lernenden systematisch verglichen, um Bausteine für didaktische Strukturierungen zu entwickeln. Das sind Vorschläge, wo sich kontinuierliche Lernwege und diskontinuierliche Lernwege anbieten (Duit, 2007). Insgesamt wurden 32 Bausteine formuliert (Bliesmer, 2020).

Beispielhafte Bausteine für eine didaktische Strukturierung
Es empfiehlt sich mit Blick auf Strömungen an die Vorstellungen der Lernenden anzuknüpfen, indem zunächst die Gefährlichkeit von Strömungen im Meer thematisiert wird. Ausgehend hiervon wird dann zu kleinräumigeren Strömungen, z. B. des Bluts im Körper, übergegangen. Gleiches gilt für die Erklärung von Strömungen: Hier böte sich an, mit erzwungenen Strömungen zu beginnen, die durch Pumpen oder Ventilatoren erzeugt werden. Denn diese haben eine große Nähe zum Übertragungsprinzip, das von den Lernenden zur Erklärung herangezogen wird. Im Anschluss ließe sich dann im Kontext von Wasserbewegungen im Meer zu freien Strömungen überleiten, die durch Temperatur- und Konzentrationsunterschiede entstehen, um auf das Ausgleichsprinzip zu sprechen zu kommen. Hinsichtlich der Beschreibung von Strukturbildungen ist angezeigt, Begriffe wie "Regelmäßigkeit" bzw. "Unregelmäßigkeit" zu vermeiden und zu einem Konzept der "Ähnlichkeit" umzudeuten. Denn dies fordert zu einem Vergleich auf und legt den Fokus auf wiederkehrende Elemente innerhalb der Struktur. Bei ihren Erklärungen von Strukturbildungen sind die Lernenden mit dem Henne-Ei-Problem zu konfrontieren, um zu verdeutlichen, dass ihr Übertragungsprinzip nicht in der Lage ist, die Entstehung von Strukturbildungen zu entschlüsseln, sondern einer Erklärung durch Verlagerung lediglich ausweicht.

Einsatz der Bausteine für eine didaktische Strukturierung
Durch die Bausteine für eine didaktische Strukturierung konnte eine Zusammenarbeit im Dreieck "Ausstellungshaus-Lernort-Fachdidaktik" etabliert werden. Aktuell wird in dieser Zusammenarbeit ein Ausstellungsbereich zum Thema Gezeiten in Wilhelmshaven neu gestaltet. Zusätzlich wird eine Broschüre für außerschulische Lernorte entwickelt, die den Prozess der Didaktischen Rekonstruktion mit besonderem Fokus auf die Erfassung der Lernendenperspektiven für die Leitenden außerschulischer Lernorte verdeutlicht.

Literatur

Ayrton, H. (1910). The Origin and Growth of Ripple-Mark. *Proceedings of the Royal Society of London. Series A. Containing Papers of a Mathematical and Physical Character, 84(571),* 285-310.

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 Meeresforschungs-institute*. 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.

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.

Edelmann, W. & Wittmann, S. (2012). *Lernpsychologie*. Weinheim: Beltz.

Falk, J. H. & Dierking, L. D. (2002). *Lessons without limit: How Free-Choice Learning is Transforming Education.* Lanham, MD: AltaMira Press.

Hargreaves, J. K. (2003). The Solar-Terrestrial Environment. *An Introduction to Geospace – the Science of the Terrestrial Upper Atmosphere, Ionosphere, and Magnetosphere*. Cambridge: University Press.

Ikeda, M. & Apel, J. R. (1981). Mesoscale Eddies Detached from Spatially Growing Meanders in an Eastward-Flowing Oceanic jet Using a Two-Layer Quasi-Geo-strophic Model. *Journal of Physical Oceanography, 11(12),* 1638–1661.

Kampa, I. (2010). *Warum bilden sich Wellenmuster im Sand?* Welt der Physik. Online verfügbar unter: https://www.weltderphysik.de/thema/hinter-den-dingen/wellenmuster/ [Zugriff: 15.10.2021].

Kuckartz, U. (2018). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung*. Weinheim, Basel: Beltz Juventa.

Luo, Z., Zhou, X & Gao, S. (2006). Two possible mechanisms for vortex self-organization. *Science in China. Series D. Earth Sciences, 49(2),* 202-211.

Mainzer, K. (1999). *Komplexe Systeme und Nichtlineare Dynamik in Natur und Gesellschaft*. Berlin, Heidelberg: Springer.

Merton, R. K. (1948). The Self-Fulfilling Prophecy. *The Antioch Review, 8(2),* 193-210.

Ooyama, K. V. (1982). Conceptual Evolution of the Theory and Modeling of the Tropical Cyclone. *Journal of the Meteorological Society of Japan, 60(1),* 369-380.

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.

Smyth, W. D. & Moum, J. N. (2012). Ocean Mixing by Kelvin-Helmholtz Instability. *Oceanography, 25(2),* 140-149.

Spurk, J. & Aksel, N. (2010). *Strömungslehre. Einführung in die Theorie der Strömungen.* Berlin, Heidelberg: Springer.

Stølum, H. H. (1996). River Meandering as a Self-Organization Process. *Science, 271(5256),* 1710-1713.

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.

Sascha Wittchen[1]
Claus Bolte[1]
Nils Machts[2]
Jens Möller[2]

[1]Freie Universität Berlin
[2]Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Erfassung diagnostischer Kompetenzen Lehramtsstudierender des Fachs Chemie

Einleitung

Die akkuraten Beurteilungen der Leistungen Lernender sowie ihrer individuellen Lernvoraussetzungen und –fortschritte gehören zu den wichtigsten Aufgaben und Kompetenzen Lehrender (Kaiser & Möller, 2017, S. 56), denn solche Beurteilungen bilden die Basis für die angemessene Vorbereitung, Durchführung und Nachbereitung des Unterrichts (McElvany et al., 2009, S. 223). Somit ist es naheliegend, anzunehmen, dass sich die Fähigkeit zur akkuraten Einschätzung leistungsbezogener Merkmale positiv auf den Lernzuwachs der Lernenden auswirkt (Möller et al., 2016, S. 16). Demzufolge sind zuverlässige Analysen zur diagnostischen Kompetenz (angehender) Lehrer*innen von großer Bedeutung.

Theorie

In der empirischen Bildungsforschung ist es üblich, die diagnostische Kompetenzen anhand der Übereinstimmung eines Urteils mit der tatsächlichen Ausprägung des zu beurteilenden Merkmals zu operationalisieren (Schrader & Praetorius, 2018, S. 93). Diese grundlegende Definition der Urteilsgenauigkeit bildet unter anderem den Kern des *Heuristischen Modells der Akkuratheit diagnostischer Urteile von Lehrkräften* (Südkamp, Kaiser & Möller, 2012, S. 756; Südkamp & Praetorius, 2017, S. 34). Dieses Modell beschreibt zwei Gruppen von Variablen, welche das Urteil eines Lehrenden beeinflussen: nämlich Lehrermerkmale und Urteilsmerkmale. Darüber hinaus beschreibt das Modell zwei weitere Gruppen von Variablen, die die Schülerleistungen beeinflussen: nämlich Schülermerkmale und Testmerkmale. Allen vier Gruppen von Variablen ist gemein, dass sie die Urteilsgenauigkeit unmittelbar oder zumindest mittelbar beeinflussen.

Entsprechend der Ausführungen Schraders (1989, S. 86-89) ist die Genauigkeit eines Urteils anhand dreier statistischer Kennwerte zu bestimmen; der *Rangkomponente*, der *Niveaukomponente* und der *Differenzierungskomponente*. Die *Rangkomponente* beschreibt die Übereinstimmung der durch einen Beurteiler gebildeten leistungsbezogenen Rangfolge der Lernenden mit der tatsächlichen leistungsbezogenen Rangfolge der Lernenden. Neben der Fähigkeit, die Leistungen der Schüler*innen richtig einzuordnen, ist auch von Interesse, wie genau Lehrer*innen das mittlere Leistungsniveau einer Lerngruppe (z.B. einer Klasse) beurteilen. Die Einschätzung des mittleren Leistungsniveaus wird mit Hilfe der *Niveaukomponente* beschrieben. Die *Differenzierungskomponente* beschreibt das Verhältnis zwischen der geschätzten Streuung der Schülerleistungen und der tatsächlichen Streuung der Schülerleistungen (Schrader, 1989, S. 86-89).

Über diese drei *Komponenten der Urteilsgenauigkeit* hinaus beschreibt Schrader (1989, S. 57) unterschiedliche *Urteilsdimensionen*, die sich in Bezug auf die zu beurteilenden Merkmale unterscheiden. Entsprechend dieser Darlegungen Schraders (1989, S. 57) sind *personenbezogene* und *aufgabenbezogene Urteilsdimensionen* zu unterscheiden. *Personenbezogene Urteile* beschreiben die Beurteilungen der leistungsbezogenen Merkmale

einzelner Schülerinnen und Schüler. *Aufgabenbezogene Urteile* beziehen sich auf die Einschätzungen der Schwierigkeit einzelner Aufgaben.
Auf Basis dieser theoriegeleiteten Überlegungen, zielt unsere Arbeit auf folgende Forschungsfragen ab:

1. *Wie gut gelingt es angehenden Lehrer*innen, die Leistungen simulierter Schüler*innen akkurat zu beurteilen, wenn sie personenbezogene und aufgabenbezogene Beurteilungen vornehmen müssen?*
2. *Inwiefern unterscheiden sich die Genauigkeiten der Leistungsbeurteilungen, wenn unterschiedliche Schwierigkeitsniveaus von Aufgaben bei der Beurteilung der Schüler*innen differenziert zu beachten sind?*

Methode

Um unsere Forschungsfragen zu untersuchen, haben wir den *Simulierten KlassenRaum Chemie* (*SKR-C;* siehe Bolte et al., 2021; 2011), eine fachspezifische Version des Simulierten Klassenraums (*SKR*), weiterentwickelt. Beim *SKR* handelt es sich um ein digitales Tool zur Simulation komplexer und dynamischer Interaktionen zwischen Lehrenden und Lernenden (Südkamp, 2010; Kaiser et al., 2013). Im *SKR-C* interagieren die Versuchsteilnehmer mit 12 simulierten Schüler*innen (sechs Jungen, sechs Mädchen), indem sie ihnen Fragen oder Aufgaben stellen. Daraufhin melden sich die simulierten Schüler*innen in Abhängigkeit der im Voraus festgelegten Motivationsparameter. Aufgerufene Schüler*innen antworten nun entsprechend ihrer vorab eingestellten Leistungsparameter. Nach einer gewissen Zeit (in dieser Studie nach 20 Minuten) beurteilen die Probanden die Leistungen der simulierten Schüler*innen über alle Aufgaben hinweg sowie differenziert nach Schwierigkeitsniveaus. Auf der Basis der Beurteilungen der Proband*innen und der voreingestellten Leistungsparameter der simulierten Schüler*innen wird anhand der Beurteilungskomponenten nach Schrader (1989, S. 86-89) die Urteilsgenauigkeit der Proband*innen berechnet.
Für unsere Studie haben wir einen Katalog von Aufgaben und Fragen entworfen, die für die Klassen 7 und 8 geeignet sind und sich drei Schwierigkeitsniveaus zuordnen lassen. Wir haben für jede der eigens konstruierten Aufgaben je drei Antworten entwickelt. Die drei korrespondierenden Antworten repräsentieren drei Qualitätsniveaus, die den Kategorien „*fachlich richtig*“, „*in Teilen fachlich richtig/unvollständig*“ und „*fachlich falsch*“ zuzuordnen sind. Um in Erfahrung zu bringen, wie akkurat die Probanden die Aufgabenschwierigkeiten beurteilen, haben wir unseren Versuchsteilnehmer*innen den Katalog der Fragen/Aufgaben bereits vor dem Start des *SKR-C* vorgelegt und sie aufgefordert, die Aufgaben bezüglich ihres Anforderungsniveaus zu beurteilen.
Die Schüler*innen des SKR-C wurden paarweise (jeweils zwei Jungen und zwei Mädchen) drei Leistungsniveaus zugewiesen. Entsprechend ihrer Leistungsniveaus wurden den simulierten Schüler*innen jeweils neun Leistungsparameter zugewiesen (siehe Tabelle 1).

*Tabelle 1: Verteilung der Leistungsparameter der Schüler*innen für verschiedene Schwierigkeitsniveaus (linke Zahl gibt die Wahrscheinlichkeit einer "fachlich richtigen" Antwort an; mittlere Zahl gibt die Wahrscheinlichkeit einer "In Teilen richtigen/unvollständigen" Antwort; rechte Zahl gibt die Wahrscheinlichkeit einer "fachlich falschen" Antwort an).*

	Leichte Aufgabe	Mittlere Aufgabe	Schwierige Aufgabe
Starke Schüler*innen	100/0/0	75/15/10	50/30/20
Mittelmäßige Schüler*innen	75/15/10	50/30/20	25/35/40
Schwache Schüler*innen	50/30/20	25/35/40	0/0/100

Ergebnisse

Insgesamt haben 17 Lehramtsstudierende im Masterstudiengang an unserer Untersuchung teilgenommen. Die Ergebnisse unserer Studie sowie die Ergebnisse einer ausgewählten Referenzuntersuchung sind der Tabelle 2 zu entnehmen.

Tabelle 2: Ergebnisse dieser Studie differenziert nach Beurteilungskomponenten und Schwierigkeitsniveau sowie Ergebnisse einer ausgewählten Referenzuntersuchung.

	Optim.	Schwierigkeitsniveau				Bolte et al. (2021)	
		unabhängig	Niedrig	Mittel	Hoch	Nawi	Chemie
Rangkomponente	1	0,23	0,32	0,17	0,21	0,37	0,54
Niveaukomponente	0	-0,04	-0,13	0,20	0,33	0,04	0,01
Differenzierungs-komponente	1	1,13	0,88	0,84	0,96	0,49	0,61

Die vergleichsweise niedrig ausfallenden *Rangkomponenten* deuten darauf hin, dass es unseren Probanden nur in geringem Maße gelungen ist, die korrekte leistungsbezogene Rangfolge der Schüler*innen zu bilden. Dieser Befund deckt sich insofern mit unseren Erwartungen, als dass unsere Versuchsteilnehmer im Gegensatz zu vorangegangenen Untersuchungen mehr Beurteilungsdimensionen berücksichtigen mussten, also anspruchsvollere diagnostische Leistungen zu erbringen hatten. Die Ergebnisse zur *Niveaukomponenten* zeigen, dass unsere Probanden das mittlere Leistungsniveau der Schüler*innen insgesamt eher unterschätzt haben. Die differenzierte Betrachtung der Niveaubeurteilungen deutet darauf hin, dass die Versuchsteilnehmer dazu neigen, mit zunehmendem Anforderungsniveau das mittlere Leistungsniveau zu überschätzen. Mit Blick auf die *Differenzierungskomponente* der schwierigkeitsunabhängigen Beurteilung der Leistung zeigt sich eine Tendenz zur Überschätzung der Leistungsstreuungen. Gleichzeitig deuten die nach Aufgabenschwierigkeit differenzierten Analysen der *Differenzierungskomponenten* auf eine leichte Unterschätzung der Streuung der Leistungen hin. Der Vergleich mit der Referenzuntersuchung von Bolte et al. (2021) lässt erkennen, dass es unseren Probanden deutlich besser gelang, die Streuung der Schüler*innen-Leistungen akkurat zu beurteilen. Dieser Umstand lässt sich vermutlich dadurch erklären, dass den Probanden in unserer Untersuchung Aufgaben verschiedener Schwierigkeitsniveaus zur Verfügung standen; das mag eine akkurate Erfassung der Schüler*innen-Leistungen erleichtert haben.

Fazit & Ausblick

Der SKR-C ermöglicht einen differenzierteren Einblick in die Ausprägungen diagnostischer Kompetenzen (angehender) Chemie-Lehrer*innen. In nachfolgenden Studien werden wir der Frage nachgehen, inwiefern Interdependenzen zwischen den Genauigkeiten *personenbezogener* und *aufgabenbezogener Beurteilungen* bestehen. Darüber hinaus wollen wir untersuchen, inwiefern sich diagnostische Kompetenzen angehender Chemie-Lehrer*innen zu verschiedenen Ausbildungszeitpunkten (z.B. in der ersten und der zweiten Ausbildungsphase) unterscheiden. Außerdem werden wir überprüfen, inwiefern sich diagnostische Kompetenzen angehender Lehrer*innen mit Fach Chemie verändern, wenn diese den *SKR-C* mehrmals durchlaufen.

Literatur

Bolte, Köppen, Möller & Südkamp (2011). Kompetenzdiagnostik im virtuellen naturwissenschaftlichen Unterricht. In: D. Höttecke (2011; Hg.). Naturwissenschaftliche Bildung als Beitrag zur Gestaltung partizipativer Demokratie. Zur Didaktik der Physik und Chemie. Probleme und Perspektiven. Berlin/Münster: Lit-Verlag.

Bolte, C., Stollin, F., Möller, J., & Südkamp, A. (2021). Analyse diagnostischer Kompetenzen von (angehenden) Chemielehrer*innen. In Ch. Maurer, K. Rincke, & M. Hemmer (Hrsg.). *Fachliche Bildung und digitale Transformation - Fachdidaktische Forschung und Diskurse*. (S. 173-176). Regensburg: Universität Regensburg.

Kaiser & Möller (2017). Diagnostische Kompetenz von Lehramtsstudierenden. In: Gräsel & Trempler (2017). Entwicklung von Professionalität pädagogischen Personals, 55 – 73. Wiesbaden: Springer.

Kaiser, J., Retelsdorf, J., Südkamp, A., & Möller, J. (2013). Achievement and engagement: How student characteristics influence teacher judgments. *Learning and Instruction, 28, pp.* 73–84. http://dx.doi.org/10.1016/ j.learninstruc.2013.06.001

McElvany, N., Schroeder, S., Hachfeld, A., Baumert, J., Richter, T., Schnotz, W., Horz, H., & Ullrich, M. (2009). Diagnostische Fähigkeiten von Lehrkräften bei der Einschätzung von Schülerleistungen und Aufgabenschwierigkeiten bei Lernmedien mit instruktionalen Bildern. *Zeitschrift für pädagogische Psychologie (Bern, Switzerland)*, *23*(3-4), 223–4<223–235. https://doi.org/10.1024/1010-0652.23.34.223

Möller, Jens & Machts, Nils & Retelsdorf, Jan. (2016). Diagnostische Kompetenz von Lehrkräften. Merkmale, Instrumente, Urteilsverzerrungen. Schulmanagement. 47. 14-17.

Schrader, F.-W. (1989). Diagnostische Kompetenzen von Lehrern und ihre Bedeutung für die Gestaltung und Effektivität des Unterrichts. Frankfurt am Main: Peter Lang (S. 57).

Schrader, F.-W., Praetorius, A.-K. (2018). Diagnostische Kompetenz von Eltern und Lehrern. In: D. H. Rost (Ed.), *Handwörterbuch Pädagogische Psychologie* (pp. 92 – 98), Weinheim: Beltz.

Südkamp, A. (2010). Diagnostische Kompetenz: Zur Genauigkeit der Beurteilung von Schülerleistungen durch Lehrkräfte. Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Philosophischen Fakultät der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.

Südkamp, A., Kaiser, J. & Möller, J. (2012). Accuracy of teachers'judgements of students'academic achievement: A meta-analysis. *Journal of Educational Psychology*, 104, (S. 743-762).

Südkamp, A. & Praetorius, A.-K. (2017). Diagnostische Kompetenz von Lehrkräften. Münster: Waxmann. (S. 21-22).

Benjamin Heinitz[1]
Andreas Nehring[1]

[1]Leibniz Universität Hannover

Unterrichtsqualitätseinschätzungen im Referendariat – Fach- und Seminarleiter*innen im Vergleich mit Referendar*innen

Projekthintergrund

Die Beurteilung von Unterrichtsqualität ist ein zentraler Baustein der Lehrer*innenbildung und nimmt damit im Referendariat eine wichtige Rolle ein. Unterrichtsbesuche, Reflexionsgespräche und die regelmäßigen Fachseminarsitzungen bieten im Referendariat Anlässe Unterrichtsqualität zu beurteilen und auch zu diskutieren.

Stand der Forschung

In den letzten Jahren konnten bereits Faktoren beforscht werden, die zu Unterschieden in der Beurteilung führen können. So können individuelle Voraussetzungen von externen Beobachter*innen zu einer Varianz in der Beurteilung führen (Praetorius, 2013). Die Perspektive auf den Unterricht (Lehrer*innen, Schüler*innen, Beobachter*innen) kann ebenfalls einen Einfluss auf die Beurteilung haben (Fauth, Decristan, Rieser, Klieme, & Büttner, 2014). Aber auch eine Beurteilung mit unterschiedlichen Kriterien kann zu einer Varianz in der abschließenden Wertung führen (Brunner, 2018). Nachdem bereits bei einer ersten Untersuchung mit 17 Fach- und Seminarleiter*innen (GDCP Jahrestagung 2020) gezeigt werden konnte, dass zwischen den Fachseminaren Unterschiede in der Auswahl, Gewichtung und Bewertung von Unterrichtsqualitätskriterien auftraten, blieb die Frage offen ob dies auch auf Referendar*innen zutrifft und ob diese auch zwischen beiden Gruppen sichtbar werden.

Zielstellung

Vor diesem Hintergrund bestand das Ziel der Studie darin, die Beurteilung der Unterrichtsqualität durch Referendar*innen zu untersuchen und diese Beurteilung mit den Ergebnissen der Fach- und Seminarleiter*innen zu vergleichen. Die Fragestellungen waren hierbei:

- Welche Kriterien werden sowohl von Fach- und Seminarleiter*innen, als auch von Referendar*innen mehrheitlich zur Beurteilung einer Chemiestunde genutzt?
- Inwiefern lassen sich Unterschiede zwischen den Gruppen hinsichtlich der Wertung einzelner Kriterien und der gesamten Stunde herausstellen?

Methodisches Vorgehen

Um die beiden Gruppen direkt miteinander vergleichen zu können, wurde das Setting der vorangegangenen Studie (Heinitz & Nehring, 2021) zunächst auf die Gruppe der Referendar*innen übertragen. Insgesamt nahmen 17 Referendar*innen aus drei verschiedenen Fachseminaren an der Untersuchung teil. Diese erhielten dieselbe Videoaufzeichnung wie die Fach- und Seminarleiter*innen, in welcher eine Referendarin in einer 45-minütigen Chemiestunde zu sehen ist. Anschließend wurde die Unterrichtsqualität in leitfadengestützten Einzelinterviews beurteilt, wobei die Auswahl der Kriterien freigestellt wurde. Die Interviews wurden vollständig aufgezeichnet, transkribiert, in Kodiereinheiten unterteilt und anschließend kodiert. Für die Kodierung wurde das Manual der

naturwissenschaftsdidaktischen Perspektivierungen (Heinitz & Nehring, 2020) verwendet. Dieses erfasst die Unterrichtsqualität mit Hilfe von 50 Perspektivierungen, die in sieben Dimensionen unterteilt sind und umfasst neben generischen auch fachspezifische und hybride Qualitätsmerkmale. Die Qualität wird durch die Perspektivierungen möglichst breit erfasst und steht in direktem Bezug zum generischen Syntheseframework (Praetorius, Herrmann, Gerlach, Zülsdorf-Kersting, Heinitz & Nehring, 2020). Neben der Erfassung der genutzten Kriterien, wurde auch die Wahrnehmungsqualität in vier Stufen und die Wertung der Kriterien in fünf Stufen abgebildet. Abschließend wurden auch die Referendar*innen zur Benotung der Stunde aufgefordert.

Ergebnisse

Die Beurteilung durch die Referendar*innen weist sowohl bei einem Vergleich innerhalb der Gruppe, als auch beim Vergleich mit den Fach- und Seminarleiter*innen viele Unterschiede auf. Zunächst spiegelt sich dies deutlich in der Benotung der Stunde wider (Abb. 1), die bei den Referendar*innen zwar tendenziell positiver ausfällt, aber vergleichbar stark gestreut ist. Diese Unterschiede sind auch bei der Wertung einzelner Perspektivierungen vergleichbar ausgeprägt.

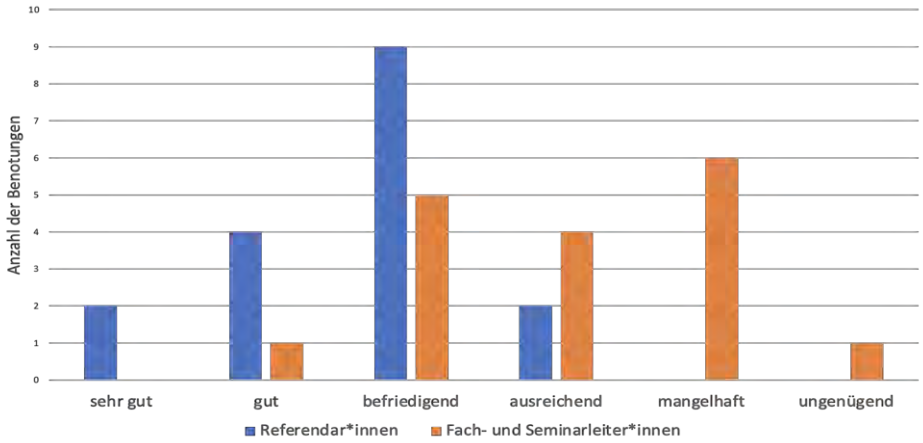


Abbildung 1: Benotung der Unterrichtsaufzeichnung

Weiterhin zeigen sich deutliche Gruppenunterschiede in der Nutzungshäufigkeit unterschiedlicher Perspektivierungen. Die Fach- und Seminarleiter*innen nutzen insgesamt 47 unterschiedliche Perspektivierungen (20-32 pro Interview), wohingegen die Referendar*innen nur 39 der Perspektivierungen nutzen (14-25 pro Interview).

Werden wiederum nur die Perspektivierungen gegenübergestellt, die jeweils in mindestens 50 % der Interviews genutzt wurden (Tab. 1), zeigt sich zunächst ein gemeinsamer Fokus auf die Dimension I „Auswahl und Thematisierung von Inhalten und Fachmethoden“. Es lässt sich aber auch herausstellen, dass die Fach- und Seminarleiter*innen 7 der 13 Perspektivierung aus der Dimension II „Kognitive Aktivierung“ mehrheitlich nutzen, wohingegen dies nur auf 2 der Perspektivierungen für die Referendar*innen zutrifft. Dagegen werden 4 der 8 Perspektivierungen aus Dimension VII mehrheitlich von den Referendar*innen genutzt, allerdings nur 2 der Perspektivierungen durch die Fach- und Seminarleiter*innen.

Die Unterschiede innerhalb und auch zwischen den Gruppen werden nicht erst bei einem Vergleich der Wertungen deutlich, sondern bereits bei der Auswahl unterschiedlicher Kriterien zur Beurteilung der Unterrichtsstunde.

Perspektivierung	Dimensionen des Frameworks											
	II. Kognitive Aktivierung						IV		V		VI	VII.Klassenführung
	FL	REF	FL	REF	FL	REF	FL	REF	FL	REF	FL	REF	FL	REF
1	100 %	100 %	59 %						53 %		71 %	53 %		53 %
2	100 %	100 %	53 %	65 %										
3	76 %	88 %							59 %					65 %
4	100 %	71 %											82 %	59 %
5	65 %	71 %	71 %						94 %	82 %				
6	94 %	94 %	53 %											
7													53 %	59 %
8	94 %	53 %												
9	82 %	82 %	100 %	100 %										
10	82 %	100 %	82 %											
11	88 %	76 %												
12	59 %													
13	88 %		59 %											
14														
Durchschnittliche Nutzung	77 %	67 %	47 %	24 %	6 %	3 %	13 %	7 %	49 %	37 %	27 %	18 %	33 %	37 %

*Tabelle 1: Nutzungshäufigkeit der Perspektivierungen (FL = Fach- und Seminarleiter*innen; REF = Referendar*innen); dargestellt sind Perspektivierungen, die jeweils in mindestens 50 % der Interviews genutzt wurden.*

Diskussion

Sowohl die Fach- und Seminarleiter*innen, als auch die Referendar*innen haben dieselbe Unterrichtsstunde beurteilt, dennoch fallen sowohl die Auswahl der Kriterien, als auch die Bewertung derselben durchaus unterschiedlich aus. Es lassen sich jedoch aus der Betrachtung von mehrheitlich genutzt Perspektivierungen auch Gruppenunterschiede herausarbeiten, die neben den individuellen unterschieden sichtbar werden. Grundsätzlich bewerten Referendar*innen die Unterrichtsstunde tendenziell positiver, was jedoch auch daran liegen kann, dass sie sich in derselben Ausbildungssituation befinden. Dies liegt jedoch nicht nur an der Auswahl unterschiedlicher Kriterien, sondern wird auch bei Verwendung derselben Kriterien deutlich. Weiterhin kann die abweichende Fokussierung auf unterschiedliche Dimensionen des Syntheseframeworks als Gruppenunterschied herausgestellt werden.

Bei der Bewertung der Unterrichtsqualität im Referendariat werden sowohl gruppeninterne, als auch gruppenübergreifende Unterschiede deutlich. Es bleibt jedoch die Frage offen, inwiefern eine erfolgreiche Kommunikation über die Unterrichtsqualität im Rahmen des Referendariats stattfinden kann. Diese Frage soll in der Fortsetzung dieser Untersuchung verfolgt werden.

Danksagung

Wir danken den 17 Referendar*innen, die uns durch die Teilnahme an den Interviews einen tieferen Einblick in die Beurteilung der Unterrichtsqualität im Referendariat ermöglicht haben. Wir danken außerdem Carl-Lennart Biela, Jana Neugebauer, Jasmin Meyer, Jesco Schrader, Jos Oldag, Malte Schweizer, Marco Reith, Mario Bouslovitch, Marvin Roski, Michél Falé, Timo Schulze und Verena Heuser für die Unterstützung bei der Durchführung der Interviews.

Literatur

Brunner, E. (2018) Qualität von Mathematikunterricht: Eine Frage der Perspektive. J Math Didakt 39, 257–284. 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. (2020) Kriterien naturwissenschaftsdidaktischer Unterrichtsqualität – ein systematisches Review videobasierter Unterrichtsforschung. Unterrichtswiss 48, 319–360 https://doi.org/10.1007/s42010-020-00074-8

Heinitz, B., Nehring, A. (2021) Beurteilung von Unterrichtsqualität im Referendariat. In S. Habig (Hrsg.) Naturwissenschaftlicher Unterricht und Lehrerbildung im Umbruch? (S. 230-233). GDCP-Tagungsband.

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., (2020) Unterrichtsqualität in den Fachdidaktiken im deutschsprachigen Raum – zwischen Generik und Fachspezifik. Unterrichtswiss 48, 409–446. https://doi.org/10.1007/s42010-020-00082-8

André Große[1]
Friederike Korneck[1]

[1]Goethe-Universität Frankfurt am Main

Rating der Qualität kollegialer Reflexionen

Durch Fähigkeiten und Fertigkeiten zur qualitätvollen Reflexion können sowohl die professionelle Entwicklung als auch die Aufrechterhaltung und Verbesserung der Unterrichtsqualität vorangetrieben werden (u.a. Baumert & Kunter, 2006; Schneider, 2016). Die Zunahme und Verdichtung von Reflexionsanforderungen beim Übergang der ersten zur zweiten Phase der Lehrkräftebildung (Häcker, 2019) stellt für angehende Lehrkräfte mitunter eine Herausforderung dar, auch bedingt durch eine unklare Begriffsdefinition und einen Mangel an empirisch geprüften Konzepten von Reflexion (Marcos et al., 2011; Clará, 2015). Damit einhergehende intransparente bzw. unterschiedliche Erwartungen von Dozierenden und Ausbildenden hinsichtlich Reflexionsgrundlage, Konzept, Operationalisierung und Ergebnis von Reflexionsprozessen stellen folglich ein Hindernis dar (Wyss, Mahler, 2021). Eine Aufklärung von Wirkzusammenhängen zwischen professionellen Kompetenzen und professionellem Handeln innerhalb von Reflexionsprozessen können einen Beitrag zur empirischen Konzeptbildung und damit zur Verbesserung der Lehrkräftebildung beitragen. Mehrere Untersuchungen konnten bereits Zusammenhänge zwischen qualitätvollen Reflexionen und der Unterrichtsqualität identifizieren (Wyss, 2013; Linninger, 2016; Szogs et al., 2020). In diesem Kontext untersucht das Projekt „Factio“ professionelle Kompetenzen und das unterrichtliche Handeln angehender Physiklehrkräfte anhand eines etablierten Lehr-/Forschungssettings. Dieser Beitrag skizziert die gegenwärtige Entwicklung und Nutzung eines Ratingmanuals zur hochinferenten und zeiteffizienten Einschätzung von Qualitätsmerkmalen innerhalb kollegialer Reflexionen über Physikunterricht.

Setting und Fragestellung

In diesem Setting werden Unterrichtsminiaturen (ca. 15 Min) geplant und umgesetzt, welche komplexitätsreduziert mit halber Klassenstärke durchgeführt werden, gleichzeitig aber alle Phasen eines klassischen Experimentalunterrichts enthalten (Korneck et al., 2017). Angehende Lehrkräfte der ersten und zweiten Phase unterrichten am selben Tag den eigenen geplanten Unterricht insgesamt zweimal. Zwischen dem ersten und zweiten Durchgang erfolgt ein offenes, kollegiales Reflexionsgespräch. Die in dieser Intervention diskutierten Handlungsoptionen, entwickelt anhand von Beobachtungen und Interpretationen des ersten Unterrichts, können in die ursprüngliche Planung eingebettet bzw. adaptiert werden, um im zweiten Unterricht Anwendung zu finden. Durch Untersuchung der videografierten Reflexionsgespräche soll folgenden Forschungsfragen nachgegangen werden: Welche Qualitätsmerkmale von Reflexionen lassen sich identifizieren und mithilfe eines Ratingverfahrens operationalisieren? Welche Merkmalsausprägungen zeigen einen positiven Zusammenhang zur Verbesserung der Unterrichtsqualität?

Details zu Instrumenten: Vom Kodieren hin zum Raten

Im Rahmen der Operationalisierung von Qualitätsmerkmalen soll das Ratingmanual zur Einschätzung von Reflexionsqualität (ReQ) zunächst settingspezifisch entwickelt und im späteren Verlauf für alle Phasen von Lehrkräftebildung adaptiert werden (Große et al., 2021). Auf Dimensionsebene orientiert sich das ReQ-Manual an den fünf Reflexionsphasen vom

Beobachten/Beschreiben bis hin zur Analyse und Generierung von Handlungsoptionen sowie deren Umsetzung (Aeppli, Lötscher, 2016).

Abb. 1: (Sub-)Dimensionen des ReQ-Ratingmanuals

In Abb. 1 sind die drei Dimensionen „*Abbildung […]*“ und „*Interpretation von Unterricht*“ sowie „*Qualität von Handlungsoptionen*“ im Zentrum abgebildet. Hier wurden fachdidaktische Schwerpunkte auf Subdimensionsebene operationalisiert. Moderiert werden die drei Dimensionen von der „*Diskursivität der Reflexionsgruppe*“ sowie dem „*Perspektivwechsel*“. Aspekte dieser beiden Dimensionen finden sich während des Beobachtens/-Beschreibens oder Entwickelns unterrichtlicher Ereignisse wieder. Anhand erster Fallanalysen zeigt sich, dass durch einen stringenten Diskussionsfaden aller Beteiligten die Detailtiefe von Beschreibungen und die Intensität der Auseinandersetzung mit Analyseprozessen erweitert wird. Auch ein gezielter Perspektivwechsel innerhalb kollegialer Reflexionen führt zur genaueren Rekonstruktion des Schüler:innenhandelns und -verständnisses. So können rekonstruierte Handlungen aus dem ersten Unterricht den Reflektierenden als Begründung bzw. Legitimation von Umplanungen oder neuen Handlungsoptionen dienen. In diesen Prozessen wird ein großes Potential zur Verbesserung von Unterrichtsqualität im Rahmen der Untersuchung vermutet, da Lernprozesse anhand von beobachteten Zusammenhängen oder abgeleiteten Verhaltensweisen aufbereitet, analysiert und optimiert werden und gleichzeitig eine vermehrte Auseinandersetzung mit Tiefenstrukturen unterrichtlichen Handelns fördert. Die Dimensionen der „*Strukturellen […]*“ und „*Affektiven Reflexionspraxis*“ erfassen Aspekte elaborierter und verständnisfördernder Beiträge sowie den kollegialen Umgang innerhalb des Plenums. Die Dimension „Persönliche Einstellungen“ ermöglicht Einschätzungen bzgl. der Bereitschaft zum Reflexionsprozess aber auch die Ausprägung konstruktivistischer Lehr-/Lernüberzeugungen innerhalb der Phase zur Entwicklung von Handlungsoptionen. Das Rating erfolgt auf einer vierstufigen Likert-Skala. Eingeschätzt werden die aktuell 126 Items aus 21 Subdimensionen von zwei erfahrenen Rater:innen, welche bereits in Vorarbeiten hochinferente Ratings zur Qualität von Physikunterricht durchführten (Szogs, 2021).

Erste Pilotierungen: Interpretation von Ratingergebnissen

Aus bisherigen Untersuchungen bzgl. der Kodierung kollegialer Reflexionen wurde eine Reanalyse von 15 Fällen zur Pilotierung des ReQ-Ratingmanuals durchgeführt. Dabei dienten die Häufigkeiten einzelner Merkmale (Ergebnisse aus Kodierung) als Basis zur Auswahl von Extremfällen: Bezogen auf die Reflexionsmerkmale von drei Fällen zeigt sich ein ähnlich niedriger Anteil von Aussagen bzgl. der „Entwicklung von Handlungsoptionen“. Im Vergleich zum Gesamtdatensatz (34 Fälle) sind Werte am bzw. nahe dem Minimum gegeben. Zudem herrscht ein niedriger Anteil von „Rückfragen/Begründungen“ als auch ein hoher Anteil an

„sonstigen Aussagen“ (Moderation, Humor, Wiederholungen) vor. Positiv auffällig ist in allen drei Fällen ein enorm hoher Anteil analysierender Aussagen, nahe dem Maximum. Diese Datenlage wurde durch den Einsatz des ReQ-Ratingmanuals auf Subdimensionsebene erweitert und führt anhand hochinferenter Einschätzungen zu detaillierteren Interpretationen:

- Die zeitintensive Unterrichtsanalyse der Reflexionsgruppe behandelt meist Sichtstrukturen, benennt kaum Zusammenhänge oder Hypothesen und fokussiert kaum auf den Lernprozess.

- Die „sonstigen Aussagen“ lassen sich auf das Bearbeiten zahlreicher Unterrichtsaspekte ohne Dringlichkeit oder Schwerpunkt zurückführen, was das Aufkommen vieler loser Enden ohne Klärung oder Verwertung in Form von Handlungsoptionen bedingt.

- Die wenigen generierten Handlungsoptionen sind meist aus dem Erfahrungswissen generiert und lassen Begründungen, Eignung für die Lerngruppe bzw. Legitimation durch den vorherigen Analyseprozess vermissen.

Zusammenfassend ist anhand erster Pilotierungen des ReQ-Ratings erkennbar, dass durch negative „Time-on-Task“ und eine kaum gegebene Analyse von Tiefenstrukturelementen ein Bruch zwischen den Phasen der Analyse und der Entwicklung des Unterrichts gegeben ist. Im Reflexionsgespräch ist das Potential zur qualitätvollen Reflexion anhand hoher interpretativer Anteile zwar angelegt, wird jedoch nicht verwertet und fokussiert umgesetzt. Anhand weiterer Pilotierungsratings und den damit gewonnen Daten soll das ReQ-Ratingmanual für den Einsatz in der Haupterhebung validiert und bzgl. Gütekriterien geprüft werden.

Fazit und Ausblick

Anhand vorangegangener Kodierungen der Reflexionsgespräche konnte in Vorarbeiten gezeigt werden, dass (angehende) Lehrkräfte mit hoch eingeschätzter Unterrichtsqualität …
(I) eine höhere Beteiligung bei kollegialen Reflexionen zeigen,
(II) tendenziell mehr elaborierte Aussagen tätigen und
(III) vermehrt Unterrichtsqualitätsmerkmale ansprechen und interpretieren (Szogs, 2020). Durch Einsatz des neu entwickelten ReQ-Ratingmanuals soll das Auflösungsvermögen erweitert werden, um neben der Erfassung von Häufigkeiten zukünftig bzgl. (I) Details zur Beteiligung erheben zu können. Hier kann u.a. die Vermeidung loser Enden zugunsten effektiver Entwicklungsarbeit (Time on Task) sowie die passgenaue Verdichtung von Unterrichtsbildern auf Itemebene eingeschätzt werden. Hinsichtlich (II) können die Ratingergebnisse einen Beitrag zur Aufklärung leisten, inwiefern Aussagen Ziele und Funktionen von Unterrichtselementen fokussieren oder legitimierende, begründende sowie fachliche Aspekte in einzelnen Reflexionsphasen berücksichtigen. Die unter (III) betrachteten Merkmale sowie deren Vorkommen zeigen innerhalb bisheriger Pilotierungen des ReQ-Manuals vor allem dann einen Mehrwert, wenn Details aus der Analyse auch Berücksichtigung und Verwendung bei der Entwicklung von Handlungsoptionen erfahren. Die aktive Nutzung sowie das daraus entstehende Potential zur Unterrichtsoptimierung soll durch geschulte Rater:innen eingeschätzt werden, um Qualitätsmerkmale innerhalb von Reflexionen einzuschätzen und deren Einfluss auf die Veränderung des Unterrichts untersuchen zu können. Auch der Zusammenhang zwischen der Reflexionsqualität und Aspekten der professionellen Wahrnehmung (Peer-Ratings der Unterrichtsqualität) soll untersucht werden. Das durch ein Ratingverfahren erweiterte Auflösungsvermögen soll neben der spezifischen Untersuchung im Microteaching-Setting zukünftig auch Einsatz im Rahmen von Lehr- und Fortbildungsveranstaltungen der zweiten und dritten Phase, als Indikator und Diskussionsanlass, Anwendung finden.

Literatur

Aeppli, J. & Lötscher, H. (2016): EDAMA - Ein Rahmenmodell für Reflexion. Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung, 34(1), 78–97.

Baumert, J. & Kunter, M. (2006): Stichwort Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 9(4), 469-520.

Clarà, M. (2015): What is reflection? Looking for clarity in an ambiguous notion. Journal of Teacher Education, 66(3), 261-271.

Große, A. et al. (2021): Rating der Qualität kollegialer Reflexionen im Prä-/Post Vergleich. In: Habig (Hrsg.), Naturwissenschaftlicher Unterricht und Lehrerbildung im Umbruch. GDCP Online Jahrestagung 2020 (S. 677 ff.).

Häcker, T. (2019): Reflexive Professionalisierung. Anmerkungen zu dem ambitionierten Anspruch, die Reflexionskompetenz angehender Lehrkräfte umfassend zu fördern. In: Degeling et al. (Hrsg.), Herausforderung Kohärenz: Praxisphasen in der universitären Lehrerbildung. Bildungswissenschaftliche und fachdidaktische Perspektiven.

Korneck, F. et al. (2017): Professionswissen, Lehrerüberzeugungen und Unterrichtsqualität angehender Physiklehrkräfte unterschiedlicher Schulformen. In: Fischler, Sumfleth (Hrsg.), Professionelle Kompetenz von Lehrkräften der Chemie und Physik (S. 113-133).

Linninger, C.A. (2016): Reflexion bei angehenden Lehrkräften. Bedeutung und Förderung im Professionalisierungsprozess.

Marcos, J. M. et al. (2011): Promoting teacher reflection. What is said to be done. In: Journal of Education for teaching, 37(1), 21–36.

Schneider, J. (2016): Lehramtsstudierende analysieren Praxis. Ein Vergleich der Effekte unterschiedlicher fallbasierter Lehr-Lern-Arrangements. Tübingen.

Szogs, M. et al. (2021): Ratingmanual zur Einschätzung der Unterrichtsqualität im Physikunterricht [Ratingmanual: Version 1.0]. Erstanwendung 2018. Frankfurt am Main: Forschungsdatenzentrum Bildung am DIPF. https://doi.org/10.7477/614:326:1.

Szogs, M. et al. (2020): Wie bedingen sich die Unterrichtsqualität und Reflexivität angehender Physiklehrkräfte? In: Habig (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen. GDCP Jahrestagung in Wien 2019 (S. 499 ff.). Universität Duisburg-Essen.

Wyss, C. ; Mahler, S. (2021): Mythos Reflexion. Theoretische und praxisbezogene Erkenntnisse in der Lehrer*innenbildung - In: Journal für LehrerInnenbildung 21 (2021) 1, S. 16-25.

Wyss, C. (2013): Unterricht und Reflexion. Eine mehrperspektivische Untersuchung der Unterrichts- und Reflexionskompetenz von Lehrkräften. Münster.

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.

Tilmann Steinmetz[1]
Erich Starauschek[1]

[1]PSE Stuttgart-Ludwigsburg

Welche Wirkung hat ein Professionsbezug im Physikstudium in der späteren Schulpraxis?

Kurzfassung
Eine bessere fachliche Professionalisierung wird in der Lehramtsausbildung häufig gefordert. Dies soll dazu führen, angehende Physiklehrkräfte gezielter auf die spezifischen Anforderungen des Schulunterrichts vorzubereiten. Inzwischen berücksichtigen verschiedene Ansätze den Professionsbezug im Lehramtsstudium. Empirische Forschungsergebnisse zur Frage, ob und wie sich der Professionsbezug tatsächlich auf die Schulpraxis der angehenden Physiklehrkräfte auswirkt, liegen kaum vor. Unser Forschungsprojekt soll zur Beantwortung dieses Fragefeldes beitragen. In einer qualitativen Interviewstudie werden zwei Studierendengruppen verglichen: Die erste Gruppe bilden Physik-Lehramtsstudierende der PH Ludwigsburg, die dort nach der professionsbezogenen *kumulativen Physiklehre* ausgebildet wurden.[1] Die zweite Gruppe umfasst Studierende mit „traditioneller" Fachausbildung. Die ersten Ergebnisse der Interviewstudie deuten darauf hin, dass Physik-Lehramtsstudierende ihr Fachwissen angemessener für ihren Schulunterricht nutzen können, wenn sie die professionsbezogene fachliche Lehramtsausbildung durchlaufen haben.

Stand der Forschung: Kaum Professionsbezug in Physikvorlesungen
In der Literatur wird seit langem von der „unpassenden Fachkompetenz" (Merzyn 2017, S. 77) der angehenden Physiklehrkräfte berichtet. Eine mögliche Ursache: Die Bedürfnisse des Physikunterrichts werden in physikalischen Fachvorlesungen kaum berücksichtigt. Dies lässt sich indirekt belegen, denn der Aufbau des professionsrelevanten Fachwissens findet überwiegend im Referendariat und in den ersten Berufsjahren statt (Borowski et al. 2011). Zudem überdauern physikalische Alltagsvorstellungen das Physikstudium häufig (Abell 2007). Universitäre Fachvorlesungen des Physikstudiums tragen also wenig dazu bei, dass schulnahes physikalisches Fachwissen effektiv erworben wird (vgl. Wu 2015). Somit sollte das (oft stark mathematisierte) universitäre Fachwissen mehr auf das qualitative Schulwissen bezogen werden, um schulnahes physikalisches Fachwissen aufzubauen.

Forschungsanliegen
Verschiedene Ansätze, ein professionsbezogenes Lehramtsstudium zu gestalten, liegen bereits vor. Der Professionsbezug bezieht sich dabei auf die verschiedenen Wissensfacetten des Professionswissens (z. B. das fachdidaktische Wissen oder das schulische Fachwissen). Beispielsweise werden Fachwissenschaft und Fachdidaktik stärker vernetzt (z. B. Höttecke et al. 2018; Lüders 2020); andere Ansätze lehren das physikalische Fachwissen professionsbezogen (z. B. John & Starauschek 2020; Woehleke 2017). Die hier vorgestellten Ergebnisse sollen Fragen aus dem folgenden Fragefeld beantworten: Wie gehen Physik-Lehramtsstudierende mit und ohne professionsbezogener Physiklehramtsausbildung im Schulpraxissemester bei der Planung und Durchführung ihres Physikunterrichts vor?

[1] Die kumulative Lehre ist in John & Starauschek (2020) detailliert beschrieben. Ein Kernmerkmal besteht darin, mechanische Grundkonzepte (z. B. das Kraftkonzept) wiederholt mit Schulbezug anzuwenden, während die Fachveranstaltung inhaltlich fortschreiten.

Design und Methode der Studie

Das benannte Fragefeld wird anhand von Fallstudien untersucht. Dieser Forschungsansatz ermöglicht einen empirischen Zugang zu den unbekannten Zusammenhängen zwischen dem Professionsbezug im Lehramtsstudium und dem Unterrichtshandeln in der Schulpraxis (vgl. Lamker 2014, S. i). Eine geeignete Methode, diesen offenen Forschungsansatz umzusetzen, sind offene Interviews. Die Stichprobe umfasste Studierende, die sich im Schulpraxissemester ihres Masterstudiengangs (Lehramt Physik) befanden. Zwei Kohorten nahmen teil: Die Gruppe der Studierenden der PH Ludwigsburg, die eine professionsbezogene kumulative Lehre erhalten hat (*N=8* Physik-Lehramtsstudierende für die Sekundarstufe 1), sowie eine Gruppe mit Studierenden, die traditionelle Physikvorlesungen an einer Universität besucht haben (*N=6* Physik-Lehramtsstudierende für die Sekundarstufe 2). Die Interviews wurden innerhalb der letzten drei Wochen des Schulpraxissemesters basierend auf einem Leitfaden durchgeführt (Hopf 2013). Im Interview sollten die Studierenden berichten, wie sie ihren Physikunterricht geplant und durchgeführt haben. Die Auswertung erfolgte anhand der qualitativen Inhaltsanalyse (Mayring 2010). Das Interviewmaterial wurde u. a. hinsichtlich der folgenden zwei Aspekte mit induktiver Kategorienbildung ausgewertet:

1) Von welchen Herausforderungen und Schwierigkeiten des Schulpraxissemesters berichten die Studierenden?
2) Wie wird das physikalische Fachwissen genutzt?

Ergebnisse der Inhaltsanalyse

1) Von welchen Herausforderungen und Schwierigkeiten des Schulpraxissemesters berichten die Studierenden?

Ein Kategoriensystem zu den Herausforderungen des Schulunterrichts wurde induktiv entwickelt. Diese Kategorien lassen sich in drei übergeordnete Kategorien einteilen: *Inhaltsorientierung*, *Schülerorientierung* und *Sonstiges* (Tab. 1). Dabei unterschieden sich die Stichproben: Die PH-Studierenden berichten überwiegend von Herausforderungen, die ein schülerorientierter Unterricht mit sich führt. Demgegenüber sprechen die Studierenden der Vergleichsstichprobe häufiger über inhaltliche Herausforderungen, z. B. das eigene fehlende Physikwissen.

Tab 1: Ergebnis der Kategorisierung "Herausforderungen im Physikunterricht"

	Relative Häufigkeit[1]		
Überkategorie	**PH (*N=8*)**	**Universität (*N=6*)**	**Beispielkategorien**
Inhaltsorientierung	14%	52%	- Fehlendes eigenes Fachwissen - Schülerinnen und Schülern fehlen mathematische Voraussetzungen
Schülerorientierung	86%	48%	- Umgang mit Schülervorstellungen - Unsicherheit bei Einschätzung des Vorwissens der Schülerinnen und Schüler
Sonstiges			- Zeitmanagement

[1] Die Kategorie *Sonstiges* ist bei der Berechnung der Häufigkeit nicht berücksichtigt, Mehrfachantworten

2) Wie wird das physikalische Fachwissen genutzt?

Die explizierende qualitative Inhaltsanalyse (Mayring 2010, S. 90f.) wurde hierbei genutzt; sie analysiert markante Interviewstellen aus dem Material gesondert und unter Einbezug weiterer Interviewstellen. Exemplarisch zeigen wir zwei Interviewpassagen für eine inhaltsorientierte und eine schülerorientierte Aussage. Dies zeigt, dass die Studierenden ihr Fachwissen für und im Physikunterricht unterschiedlich nutzen (*S1*: Student der Vergleichsstichprobe Universität, der eine Inhaltsorientierung aufweist, *S2*: Studentin der PH Ludwigsburg, die eine Schülerorientierung aufweist, *I*: Interviewer).

> *S1: Für manche [SuS] war der Unterschied: "Was ist eine Beschleunigung und was eine Geschwindigkeit" nicht klar. Also da wusste ich auch nicht so recht. Ich habe denen dann versucht, das mit den Einheiten zu erklären. Also das eine ist ja Meter pro Sekunde das andere Meter pro Sekunde Quadrat. Ich hätte das dann natürlich über Ableitung machen können, aber da fehlt denen halt die Mathematik dazu. […]*
> *I: Und qualitativ? Man könnte sagen Beschleunigung bedeutet, dass sich die Geschwindigkeit ändert.*
> *S1: Ja, ja das könnte man schon. Aber auch da, um das wirklich sauber zu machen, braucht man's mathematisch. Das geht nicht. Deshalb ist es schon irgendwie schwierig.*

> *I: Haben Sie sich dann auch ein Ziel für den Unterricht vorgenommen?*
> *S2: In der Stunde zum Beispiel war es mir wichtig, dass sie verstehen, was ist Beschleunigung. Weil ich festgestellt habe, bei der Geschwindigkeit können sie sich das nicht so physikalisch vorstellen. Also klar, sie kennen die Geschwindigkeit aus dem Alltag. Aber so ein bisschen, was steckt dahinter auch […]. Dass die nicht nur auswendig lernen, also dass sie sich wirklich was darunter vorstellen können. Dann geht es halt um Beispiele wie: "Wir fahren den Schlittenhang runter, wir werden immer schneller." Also quasi, die Schnelligkeit, sagen die meisten für Geschwindigkeit, wird immer größer oder nimmt halt zu. Und dass sie so eine Vorstellung kriegen. Und die Zunahme, das Immer-Schneller-Werden, das bezeichnen wir als Beschleunigung. Und genauso das immer langsamer werden oder bremsen.*

Die anhand der Unterstreichungen erkennbaren Unterschiede zwischen Studierenden mit und ohne professionsorientierter Fachvorlesung sind in den Interviews typisch. Sie führen zu der Hypothese, dass der fachliche Professionsbezug der Intervention eher zu einer angemessenen und schülerorientierten Nutzung des eigenen Fachwissens führt.

Fazit

Bei den untersuchten Fällen nutzen Studierende mit professionsbezogener Lehramtsausbildung ihr Fachwissen angemessen und schülerorientiert im Schulpraktikum. Demgegenüber scheint der fachwissenschaftliche und eher mathematische Stil von nicht-professionsbezogenen Physikveranstaltungen dazu zu führen, dass Studierende ihr physikalisches Fachwissen nicht in qualitative Erklärungen umsetzen können. Damit kann vorläufig geschlossen werden, dass der in der Fachvorlesung hergestellte fachliche Professionsbezug zu einer passenden Fachkompetenz von angehenden Physiklehrkräfte beiträgt. In den entsprechenden Physikvorlesungen wurden in der Gruppe der PH-Studierenden fachliche Schulbezüge hergestellt und schulrelevante Grundkonzepte (z. B. das Kraftkonzept) immer wieder expliziert (Konzept des Kumulativen Lehrens und Lernens im Lehramtsstudium Physik, vgl. John & Starauschek 2020). Dieses Lehrkonzept erweist sich somit als geeignetes Modell für die Entwicklung von professionsbezogenen Fachveranstaltungen des Physik-Lehramtsstudiums.

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

Abell, S. K. (2007). Research on science teacher knowledge. In S. K. Abell & N. G. Ledermann (Hrsg.), *Handbook of Research in Science Education* (S. 1105–1149). Taylor & Francis Inc.

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.

DPG (2014). Großmann, S. & Hertel, I. (Hrsg.). *Zur fachlichen und fachdidaktischen Ausbildung für das Lehramt Physik*. Bad Honnef: DPG.

Höttecke, D., Buth, K., Koenen, J., Masanek, N., Reichwein, W., Scholten, N., Sprenger, S., Stender, P. & Wöhlke, C. (2018). Vernetzung von Fach und Fachdidaktik in der Hamburger Lehrerausbildung. In I. Glowinski, J. Gillen, A. Borowski, S. Schanze & J. v. Meien (Hrsg.), *Kohärenz in der universitären Lehrerbildung: Vernetzung von Fachwissenschaft, Fachdidaktik und Bildungswissenschaften* (S. 29–52). Universitätsverlag Potsdam.

John, T. & Starauschek, E. (2020). Ein Modell für kumulatives Lehren im Lehramtsstudium Physik. *PhyDid A - Physik und Didaktik in Schule und Hochschule*, 19(1), 23–42.

Lamker, C. (2014). Fallstudien. *Materialien Studium und Projektarbeit* (11), TU Dortmund.

Lüders, C., Joußen, N., & Heinke, H. (2020). Unterstützungsmöglichkeiten in der Studieneingangsphase im lehramtsbezogenen Bachelorstudiengang Physik. In *PhyDid B-Didaktik der Physik-Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung.*

Mayring, P. (2010). *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken* (11. Aufl.). Beltz.

Merzyn, G. (2017). Auf den Lehrer kommt es an. *PhyDid A-Physik und Didaktik in Schule und Hochschule*, *1*(16), 67–80.

Woehlecke, S., Massolt, J., Goral, J., Hassan-Yavu, S., Seider, J., Borowski, A., Fenn, M., Kortenkamp, U. & Glowinski, I. (2017). Das erweiterte Fachwissen für den schulischen Kontext als fachübergreifendes Konstrukt und die Anwendung im universitären Lehramtsstudium. *Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung*, 35(3), 413–426.

Wu, H.-H. (2015). *Textbook School Mathematics and the preparation of mathematics teachers*. Internetdokument [Abrufdatum: 21.10.2021]. https://math.berkeley.edu/%7Ewu/Stony_Brook_2014.pdf

Simone Rückert[1]
Helena van Vorst[1]

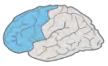
[1]Universität Duisburg-Essen

Perspektiven Gemeinsamen Unterrichts im Kontext der beruflichen Bildung

Theoretischer Hintergrund und Einführung

Das Thema Inklusion ist ein fester Bestandteil der Diskussion in Bildungspolitik und Wissenschaft. Eine Möglichkeit zur Umsetzung inklusionsorientierten Unterrichts bietet das Universal Design for Learning (UDL). Das zentrale Ziel dieses allgemeinpädagogischen Konzepts ist die Minimierung von Barrieren im Unterricht. Die Zugänglichkeit soll auf drei Ebenen durch die Netzwerke, die darunterliegenden Prinzipien sowie in weiterer Ausdifferenzierung über Guidelines und Checkpoints erreicht werden (s. Tabelle 1) und stellt so eine Rahmung für die Planung und Durchführung Gemeinsam Unterrichts zur Verfügung (CAST, 2018; Meyer, Rose & Gordon, 2014). In zwei Metastudien wurden empirische Arbeiten zur Effektivität von UDL analysiert (Al-Azawei et al., 2016; Capp, 2017). Ergebnisse legen nah, dass es sich um ein effektives Tool zur Gestaltung barrierearmer Lernumgebungen handelt und die Lernprozesse aller Lernenden verbessert werden können. Als Limitationen werden die mangelnde Aussagekraft mancher Einzelstudien sowie die wenig untersuchten Auswirkungen auf Lernergebnisse genannt. Schlüter (2018) untersuchte die Implikationen eines Seminars zum Thema UDL auf die Einstellung, Selbstwirksamkeit und Bereitschaft von Lehramtstudierenden und fand positive Effekte. Auch wurde eine von den Proband*innen durchgeführte Unterrichtsstunde von Schüler*innen als zugänglicher bewertet.

Tabelle 1: Visualisierung der UDL-Netzwerke und der UDL-Prinzipien (s. Rückert & van Vorst, 2021; vgl. CAST, 2018 und Schlüter, 2018)

Darstellung u. Erklärung	Handeln u. Ausdruck	Engagement u. Beteiligung
		
Wahrnehmungsnetzwerke	Strategische Netzwerke	Affektive Netzwerke
Stellen Sie mehrere Darbietungsformen zur Verfügung.	Stellen Sie vielfältige Möglichkeiten für Handlungen und aktive Beteiligung bereit.	Stellen Sie vielfältige Möglichkeiten zur Motivation bereit.

In Deutschland wird bereits in Grundschulen und in der Sekundarstufe I eine vergleichsweise hohe Inklusionsquote erreicht ist. Ein Aufholbedarf besteht jedoch noch in der Sekundarstufe II, aber vor allem in der beruflichen Bildung (Euler & Severing, 2016; Miesera & Gebhardt, 2017). Berufliche Schulen weisen durch verschiedene Bildungsgänge und zu erreichende Schulabschlüsse eine besonders hohe Diversität der Schülerschaft auf. Gleichzeitig besteht ein erhöhter Bedarf, möglichst viele Menschen aufgrund des Fachkräftemangels in vielen Berufssparten und des demographischen Wandels in den Arbeitsmarkt zu integrieren (Heinrichs & Reinke, 2019). Um inklusionsorientierten oder Gemeinsamen Unterricht erfolgreich an den Schulen umzusetzen, spielen positive Einstellungen, Selbstwirksamkeitserwartungen und eine hohe Bereitschaft von Lehrkräften im Hinblick auf Gemeinsamen Unterricht eine zentrale Rolle (u.a. Greiner, Taskinen & Kracke, 2020; Lambe & Bones, 2006; Schlüter, 2018). Im Bereich der Lehrkräfteausbildung fehlt allerdings Evidenz darüber, welche inklusionsspezifischen Kompetenzen und Kenntnisse angehende Lehrkräfte

bereits mitbringen und wo noch inhaltliche Anpassungen hinsichtlich der Ausbildung von Lehrkräften, insbesondere in der universitären Lehre, gemacht werden müssen.

Forschungsfrage

Vor diesem Hintergrund fußt das vorgestellte Forschungsprojekt auf folgender Forschungsfrage:

FF: Welche Schwierigkeiten haben Studierende naturwissenschaftlicher Studiengänge im Masterstudium für das Lehramt am Berufskolleg sowie Referendar*innen bei der Planung und Durchführung Gemeinsamen Unterrichts?

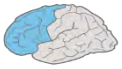
Forschungsdesign und Forschungsinstrumente

Die Forschungsfrage lässt sich in zwei Untersuchungsansätze gliedern: zum einen die Frage nach der Planungskompetenz der Proband*innen und zum anderen die unterrichtspraktische Umsetzung der geplanten Unterrichtsstunden. Es liegt aktuell ein Pool von N=28 Unterrichtsentwürfen von Studierenden im Praxissemester (Studienfach Biotechnik) sowie von Referendar*innen (Studienfächer Biotechnik, Biologie und Chemie) vor, welche im Hinblick auf ihre Zugänglichkeit mithilfe eines Kodiermanuals basierend auf den UDL-Guidelines qualitativ inhaltsanalytisch ausgewertet wurden (Mayring, 2010). Von dieser Gesamtstichprobe werden bei n=10 Proband*innen vertiefende Angaben zur Einstellung, Selbstwirksamkeitserwartung und Bereitschaft in Bezug auf Gemeinsamen Unterricht mithilfe eines Fragebogens erhoben (vgl. Schlüter, 2018). Des Weiteren wird neben der Unterrichtsplanung dieser Teilstichprobe auch die Unterrichtspraxis unter Zuhilfenahme eines Beobachtungsbogens, ebenfalls auf Grundlage der UDL-Guidelines, analysiert. Im Anschluss an die durchgeführte Unterrichtsstunde werden die teilnehmenden Lernenden bezüglich der subjektiv empfundenen Adaptivität der Stunde mithilfe eines Fragebogens befragt. Zusätzlich wird auch die Perspektive der betreuenden Lehrkraft mit einem kurzen leitfadengestützten Interview in die Analyse aufgenommen. Zum Abschluss der Untersuchung finden Interviews mit den Teilnehmer*innen zur Reflektion der Unterrichtsstunde statt.

Erste Ergebnisse

Bei der Analyse der Unterrichtsentwürfe (N=28) durch zwei Raterinnen ergaben sich Intercoder-Reliabilitäten zwischen .77 und .93 (Kappa) bei 609 insgesamt vergebenen Codes und einer Spanne pro Unterrichtsentwurf von 8 bis 39 Codes. Die Codes verteilen sich folgendermaßen auf die Netzwerke des Lernens der UDL-Guidelines:

Tabelle 2: Verteilung der Codes auf die Netzwerke des Lernens und die UDL-Guidelines (vgl. Rückert & van Vorst, 2021; vgl. CAST, 2018).

Darstellung und Erklärung Wahrnehmungsnetzwerke **30,9%**	Handeln und Ausdruck Strategische Netzwerke  **19,9%**	Engagement u. Beteiligung Affektive Netzwerke **49,2%**
1. Verschiedene Wege der Wahrnehmung bieten. = **19,2%** **2.** Biete Wahlmöglichkeiten bei der sprachlichen und symbolischen Darstellung von Informationen. = **28,7%**	**4.** Ermögliche unterschiedliche motorische Handlungen. = **18,2%** **5.** Biete Möglichkeiten im Bereich der Beherrschung instrumenteller und darstellender Fertigkeiten. = **38,8%**	**7.** Biete variable Angebote zum Wecken von Lerninteresse. = **51,7%** **8.** Gib Gelegenheit für unterstützte konzentrierte Anstrengung und ausdauerndes Lernen. = **29,7%**

3. Biete Wahlmöglichkeiten beim Verstehen von Informationen. = **52,1%**	**6.** Biete Wahlmöglich-keiten zur Unterstützung der exekutiven Funktionen. = **43,0%**	**9.** Biete Möglichkeiten und Hilfen für selbstregu-liertes Lernen. = **18,5 %**

Die meisten Codes erreichen Proband*innen in den affektiven Netzwerken. In 51,7 Prozent aller Codes zu diesen Netzwerken geben die angehenden Lehrkräfte an, mit ihrem Unterrichtsangebot das Interesse der Lernenden zu adressieren, indem sie z.B. möglichst relevante und authentische Aufgaben und Aktivitäten wählen. Dies wird durch Simulationen des Berufsalltags deutlich, die den Schüler*innen passende Handlungsstrategien für bestimmte berufliche Situationen vor Augen führen. Ebenfalls in diesen Netzwerken ist in der Guideline 8 die Möglichkeit zur Zusammenarbeit der Schüler*innen zu verorten, um konzentriertes und ausdauerndes Lernen zu fördern zum Beispiel durch kollaborative und kooperative Sozialformen und Methoden. Etwa 31 Prozent der Gesamtcodes betreffen die Wahrnehmungsnetzwerke. Hier bemühen sich die angehenden Lehrkräfte insbesondere darum, Wahlmöglichkeiten im Verstehen von Informationen zu gewähren. Die Lehramtsanwärter*innen unterstützen den Verständnisprozess durch die Aktivierung von Vorwissen und das Anleiten von Informationsverarbeitungsprozessen, zum Beispiel durch methodische und inhaltliche Strukturierungshilfen wie Advanced Organizers. Die Strategischen Netzwerke sind weniger repräsentiert, jedoch gibt es auch hier einige Herangehensweisen, die herausstechen. Innerhalb dieser Netzwerke bemühen sich die Proband*innen insbesondere, Wahlmöglichkeiten zur Unterstützung der exekutiven Funktionen zu bieten, indem sie beispielsweise eine geeignete Lernzielsetzung initiieren und unterstützen. Die Proband*innen bemühen sich hierzu in ihrer geplanten Unterrichtsstunde um Transparenz in möglichst vielen Bereichen, wie etwa beim Stundenthema, dem Unterrichtsablauf oder den Kriterien für die Notenvergabe. Zum anderen werden Möglichkeiten der Beherrschung instrumenteller und darstellender Fertigkeiten gegeben, indem sich die Lernenden mit dem Umgang mit verschiedenen Medien auseinandersetzen. Dies zeigt sich durch die Nutzung von Laptops, Tablets, Smartphones, Memotechniken, Videos, Dokumentenkamera oder auch eines virtuellen Klassenraums.
Eine nähere Betrachtung der Ergebnisse lässt nur wage auf einen Zusammenhang zwischen der Heterogenität einer Klasse und der Anzahl an Codes zu. Geringfügig mehr Codes können bei Teilnehmer*innen mit mehr Erfahrung festgestellt werden.

Diskussion und Ausblick

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die angehenden Lehrkräfte verschiedene Elemente der UDL-Guidelines in ihre Unterrichtsentwürfe integrieren. Hierbei legen sie einen Schwerpunkt im Bereich der affektiven Netzwerke und Wahrnehmungsnetzwerke. Insbesondere das Wecken von Interesse durch authentische und relevante Unterrichtsinhalte nimmt einen wichtigen Stellenwert in der Planung der Proband*innen ein. Zur Aussagekraft der Ergebnisse lässt sich resümieren, dass die reine Anzahl der Codes zu kurz fasst, um über die Qualität der Unterrichtsplanung urteilen zu können. Eine weitere Limitation stellt die fehlende Kenntnis über die Heterogenität und die tatsächlichen Bedarfe der Schüler*innen in Bezug auf die Netzwerke dar. Dies lässt sich aus der nur rudimentären Beschreibung der Zusammensetzung der Klassen in den schriftlichen Unterrichtsentwürfen begründen. Eine genauere Betrachtung der unterrichtspraktischen Umsetzung in einer Anschlussstudie soll diese Zusammenhänge deutlicher machen.

Literatur

Ainscow, M., Slee, R. & Best, M. (2019). Editorial: the Salamanca Statement: 25 years on. International Journal of Inclusive Education, 23:7-8, S. 671-676. Abrufbar unter: https://doi.org/10.1080/13603116.2019.1622800.

Al-Azawei, A., Serenelli, F., Lundqvist, K. (2016). Universal Design for Learning (UDL): A Content Analysis of Peer-Reviewed Journal Papers from 2012 to 2015. In: Journal of the Scholarship of Teaching and Learning, Vol. 16 (3), S. 39-56. Abrufbar unter: https://scholarworks.iu.edu/journals/index.php/josotl/article/view/19295.

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

Capp, M. J. (2017). The effectiveness of universal design for learning: a meta-analysis of literature between 2013 and 2016. In: International Journal of Inclusive Education, 21:8, 791-807, Abgerufen von: https://doi.org/10.1080/13603116.2017.1325074

CAST. (2018). Universal Design for Learning (UDL) Guidelines. Abgerufen von https://udlguidelines.cast.org/?utm_source=castsite&lutm_medium=web&utm_campaign=none&utm_content=aboutudl

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

Greiner, F., Taskinen, P., Kracke, B. (2020). Einstellungen und Selbstwirksamkeitsüberzeugungen von Lehramtsstudierenden bezüglich inklusiven Unterrichts: Zusammenhänge mit Kontakterfahrungen und Grundlagenkenntnissen über schulische Inklusion. In: Unterrichitswiss, Vol. 48, S. 273-295.

Heinrichs, K. & Reinke, H. [Hrsg.] (2019). Heterogenität in der beruflichen Bildung – Im Spannungsfeld von Erziehung, Förderung und Fachausbildung. „*Wirtschaft – Beruf – Ethik*“ (36). Bielefeld: wbv.

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.

Mayring, P. (2010). Qualitative Inhaltsanalyse. In: Mey G., Mruck K. (Hrsg.) Handbuch Qualitative Forschung in der Psychologie. VS Verlag für Sozialwissenschaften. Abrufbar unter: https://doi.org/10.1007/978-3-531-92052-8_42.

Meyer, A., Rose, D. H. & Gordon, D. (2014). *Universal Design for Learning. Theory and Practice*. Wakefield: CAST.

Miesera, S. & Gebhardt, M. (2018). Inclusive vocational schools in Canada and Germany. A comparison of vocational pre-service teachers′ attitudes, self-efficacy and experiences towards inclusive education. In: European Journal of Special Needs Education, Vol. 33 (5), S. 707-722.

Rückert, S. & van Vorst, H. (2021). Trianguläre Untersuchung der Bedingungen Gemeinsamen Unterrichts im Berufsschulkontext. In: Habig, S. (Hrsg.), Naturwissenschaftlicher Unterricht und Lehrerbildung im Umbruch? Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik e.V. Virtuelle Jahrestagung 2020 (S. 422-425). Verfügbar unter: https://gdcp-ev.de/wp-content/uploads/2021/07/GDCP_Band41_050721.pdf.

Schlüter, A.-K. (2018). *Professionalisierung angehender Chemielehrkräfte für einen Gemeinsamen Unterricht*. Studien zum Physik- und Chemielernen. Band 257. Berlin: Logos.

Florian Seiler[1]
Oliver Tepner[1]

[1]Universität Regensburg

Evaluation eines Seminarkonzepts zur Planung von Experimenten

Theoretischer Hintergrund

Die Unterrichtsplanung stellt neben der Durchführung und Reflexion von Unterricht eine der Kernaufgaben und Kernkompetenzen von Lehrkräften dar (Sekretariat Kultusministerkonferenz, 2019). Darunter fallen alle Maßnahmen, welche zur Optimierung des Unterrichts im Vorhinein getroffen werden (Gassmann, 2013). Da Unterricht ein komplexes Geschehen ist, handelt es sich bei dessen Planung um kognitive Entscheidungsprozesse, welche nicht linear, sondern zirkulär und sprunghaft sind und von analysierten Voraussetzungen ausgehen (Shavelson & Stern, 1981; Vogelsang & Riese, 2017). Auch im Refined Consensus Modell of PCK (RCM) wird der zyklische Ablauf des Planens, Durchführens und Reflektierens von Unterricht ins Zentrum des Handlungsfeld von Lehrkräften gestellt (Carlson & Daehler, 2019). Die Kompetenzen, Unterricht zu gestalten, werden in diesem Modell als Teil des persönlichen fachdidaktischen Wissens und Könnens (pPCK) gesehen. Das Planungshandeln von Lehrkräften wird als Teil des enacted PCK (ePCK) betrachtet. Dabei handelt es sich um die fachdidaktischen Kompetenzen einer Lehrkraft, die in einer spezifischen Handlungssituation tatsächlich abgerufen und eingesetzt werden (Carlson & Daehler, 2019). Zwischen dem pPCK und dem ePCK gibt es einen wechselseitigen Wissensfluss. Beispielsweise kann sich durch bewusste oder unbewusste Reflexion von Unterrichtsplänen und deren Ausführung das pPCK einer Lehrkraft weiterentwickeln (Alonzo, Berry & Nilsson, 2019).

Speziell im naturwissenschaftlichen Unterricht ist das Wissen über Experimente und deren lernförderlicher Einsatz eine bedeutende Teilfacette fachdidaktischen Wissens und Könnens (Gramzow, Riese & Reinhold, 2013). Studien zeigen, dass im naturwissenschaftlichen Unterricht häufig stark vorstrukturierte Experimentieranleitungen zum Einsatz kommen, wodurch insbesondere das eigenständige Entwickeln von Experimenten seitens der Schülerinnen und Schüler vernachlässigt wird (Reiss, Sälzer, Schiepe-Tiska, Klieme & Köller, 2016). Insgesamt zeigt sich in verschiedenen Teilprozessen unterrichtlicher Experimentiersituationen ein hoher Anteil der Lehrkraft. Viele Aspekte werden vorgegeben oder gemeinsam im durch die Lehrkraft angeleiteten Unterrichtsgespräch erarbeitet (Stiller, 2015). Der Erwerb der vielfältigen Kompetenzen, wie sie insbesondere im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung der nationalen Bildungsstandards (Sekretariat der ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland, 2005) formuliert werden, kann durch den bloßen Einsatz gelenkter Unterrichtsformen nicht sichergestellt werden (Kremer, Möller, Arnold & Mayer, 2019). Eine Möglichkeit, den aktiven Anteil der Schülerinnen und Schüler beim Experimentieren zu erhöhen, ist der Einsatz von selbstgesteuerten bzw. offenen Schülerexperimenten (Priemer, 2011). Um dabei die Lernenden nicht zu überfordern, gilt es einen geeigneten Grad an Offenheit und Strukturierung zu finden. Offene bzw. forschende Formen des Schülerexperiments, in denen gleichzeitig adäquate Unterstützung geboten wird, weisen ein lernwirksames Potential auf (Furtak, Seidel, Iverson & Briggs, 2012), insbesondere hinsichtlich wissenschaftsmethodischer Kompetenzen (Hof, 2011). Bei der Planung selbstgesteuerter Experimentierumgebungen bedarf es deshalb vieler Überlegungen. Beispielsweise benötigt die Lehrkraft Wissen darüber, auf welche Art und Weise Offenheit beim Experimentieren generiert werden kann (Priemer, 2011). Darüber hinaus sollten im Voraus die jeweiligen Zielsetzungen geklärt werden, um einerseits Zielklarheit für die Schülerinnen und Schüler zu

schaffen (Börlin, 2012; Hofstein & Lunetta, 2004) und andererseits nicht zu viele Ziele gleichzeitig zu verfolgen (Rincke, 2016). Ausgehend von den Voraussetzungen der spezifischen Lerngruppe muss geklärt werden, inwiefern der Experimentierprozess geöffnet werden kann und wie viel Unterstützung für die Schülerinnen und Schüler bereitgestellt werden muss (Koenen, 2016). Experimentieren kann als kontextorientierte Tätigkeit betrachtet werden (Börlin, 2012). Das Herstellen von Bezügen zu vorher behandelten Inhalten und zur Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler kann daher einen Vorteil für das Lernen und die Motivation der Schülerinnen und Schüler bringen (Habig, van Vorst & Sumfleth, 2018; Schulz, 2011).

Ziele und Forschungsfragen

Hauptziel des Projektes ist es, ein Seminarkonzept zu entwickeln, in dem die experimentelle Planungskompetenz von Chemie-Lehramtsstudierenden gefördert werden kann. Im Rahmen der Evaluation des Seminarkonzepts wird die Entwicklung des experimentell-fachdidaktischen Wissens (FF 1) und der experimentellen Planungskompetenz (FF 2) der teilnehmenden Studierenden untersucht. Darüber hinaus wird die Entwicklung der Qualität der während des Seminars von den Studierenden erstellten Experimentierprozesse, untersucht (FF 3). Der zur Erhebung des Planungshandelns entwickelte Performanztest sowie das zur Analyse der Planungen entwickelte Kodiermanual sollen hinsichtlich ihrer Güte empirisch überprüft werden (FF 4).

Methodik und Design

Im Rahmen des Seminars erhalten die Studierenden die Aufgabe, nach einer einführenden Theoriephase unter Zuhilfenahme einer Planungshilfe und ausgehend von recherchierten Experimentieranleitungen selbstständig insgesamt sechs verschiedene Experimentierprozesse (Entwürfe) zu planen. Das Seminarkonzept ist zyklisch aufgebaut, sodass in je drei zusammenhängenden Seminarterminen pro Person je zwei Experimentierprozesse geplant werden. In einem jeweils ersten Termin („Experimentierphase“) führen die Studierenden die recherchierten Experimente zunächst selbst durch. Bis zum nächsten Seminartermin entwickeln die Studierenden daraus (offene) Experimentierprozesse. Diese Experimentierumgebungen werden dann von Kommiliton*innen durchgeführt und mittels Feedbackbogen evaluiert („Anwendungsphase“). In einem jeweils abschließenden Seminartermin reflektieren die Studierenden ihre eigenen Experimentierprozesse schriftlich, in dem sie die ausgefüllten Feedbackbögen heranziehen („Reflexionsphase“). Dieser Zyklus aus Planung, Durchführung und Reflexion (vgl. RCM of PCK) findet insgesamt dreimal statt. Das Seminar umfasste insgesamt zwischen 13 und 15 Seminartermine. An der Hauptstudie im Sommersemester 2019 und im Wintersemester 2019/20 nahmen insgesamt 31 Studierende teil. Zur Untersuchung der Forschungsfragen wurden unmittelbar vor dem Seminar (Pretest), unmittelbar nach dem Seminar (Posttest) und im Falle der Hauptstudie im Wintersemester 2019/20 sechs Monate nach Abschluss des Seminars (Follow-Up-Test) u. a. Instrumente zur Messung des experimentell-fachdidaktischen Wissens (Backes, Sumfleth & Tepner, 2012) und zur experimentellen Planungskompetenz (Seiler, in Druck) eingesetzt. Darüber hinaus wurden die von den Studierenden entwickelten Experimentierprozesse pseudonymisiert erhoben. Die Auswertung der schriftlichen Planungen im Rahmen des Planungskompetenztests und der Experimentierprozesse erfolgt mit Hilfe eines entwickelten Kodiermanuals, welches insgesamt 26 Subkategorien umfasst. Zur Bildung eines Score-Wertes pro Dokument werden die durch die Kodierung vergebenen Codes aufsummiert, durch die mögliche Gesamtpunktzahl geteilt und mit 100 multipliziert.

Ergebnisse

Die Proband*innen erreichten im Mittel Score-Werte von 61.50 % (*SD* = 15.51) zum Pretest-Zeitpunkt und 70.71 % (*SD* = 15.05) zum Posttest-Zeitpunkt. Der mittlere Score-Wert der 23 Personen, die an der Follow-Up-Erhebung teilnahmen, betrug 66.24 % (*SD* = 14.95). Die Mittelwertsunterschiede waren dabei statistisch signifikant bei mittlerer Effektstärke (Pre/Post: $t(30) = 3.92$; $p < .001$; $d = 0.70$; Pre/Follow-Up: $t(22) = 2.51$; $p < .05$; $d = .52$). Im Test zur experimentellen Planungskompetenz ergab sich zum ersten Messzeitpunkt ein mittlerer Score-Wert von 37.45 % (SD = 9.76) und ein Score-Wert von 53.82 % (*SD* = 10.59) zum zweiten Messzeitpunkt. Sechs Monate nach dem Seminar erzielten die Studierenden einen durchschnittlichen Score-Wert von 48.81 % (*SD* = 10.89). Auch hier zeigten sich statistisch signifikante Mittelwertsunterschiede mit großer Effektstärke (vgl. Tabelle 1).

Tabelle 1: Inferenzstatistik experimentelle Planungskompetenz

Vergleich der Messzeitpunkte	***t***	***df***	***p****	***d***
Pre-Post	7.38	23	< .001	1.51
Pre-Follow-Up	4.56	20	< .001	1.00

*Hinweis: p** = Bonferroni korrigierter *p*-Wert

Die Entwicklung der Qualität der Experimentierprozesse hängt nicht vom Zyklus ab, in dem die jeweiligen Entwürfe geplant wurden ($F(2, 46) = 1.04$, $p = 0.36$, $\eta^2 = .01$). Dies bedeutet, dass die Qualität der Entwürfe nicht von der ersten über die zweite zur dritten Lerngelegenheit gesteigert werden kann.

Zur Bewertung der Objektivität der Messinstrumente wurden Übereinstimmungskoeffizienten von je zwei Kodierer*innen von je 15 Dokumenten (ca. 20 % des Datenmaterials) bestimmt. Die prozentuale Übereinstimmung von 83 % (Entwürfe) bzw. 78.8 % (Tests) sowie die Krippendorffs Alpha-Koeffizienten von .91 (Entwürfe) bzw. .86 (Tests) sprechen für eine angemessene Objektivität der Messung. Mit akzeptablen bis guten Werten hinsichtlich der internen Konsistenz ($\alpha_{Tests} = .71$ bzw. $\alpha_{Entwürfe} = .84$) und der Split-Half-Reliabilität nach Spearman-Brown ($r_{tt} = .86$ bzw. $r_{tt} = .81$) konnte eine angemessene Skalenreliabilität sichergestellt werden. Die Konstruktvalidität der Messung wurde u. a. mit der Berechnung gemischter linearer Modelle überprüft. Dabei zeigten sich ein signifikanter Einfluss des experimentell-fachdidaktischen Wissens ($\gamma = 0.285$; $p < .01$) und des Messzeitpunktes ($\gamma = 13.889$; $p < .001$) auf die experimentelle Planungskompetenz. Gleichzeitig hatte die experimentelle Planungskompetenz einen signifikanten Einfluss auf das experimentell-fachdidaktische Wissen ($\gamma = 0.491$; $p < .05$), während der Messzeitpunkt hier keinen signifikanten Effekt zeigte ($\gamma = 0.656$; $p = .876$). Damit konnten Zusammenhänge, wie sie im RCM postuliert werden (vgl. Alonzo et al., 2019), empirisch nachgewiesen werden.

Fazit

Die Ergebnisse weisen insgesamt auf eine hohe Lernwirksamkeit der Seminarkonzeption hin. Sowohl das experimentell-fachdidaktische Wissen (FF 1) als auch die experimentelle Planungskompetenz (FF 2) konnten durch die Teilnahme am Seminar gesteigert werden. Eine Qualitätssteigerung der geplanten Experimentierprozesse konnte dagegen nicht bestätigt werden (FF 3). Die Güte der entwickelten Instrumente konnte durch die Analysen empirisch belegt werden (FF 4).

Literatur

Alonzo, A. C., Berry, A. & Nilsson, P. (2019). Unpacking the Complexity of Science Teachers' PCK in Action: Enacted and Personal PCK. In A. Hume, R. Cooper & A. Borowski (Hrsg.), *Repositioning Pedagogical Content Knowledge in Teachers' Knowledge for Teaching Science* (S. 271–286). Singapore: Springer.

Backes, A., Sumfleth, E. & Tepner, O. (2012). *Test zum experimentell-fachdidaktischen Wissen von Chemielehrkräften. Unveröffentlichtes Manuskript*, Essen.

Börlin, J. (2012). *Das Experiment als Lerngelegenheit. Vom interkulturellen Vergleich des Physikunterrichts zu Merkmalen seiner Qualität* (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 132). Berlin: Logos.

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.* Singapore: Springer.

Furtak, E. M., Seidel, T., Iverson, H. & Briggs, D. C. (2012). Experimental and Quasi-Experimental Studies of Inquiry-Based Science Teaching. *Review of educational research, 82* (3), 300–329.

Gassmann, C. (2013). *Erlebte Aufgabenschwierigkeit bei der Unterrichtsplanung. Eine qualitativ-inhaltsanalytische Studie zu den Praktikumsphasen der universitären Lehrerbildung*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-00243-5

Gramzow, Y., Riese, J. & Reinhold, P. (2013). Modellierung fachdidaktischen Wissens angehender Physiklehrkräfte. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 19,* 7–30.

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.

Hof, S. (2011). *Wissenschaftsmethodischer Kompetenzerwerb durch forschendes Lernen. Entwicklung und Evaluation einer Interventionsstudie*. Zugl.: Kassel, Univ., Diss., 2010. Kassel: Kassel Univ. Press.

Hofstein, A. & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education. Foundations for the twenty-first century. *Science Education, 88* (1), 28–54.

Koenen, J. (2016). Gestaltung von Experimentiersituationen - Wahl verschiedener Öffnungsgrade. In J. Koenen, M. Emden & E. Sumfleth (Hrsg.), *Chemieunterricht im Zeichen der Erkenntnisgewinnung* (Ganz In - Materialien für die Praxis, S. 19–24). Münster: Waxmann.

Kremer, K., Möller, A., Arnold, J. & Mayer, J. (2019). Kompetenzförderung beim Experimentieren. In J. Groß, M. Hammann, P. Schmiemann & J. Zabel (Hrsg.), *Biologiedidaktische Forschung: Erträge für die Praxis* (S. 113–128). Berlin: Springer.

Priemer, B. (2011). Was ist das Offene beim offenen Experimentieren? *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 17,* 315–337.

Reiss, K., Sälzer, C., Schiepe-Tiska, A., Klieme, E. & Köller, O. (Hrsg.). (2016). *PISA 2015. Eine Studie zwischen Kontinuität und Innovation*. Münster: Waxmann.

Rincke, K. (2016). *Experimente in ihren Funktionen für das Lernen.* Zugriff am 30.11.2017.

Schulz, A. (2011). *Experimentierspezifische Qualitätsmerkmale im Chemieunterricht. Eine Videostudie* (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 113). Berlin: Logos.

Seiler, F. (in Druck). *Entwicklung und Evaluation eines Seminarkonzepts zur Förderung der experimentellen Planungskompetenz von Lehramtsstudierenden im Fach Chemie* (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 320). Berlin: Logos.

Sekretariat der ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland. (2005). *Beschlüsse der Kultusministerkonferenz: Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Bildungsabschluss. Beschluss vom 16.12.2004* (Kultusministerkonferenz, Hrsg.). Zugriff am 12.12.2017. Verfügbar unter https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Bildungsstandards-Chemie.pdf

Sekretariat Kultusministerkonferenz. (2019). *Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften.* Zugriff am 22.01.2021.

Shavelson, R. J. & Stern, P. (1981). Research on Teachers' Pedagogical Thoughts, Judgments, Decisions, and Behavior. *Review of educational research, 51,* 455–498.

Stiller, J. (2015). *Scientific Inquiry im Chemieunterricht - Eine Videoanalyse zur Umsetzung von Erkenntnisgewinnungsprozessen im internationalen und schulstufenübergreifenden Vergleich*. Dissertation. Humboldt-Universtiät, Berlin.

Vogelsang, C. & Riese, J. (2017). Wann ist eine Unterrichsplanung "gut"? Planungsperformanz in Praxisratgebern zur Unterrichtsplanung. In K. Zierer & S. Wernke (Hrsg.), *Die Unterrichtsplanung: Ein in Vergessenheit geratener Kompetenzbereich?! Status Quo und Perspektiven aus Sicht der empirischen Forschung.* Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Laura Goldhorn[1]
Thomas Wilhelm[1]
Verena Spatz[2]

[1]Goethe-Universität Frankfurt
[2]TU Darmstadt

Mindsets in Physik nach einem Jahr Lernen unter Pandemie-Bedingungen

Motivation

Die Mindset-Forschung (bezogen auf die Mindset-Definition von Dweck) basiert auf der Beobachtung, dass Schüler*innen abhängig von ihrem Mindset unterschiedlich mit herausfordernden Lernsituationen umgehen. Während Schüler*innen mit einem Growth Mindset Herausforderungen im Lernen suchen und mit auftretenden Schwierigkeiten und Rückschlägen gut umgehen können, versuchen Schüler*innen mit einem Fixed Mindset Herausforderungen zu vermeiden und verlieren bei temporären Rückschlägen im Lernprozess schnell das Vertrauen in die eigenen Fähigkeiten (Dweck & Leggett, 1988; Dweck & Yeager, 2021). Diese unterschiedlichen Reaktionsmuster lassen sich mit der dem Mindset zugrunde liegenden Überzeugung der Schüler*innen erklären: Das Fixed Mindset basiert auf der Überzeugung, dass Intelligenz eine festgelegte Eigenschaft sei, die von vornherein den Rahmen der individuellen Entwicklung festlegt, während das Growth Mindset auf der Über-zeugung aufbaut, dass Intelligenz zu jedem Zeitpunkt entwickelbar sei und somit auch Fähigkeiten und Kompetenzen stets ausbaubar sind (Dweck, 2006; Dweck & Leggett, 1988).

Ob Schüler*innen ein Fixed oder ein Growth Mindset haben, kann bereichsbezogen variieren (Dweck, 2008) und verändert sich im Verlauf der Schulzeit. Während Kinder bis zum Grundschulalter eine starke Tendenz zum Growth Mindset zeigen (Ricci, 2013), ist die Verteilung von Fixed und Growth Mindset bei Jugendlichen und Erwachsenen etwa ausgeglichen (Dweck, 2006). Gleichzeitig gibt es jedoch Bereiche, in denen eine Tendenz zum Fixed Mindset beobachtet werden kann, dazu zählt auch Physik (Dweck, 2008). Die starke Überzeugung von einem ausgeprägten, bereichsspezifischen Talent oder das Bild des physikalischen Genies wird auch in Studien zu anderen psychologischen Konstrukten berichtet (vgl. z. B. Archer et al., 2020; Leslie et al., 2015). Geprägt wird das Mindset durch verschiedene Einflussfaktoren; dazu gehören die Eltern als nächste Bezugspersonen, aber auch die Lehrkräfte (Cimpian et al., 2007; Kamins & Dweck, 1999). Letztere sind nicht nur Bezugspersonen, die ihre eigenen Überzeugungen weitergeben, sondern sie begleiten und bewerten explizit den Lernfortschritt und die Lernergebnisse ihrer Schüler*innen (Sun, 2015). Insbesondere durch das Klassenklima, als auch durch die Art von Rückmeldungen wird dabei das Mindset der Schüler*innen geprägt. Beispielsweise kann durch Feedback, das den Lernprozess mit dem Lernergebnis verknüpft, ein Growth Mindset gefördert werden (Haimovitz et al., 2011; Mueller & Dweck, 1998).

Seit Beginn der Corona-Pandemie im Frühjahr 2020 haben sich die Lernbedingungen für Schüler*innen verändert. Zeitweise fand das Lernen ganz ohne Präsenzunterricht statt, der Fokus lag vermehrt auf dem selbstständigem Lernen zuhause mit weniger Kontakt zur Lerngruppe und zu den Lehrkräften. Dabei hat sich auch der Charakter des Unterrichts verändert: Im Zentrum stand insbesondere während der strengen Kontaktbeschränkungen das Halten des Lernstandes und es gab mehr formales Üben und Wiederholung des bereits Gelernten (Voss & Wittwer, 2020). Die im Folgenden vorgestellte Studie untersucht den möglichen Einfluss dieser veränderten Lernbedingungen auf das physikbezogene Mindset von Schüler*innen.

Methode

Zur Erhebung des physikbezogenenMindsets wurde der dafür entwickelte Mindset-Fragebogen verwendet. Er besteht aus insgesamt 15 Items auf den drei Skalen „Allgemeine Intelligenz“ (α = .80), „Physikbegabung“ (α = .81) und „Anstrengung in Physik“ (α = .83) (Goldhorn et al., 2020). Ausgefüllt wurde der Fragebogen von N = 351 Schüler*innen (7. Jahrgangsstufe bis Q-Phase) von 10 Schulen im Rhein-Main-Gebiet am Ende des Schuljahres 2020/2021. Von den N = 351 Schüler*innen gaben 44 % an, weiblich zu sein. 32 % besuchten nach eigener Auskunft ein Gymnasium, 16 % ein Oberstufengymnasium, 20 % eine integrierte Gesamtschule, 28 % eine Realschule und 3 % eine Hauptschule. Die Erhebung wurde online durchgeführt. Für die Auswertung wurde die Unterscheidung in vier Mindset-Typen verwendet:

- Growth Mindset: Schüler*innen mit der Überzeugung, dass Intelligenz entwickelbar ist und jede*r Physik lernen kann.
- Fixed Mindset (allgemeine Intelligenz): Schüler*innen mit der Überzeugung, dass Intelligenz eine festgelegte Eigenschaft ist, die auch das Potential in Physik vorbestimmt.
- Fixed Mindset (Physikbegabung): Schüler*innen mit der Überzeugung, dass man zum Physiklernen eine spezielle Physikbegabung braucht.
- Mixed Mindset: Schüler*innen, die sich dem Fixed oder Growth Mindset zuordnen lassen.

Zum Vergleich werden die Daten einer mit Paper-Pencil-Methode durchgeführten Mindset-Erhebung bei N = 1601 Schüler*innen in Physik im Zeitraum von November 2019 bis Februar 2020 (also vor der Corona-Pandemie) verwendet (Goldhorn et al., 2020).

Ausgewählte Ergebnisse

Abb. 1 zeigt die Entwicklung des Growth Mindsets über die verschiedenen Jahrgangsstufen hinweg, vom Anfangsunterricht Physik in der 7. Klasse bis zu den Abschlussjahrgängen der Q-Phase. Der Anteil der Schüler*innen mit Growth Mindset nimmt in beiden Datensätzen während der Sekundarstufe 1 ab, dabei ist jedoch in dieser Altergruppe der Anteil des Growth Mindsets bei den Schüler*innen nach über einem Jahr Lernen unter Pandemiebedingungen höher. Besonders hervorzustechen scheint hier die 7. Jahrgangsstufe, jedoch muss einschränkend erwähnt werden, dass es sich bei den 7. Klässler*innen nur um N_i = 18 Schüler*innen handelt. Doch auch in der 8. und 9. Jahrgangsstufe, die mit deutlich mehr teilnehmenden Schüler*innen in der Umfrage vertreten sind, ist der Anteil des Growth Mindsets bei den aktuellen Daten um 9 % (8. Jgst.) und 8 % (9. Jgst.) höher, als in der Vergleichsstudie aus dem Schuljahr 2019/2020. Ebenfalls auffällig ist der Unterschied in der E-Phase. In den Daten von 2019/2020 ist ein deutlicher Anstieg des Growth Mindset in dieser Jahrgangsstufe zu beobachten, der sich in den aktuellen Daten von 2021 nicht findet.

Abb. 2 zeigt die Verteilung des Fixed Mindset (Physikbegabung) in beiden Mindset-Erhebungen über die verschiedenen Jahrgangsstufen hinweg. In beiden Datensätzen ist ein deutlicher Anstieg dieses Mindsets in den ersten Lernjahren Physik zu beobachten. Während in der 7. Jgst. nur 11 % (2021) bzw. 8 % (2019/2020) das Fixed Mindset (Physikbegabung) haben, sind es in der 10. Jgst. 24 % (2021) bzw. 23 % (2019/2020). Beim Vergleich der Datensätze fällt insbesondere auf, dass sich der Anteil der Schüler*innen mit einem Fixed Mindset (Physikbegabung) vor der Pandemie zwischen dem ersten und zweiten Lernjahr Physik von 8 % auf 17 % verdoppelt. Im gleichen Zeitraum, also zwischen der 7. und 8. Jgst., bleibt im aktuellen Datensatz der Prozentwert der Schüler*innen mit einem Fixed Mindset (Physikbegabung) nahezu konstant bei 11 % bzw. 11 %, doch im folgenden Jahr, also zwischen der 8. und 9. Klasse, verdoppelt sich der Anteil auf 22 %.

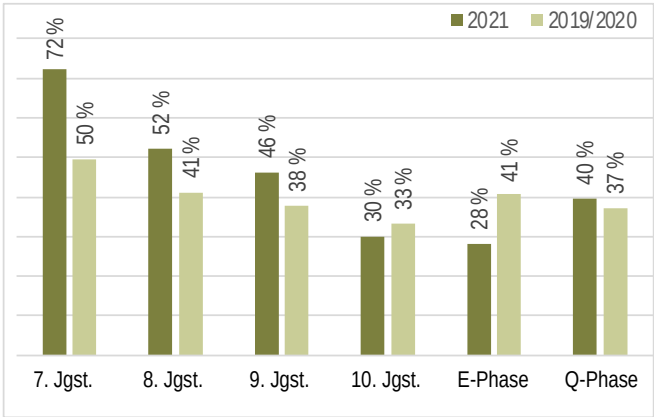


*Abb. 1: Prozentsatz der Schüler*innen mit Growth Mindset nach Jahrgangsstufen. Vergleich der Datenerhebungen von 2021 (links) und 2019/2020 (rechts).*

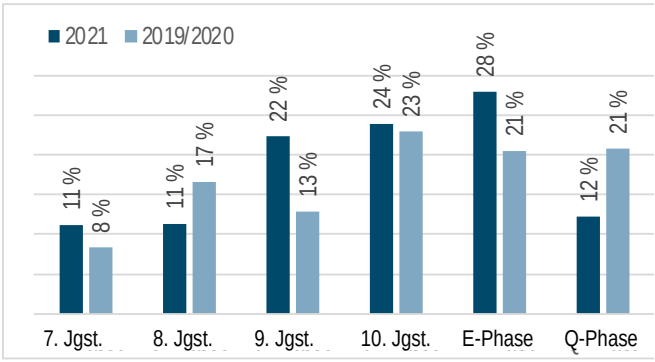


*Abb. 2: Prozentsatz der Schüler*innen mit Fixed Mindset (Physikbegabung) nach Jahrgangsstufen. Vergleich der Datenerhebungen von 2021 (links) und 2019/2020 (rechts).*

Fazit

Nach über einem Jahr Lernen unter Pandemiebedingungen fällt auf, dass der Prozentsatz der Schüler*innen, die dem Growth Mindset zugeordnet werden, in der 8. Jgst. mit 52 % deutlich höher ist als vor der Pandemie (41 %). Demgegenüber erfolgt der Anstieg des physikbezogenen Fixed Mindset (Physikbegabung) erst zwischen der 8. und 9. Jgst. (von 11 % auf 24 %), während er vor der Pandemie zwischen der 7. und 8. Jgst. beobachtet werden konnte (von 8 % auf 17 %). Dies weist darauf hin, dass der Physikunterricht das fachbezogene Mindset von Schüler*innen beeinflusst und sich insbesondere die Über-zeugung einer notwendigen Physikbegabung erst durch die Unterrichtserfahrung festigt. Auch der unterschiedliche Growth Mindset Anteil in der E-Phase lässt sich auf die Pandemie-Bedingungen zurückführen. Die E-Phase ist der Eintritt in die gymnasiale Oberstufe und bedeutet für viele Schüler*innen einen Umbruch und Neuanfang, der mit einer größeren Offenheit und stärker ausgeprägtem Growth Mindset einhergeht (Canning et al., 2019). Durch die veränderten Lernbedingungen während der Pandemie ist dieser Effekt nicht mehr beobachtbar.

Literatur

Archer, L., Moote, J., & MacLeod, E. (2020). Learning that physics is 'not for me': Pedagogic work and the cultivation of habitus among advanced level physics students. *Journal of the Learning Sciences*, *29*(3), 347–384.

Canning, E., Muenks, K., Green, D. J., & Murphy, M. C. (2019). STEM faculty who believe ability is fixed have larger racial achievement gaps and inspire less student motivation in their classes. *Science Advances*, *5*(2), eaau4734.

Cimpian, A., Arce, H.-M. C., Markman, E. M., & Dweck, C. S. (2007). Subtle Linguistic Cues Affect Children's Motivation. *Psychological Science*, *18*(4), 314–316.

Dweck, C. S. (2007a). *Mindset: The new psychology of success* (Ballantine Books trade pbk. ed). Ballantine Books.

Dweck, C. S. (2008b). *Mindsets and Math/Science Achievement*. New York: Carnegie Corporation of New York, Institute for Advanced Study, Commission on Mathematics and Science Education.

Dweck, C. S., & Leggett, E. L. (1988). A social-cognitive approach to motivation and personality. *Psychological Review*, *95*(2), 256–273.

Dweck, C., & Yeager, D. (2021). Global Mindset Initiative Introduction: Envisioning the Future of Growth Mindset Research in Education. *SSRN Electronic Journal*.

Goldhorn, L., Wilhelm, T., Spatz, V., & Rehberg, J. (2020). Fixed und Growth Mindset: Selbstbilder von Schüler*innen in Physik. *PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung.*

Haimovitz, K., Wormington, S. V., & Corpus, J. H. (2011). Dangerous mindsets: How beliefs about intelligence predict motivational change. *Learning and Individual Differences*, *21*(6), 747–752.

Kamins, M. L., & Dweck, C. S. (1999). Person versus process praise and criticism: Implications for contingent self-worth and coping. *Developmental Psychology*, *35*(3), 835–847.

Leslie, S.-J., Cimpian, A., Meyer, M., & Freeland, E. (2015). Expectations of brilliance underlie gender distributions across academic disciplines. *Science*, *347*(6219), 262–265.

Mueller, C. M., & Dweck, C. S. (1998). Praise for intelligence can undermine children's motivation and performance. *Journal of Personality and Social Psychology*, *75*(1), 33–52.

Ricci, M. C. (2013). *Mindsets in the classroom: Building a culture of success and student achievement in schools*. Prufrock Press.

Sun, K. L. (2015). *There's no limit: Mathematics teaching fo a growth mindset.* Stanford University.

Voss, T., & Wittwer, J. (2020). Unterricht in Zeiten von Corona: Ein Blick auf die Herausforderungen aus der Sicht von Unterrichts- und Instruktionsforschung. *Unterrichtswissenschaft*, *48*(4), 601–627.

Clemens Hoffmann[1]
Elizabeth Marie Watts[1]
[1]Friedrich-Schiller-Universität Jena

Bereitschaften von Lehramtsstudierenden zum Einsatz digitaler Werkzeuge am Beispiel von simulierten Laborumgebungen

Projektvorstellung

Das durch die Friedrich-Schiller-Universität Jena (Akademie für Lehrentwicklung, Graduiertenakademie, IMPULSE^{project}) geförderte Projekt *Science4all* widmet sich dem Ziel, naturwissenschaftlichen Unterricht durch digitale Werkzeuge, Hilfsmittel und Medien gerecht, zugänglich und inklusiv zu gestalten und damit allen Schüler:innen gleichen Zugang zu qualitativ hochwertiger Bildung zu ermöglichen. Im Rahmen des Teilprojekts *Virtual School Lab* werden digitale Kompetenzen im Sinne eines breiten Kompetenzbegriffs adressiert, welche von Lehramtsstudierenden erworben und weiter professionalisiert werden, „um später in der eigenen Schul- und Unterrichtsgestaltung reflektiert umgesetzt und kontinuierlich weiterentwickelt werden zu können“ (van Ackeren et al., 2019, S. 107). Konkret werden die Einsatzmöglichkeiten simulierter Laborumgebungen sowie der Nutzen, der aus diesem Einsatz für die Unterrichtspraxis entsteht, ausgelotet und untersucht. Dabei sind Laborsimulationen ein Beispiel für digitale Werkzeuge.

Software zur Simulation von Laborumgebungen

Für das *Virtual School Lab* wurde die Software *Labster* ausgewählt, da sie die meisten Simulationen und hervorragende Grafiken bietet. Die hohe Qualität der Simulationen ist zum Teil auf die Zusammenarbeit mit mehreren wissenschaftlichen Einrichtungen zurückzuführen, die die Qualität, den genauen Inhalt und die Darstellung der Labore prüfen und mit beeinflussen. Außerdem wird viel in didaktische Entwicklungen für die Simulationen investiert und es finden sich bereits einige Studien über die Wirksamkeit der *Labster*-Simulationen (Bonde et al., 2014; Fleuren, 2016; Schäfers et al., 2020; Stauffer, 2019; Wright, 2020). Der Einsatz von *Labster* bietet demnach zahlreiche Vorteile. Es bietet reale Probleme in authentischen Kontexten, gefahrloses Experimentieren, individuelles Lerntempo, forschungsbasierte und tiefgehende Lernansätze unterstützt durch Quizfragen und weiterführende Informationen, spielerische Elemente sowie Storytelling- sowie Gamifikation-Ansätze für ein gesteigertes Engagement.

Lehrveranstaltungskonzept

Um die Einsatzmöglichkeiten simulierter Laborumgebungen auszuloten und zu untersuchen, wurde ein Lehr-Lern-Angebot entwickelt, das es Studierenden des Lehramts für die Fächer Biologie, Chemie und Physik ermöglicht in Laborsimulationen zu arbeiten. Der erste Durchlauf des Angebots wurde im Sommersemester 2021 vollständig online durchgeführten. Die Veranstaltung gliederte sich in vier Abschnitte, die die Studierenden in acht bis zehn Zeitstunden absolvieren konnten. Die Einführung diente der Orientierung, in der sich die Studierenden mit der Software vertraut machten. Daran schloss sich die eigenständige Erprobung und Erkundung der verschiedenen Simulationen an (mind. drei). Auf ihren Erfahrungen aufbauend entwickelten die Studierenden erste Projektideen dazu, wie sie *Labster* im Unterricht einsetzen würden. In einer letzten Phase stellten die Studierenden ihre Projektideen einander vor und gaben Feedback zur Umsetzbarkeit sowie zu Chancen und Herausforderungen des Einsatzes von Labor-Simulationen im Unterricht. Jeweils vor und

nach der Veranstaltung wurden mittels online-Befragung die Bereitschaften der Lehramtsstudierenden zum Einsatz digitaler Werkzeuge erhoben.

Digitale Kompetenzen

Unter digitalen Kompetenzen werden Kenntnisse, Fähigkeiten und Einstellungen verstanden, die für einen professionellen Einsatz digitaler Medien und Werkzeuge zur Unterstützung des Lehrens und Lernens notwendig sind (Becker et al., 2020; Instefjord, 2014; Røkenes & Krumsvik, 2016). Es handelt sich also um die Expertise von Lehrer:innen/ Ausbilder:innen im Umgang mit digitalen Medien und Werkzeugen, die ein gutes pädagogisch-didaktisches Urteilsvermögen und ein Bewusstsein für deren Auswirkungen auf das Lernen und die digitale Bildung von Schüler:innen/ Studierenden mit einschließt (Krumsvik, 2011). Zur Ausdifferenzierung der Teilbereiche digitaler Kompetenzen von Lehrer:innen haben sich in der Literatur aktuell drei Modelle etabliert: das TPACK-Rahmenmodell von Köhler und Mishra (2009), das K19+-Rahmenmodell (Schultz-Pernice et al., 2017) und der DiKoLAN-Orientierungsrahmen (Becker et al., 2020). In allen drei Modellen wird nur wenig auf die Einstellungen, Haltungen und Bereitschaften zum Einsatz digitaler Werkzeuge fokussiert. Dieser Bereich professioneller Kompetenz stellt aber eine wichtige Bedingung für die Akzeptanz und die Nutzung digitaler Werkzeuge dar, weshalb ein Modell notwendig ist, das diesen Bereich erfasst. Aus diesen Gründen wurde als theoretische Rahmung die *Unified Theory of Acceptance and Use of Technology* von Venkatesh et al. (2003) gewählt, die nach einer norwegischen Studie von Viberg et al. (2020) operationalisiert wurde.

Operationalisierung

Im Rahmen der quantitativen Begleitforschung wurde die Bereitschaft der Studierenden untersucht, digitale Werkzeuge im Unterricht einzusetzen. Dabei wurden digitale Werkzeuge als alle digitalen Technologien definiert, die zur Unterstützung des Lernens von Schüler:innen (bspw. spielbasiertes Lernen, simulierte Labore, VR, AR, LMS, Anwendungen zum kooperativen Arbeiten) genutzt werden können. Orientiert an Viberg et al. (2020) ist die Bereitschaft zum Einsatz digitaler Werkzeuge als konstitutiver Bestandteil digitaler Kompetenz von Lehrkräften zu betrachten, der Einstellungen und Dispositionen berührt (Viberg et al., 2020). Die Bereitschaft in diesem Sinne umfasst wiederum sieben Teilbereiche: (1) die Fähigkeiten zur Verwendung von digitalen Werkzeugen, (2) soziale Einflüsse und Unterstützung, (3) die Verwendungsabsicht, (4) die Nützlichkeit und Effizienz, (5) das pädagogische Potenzial, (6) das Unterstützungsbewusstsein und (7) das Beschränkungsbewusstsein. Für die Untersuchung wurde das von Viberg et al. (2020) entwickelte Instrument ins Deutsche übersetzt und an die Situation der Lehramtsstudierenden angepasst. Dabei mussten zwei Subskalen ausgeschlossen werden (2 und 6), da diese von den Lehramtsstudierenden nicht hätten beantwortet werden können. Im Vergleich mit dem ursprünglichen Instrument zeigt sich die Untersuchung als reliabel und kann für weitere Analysen herangezogen werden. Im Folgenden wird auf die beiden Subskalen zu den Fähigkeiten zur Verwendung digitaler Werkzeuge und zum Pädagogischen Potential selbiger eingegangen. Als Beispiele dienen die Items:

- Es fällt mir leicht, den Umgang mit digitalen Werkzeugen zu erlenen. (Verwendung)
- Ich bin mir der Möglichkeiten und Grenzen digitaler Werkzeuge in meinem Unterricht bewusst. (Pädagogisches Potential)

Ergebnisse

Für weiterführende Analysen waren letztlich nur Datensets von 31 Studierenden nutzbar. Zur Untersuchung der Unterschiede zwischen den beiden Erhebungszeitpunkten wurde der Wilcoxon-Test durchgeführt. Dabei lassen sich zwei signifikante Ergebnisse identifizieren. Zum einen unterscheiden sich die selbsteingeschätzten Fähigkeiten der Befragten zur

Verwendung digitaler Werkzeuge vor der Teilnahme am *Labster*-Praktikum signifikant von ihrer Einschätzung danach mit einem starken positiven Effekt ($N = 31$, $z = -3.608$, $p = .000$, $r = .65$). Zum anderen unterscheidet sich das eingeschätzte pädagogische Potential, das die Befragten der Verwendung digitaler Werkzeuge zuschreiben, vor der Teilnahme signifikant von ihrer Einschätzung danach mit einem starken positiven Effekt ($N = 31$, $z = -3.067$, $p = .002$, $r = .55$). In Abbildung 1 sind die Boxplotts für die beschriebenen Unterschiede dargestellt.

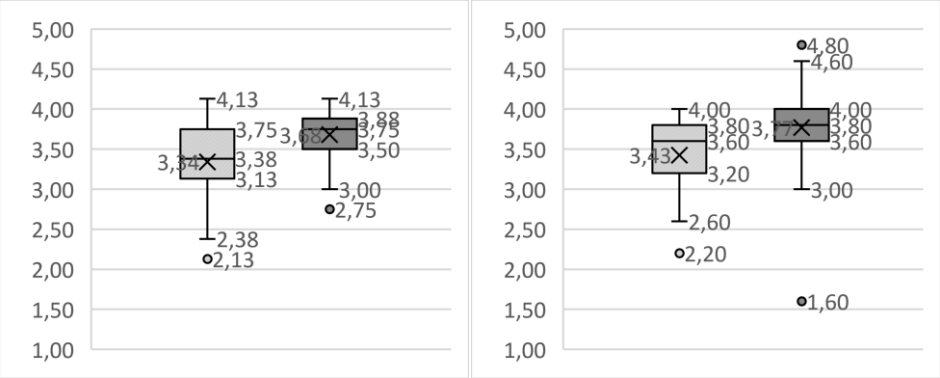


Abb. 1: Boxplotts im Vergleich vor (schraffiert) und nach der Intervention (gefüllt) für die selbsteingeschätzten Fähigkeiten zur Verwendung (links) und das eingeschätzte pädagogische Potential digitaler Werkzeuge (rechts)

Die beiden signifikanten Ergebnisse zeigen, dass auch Interventionen von kurzem zeitlichem Umfang starke Effekte auf die Bereitschaft zum Einsatz digitaler Werkzeuge haben können – zumindest, wenn dabei die Studierenden selbst aktiv werden. Insgesamt arbeiteten die Teilnehmenden zwischen acht und zehn Stunden mit *Labster*, aber nur 20 min davon erhielten sie konkreten Input zur Verwendung durch die Dozierende. Unterstützt wurde diese Veränderung bei den Studierenden durch den Arbeitsauftrag, ein möglichst konkretes Unterrichtsprojekt zu entwerfen, in dem das verwendete digitale Werkzeug zum Einsatz kommt. Für die Skalen der Verwendungsabsicht, des Beschränkungsbewusstseins sowie der eingeschätzten Nützlichkeit und Effizienz zeigen sich keine signifikanten Unterschiede. Für letztere ist aber zumindest ein positiver Trend zu erkennen.

Fazit und Ausblick

Die Ergebnisse der vorgestellten Untersuchung können als erste Hinweise dafür verstanden werden, wie Lehr-Lern-Angebote gestaltet sein müssen, um (zukünftige) Lehrkräfte in der Entwicklung ihrer digitalen Fähigkeiten und Bereitschaften zu unterstützen. Demnach müssen Lehramtsstudierende selbst aktiv werden, digitale Werkzeuge anwenden sowie deren Einsatz im Unterricht abwägen und dazu Feedback bekommen. Die vorstellte Untersuchung kann aber nur ein erster Schritt hin zu einer an digitalen Kompetenzen orientierten Lehrkräftebildung sein. Für weiterreichende Aussagen waren die Stichprobe etwas klein und die Antworten der Befragten schon vor der Intervention recht weit oben in der Skala möglicher Ausprägungen orientiert. Zusätzlich wurden allgemein die Bereitschaften zum Einsatz digitaler Werkzeuge abgefragt, aber im speziellen nur mit *Labster* gearbeitet. Als nächste Schritte im Projekt lassen sich neben der systematischen Auswertung der Projektvorschläge der Studierenden deshalb die Entwicklung eines konkreten Einsatzszenarios der Simulationssoftware im schulischen Kontext, die Ausweitung der lizensierten Zugänge zu *Labster* sowie die Weiterentwicklung des Erhebungsinstruments identifizieren.

Literatur:

Becker, S., Bruckermann, T., Finger, A., Huwer, J., Kremser, E., Meier, M. et al. (2020). Orientierungsrahmen Digitale Kompetenzen für das Lehramt in den Naturwissenschaften – DiKoLAN. In S. Becker, J. Meßinger-Koppelt & C. Thyssen (Hrsg.), *Digitale Basiskompetenzen. Orientierungshilfe und Praxisbeispiele für die universitäre Lehramtsausbildung in den Naturwissenschaften* (S. 14–43). Hamburg: Joachim Herz Stiftung.

Bonde, M. T., Makransky, G., Wandall, J., Larsen, M. V., Morsing, M., Jarmer, H., & Sommer, M. O. (2014). Improving biotech education through gamified laboratory simulations. *Nature Biotechnology*, 32(7), 694-697. doi:10.1038/nbt.2955

Fleuren, D. (2016). Open MINT Labs: Mit virtuellen Laboren zu höherem Lernerfolg. In S. Aßmann, P. Bettinger, D. Bücker, S. Hofues, U. Lucke, M. Schiefner-Rohs, C. Schramm, M. Schumann, & T. van Treeck (Hrsg.), *Lern- und Bildungsprozesse gestalten. Junges Forum Medien und Hochschulentwicklung* (JFMH13) (S. 141-150). Münster; New York: Waxmann.

Instefjord, E. (2014). Appropriation of Digital Competence in Teacher Education. Nordic Journal of Digital Literacy, 9(4), 313–329.

Köhler, M. J. & Mishra, P. (2009). What is technological pedagogical content knowledge? *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 9(1), 60–70. Zugriff am 01.09.2021. Verfügbar unter: https://citejournal.org/wp-content/uploads/2016/04/v9i1general1.pdf

Krumsvik, R. J. (2011). Digital competence in Norwegian teacher education and schools. *Högre utbildning*, 1(1), 39–51.

Røkenes, F. M. & Krumsvik, R. J. (2016). Prepared to teach ESL with ICT? A study of digital competence in Norwegian teacher education. *Computers & Education*, 97, 1–20. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.02.014

Schäfers, M. S., Schmiedebach, M., & Wegner, C. (2020). Virtuelle Labore im Biologieunterricht: Auswirkungen von Labster auf die Selbsteinschätzung von Schülerinnen und Schülern. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung*, 140-167.

Schultz-Pernice, F., Kotzebue, L. von, Franke, U., Ascherl, C., Hirner, C., Neuhaus, B. et al. (2017). Kernkompetenzen von Lehrkräften für das Unterrichten in einer digitalisierten Welt. *merz – medien + erziehung, Zeitschrift für Medienpädagogik*, (4), 65-74. Forschungsgruppe Lehrerbildung Digitaler Campus Bayern. Zugriff am 01.09.2021. Verfügbar unter: https://www.edu.lmu.de/kmbd/_assets/dokumente/merz-artikel.pdf

Stauffer, S. (2019). Laborsimulationen Labster. Mit virtuellen Experimenten zum Lernerfolg. *BIOspektrum*, 25(1), 104.

van Ackeren, I., Aufenanger, S., Eickelmann, B., Friedrich, S., Kammerl, R., Knopf, J. et al. (2019). Digitalisierung in der Lehrerbildung. Herausforderungen, Entwicklungsfelder und Förderung von Gesamtkonzepten. *Die Deutsche Schule (DDS)*, 111(1), 103–119. https://doi.org/10.31244/dds.2019.01.10

Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B. & Davis, F. D. (2003). User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View. *MIS Quarterly*, 27(3), 425–478. Zugriff am 12.09.2021. Verfügbar unter: https://www.jstor.org/stable/pdf/30036540

Viberg, O., Mavroudi, A., Khalil, M. & Bälter, O. (2020). Validating an Instrument to Measure Teachers' Preparedness to Use Digital Technology in their Teaching. *Nordic Journal of Digital Literacy*, 15(01), 38–54. https://doi.org/10.18261/issn.1891-943x-2020-01-04

Wright, D. (2020). Conducting Science Labs in a Virtual World. *Science Scope*, 44(2), 10-15.

Cem Aydin Salim[1] [1]PH Freiburg
Silke Mikelskis-Seifert[1] [2]Universität Oldenburg
Maja Brückmann[2]

Visuelle Lernunterstützungen beim Experimentieren im Bereich „Schwimmen und Sinken“

Motivation und theoretischer Rahmen bezüglich visuellen Lernunterstützungen

Im naturwissenschaftlichen Unterricht kommen komplexe Lerninhalte und Aufgaben vor, die Schüler:innen schnell überfordern können. Vor allem Lernende mit ungünstigen Lernvoraussetzungen können ohne eine angemessene Lernunterstützung schnell überfordert werden (Möller, 2006; Schmidt-Weigand, Franke-Braun & Hänze, 2008). Aus diesem Grund werden im Unterricht Lernunterstützungen eingesetzt, um Lerninhalte besser erfassbar zu machen (Kleickmann, 2012; Möller, 2016). Eine Möglichkeit, um den Schwierigkeitsgrad des Lerninhalts zu reduzieren, ist der Einsatz von Visualisierungen als Lernunterstützungen (Schmeck, 2011).

Durch Visualisierungen als Lernunterstützungen sollen beispielsweise Arbeitsaufträge vereinfacht und somit der Cognitive Load (genauer der extraneous Cognitive Load) der Schüler:innen reduziert werden. Somit können mehr Kapazitäten der Schüler:innen für relevante Lernaktivitäten aufgewendet werden (Sweller, van Merrienboer & Paas, 1998; Schmidt-Weigand, Franke-Braun & Hänze, 2008). Außerdem können durch Visualisierungen mehrere Wahrnehmungskanäle der Schüler:innen angesprochen und dadurch beispielsweise das Textverständnis vereinfacht werden (Schwamborn, Thillmann, Leopold, Sumfleth & Leutner, 2010).

Forschungslage bezüglich visuellen Lernunterstützungen

Lernunterstützungen im naturwissenschaftlichen Unterricht tragen zu einem höheren Lernertrag im wissenschaftlichen Denken bei und reduzieren die kognitive Belastung (Sweller, van Merrienboer & Paas, 1998; Arnold, Kremer & Mayer, 2017).

Das erfolgreiche Lernen mit visuellen Lernunterstützungen (Kombination aus Text und Bild) war beziehungsweise ist Gegenstand der Forschung multimedialer Lernumgebungen, die aufzeigte, dass eine geeignete Kombination von Text und Bild dem reinen Textlernen weitestgehend überlegen ist (Mayer, 2009). Den theoretischen Hintergrund multimedialer Lernumgebungen bilden vor allem die Cognitive Theory of Multimedia Learning von Mayer (2009) sowie das Integrierte Modell des Text- und Bildverständnisses (Schnotz & Bannert, 2003). Diese Modelle führen die Lernwirksamkeit von Text-Bild-Kombinationen darauf zurück, dass der zu lernende Sachverhalt im Sinne einer dualen Kodierung in separaten sensorischen Kanälen aktiv vom Lernenden verarbeitet wird. Dadurch soll der Aufbau eines kohärenten mentalen Modells des dargestellten Sachverhalts vereinfacht werden. Dieses mentale Modell soll den Lernenden ein tieferes Textverständnis ermöglichen (Schmeck, 2011). Kohärente Text-Bild-Zusammenstellungen sind dabei besonders für Schüler:innen mit geringem Vorwissen hilfreich (Böhme & Munser-Kiefer, 2020).

Interventionsstudie - Forschungsfrage und Forschungsdesign

Das Ziel des Projekts ist es zu untersuchen, inwiefern der Lernzuwachs im Themenbereich „Schwimmen und Sinken“ von zwei unterschiedlichen Lernumgebungen („Comic MIT

Lernunterstützungen“ in Form von Visualisierungen versus „Comic OHNE Lernunterstützungen“ in Form von Visualisierungen“) beeinflusst wird. Die konkrete Forschungsfrage lautet: Inwiefern beeinflussen Lernunterstützungen in Form von Visualisierungen den Lernzuwachs im Themenbereich „Schwimmen und Sinken“? Es wird der Annahme nachgegangen, dass das Comic MIT Lernunterstützungen lernförderlicher ist, als das Comic OHNE Lernunterstützungen.
Um der Forschungsfrage nachgehen zu können, wird eine quasi-experimentelle Interventionsstudie mit Prä- und Posttest mit Kontrollgruppe durchgeführt (n=87). Getestet wird in den Klassen 3-5. Den roten Faden der Intervention bilden zwei unterschiedliche Comicvarianten, die das Thema „Schwimmen und Sinken“ mithilfe eines intuitiven Dichtebegriffs thematisieren. Für die Intervention werden randomisiert zwei Gruppen gebildet. Gruppe 1 (n=36) erhält hierbei das Comic MIT Lernunterstützungen in Form von Visualisierungen. Gruppe 2 (n=31) hingegen erhält das Comic OHNE Lernunterstützungen in Form von Visualisierungen. Die Gruppen unterscheiden sich lediglich hinsichtlich der Comicvariante („Comic MIT Lernunterstützungen“ in Form von Visualisierungen versus „Comic OHNE Lernunterstützungen“ in Form von Visualisierungen). Beide Gruppen bekommen identische Prä- und Posttests im Bereich „Schwimmen und Sinken“ (Single-Choice-Antwortformat). Es werden jeweils die im Durchschnitt erreichten Punkte der Prä- und Posttests gebildet, um einen möglichen Lernzuwachs im Bereich „Schwimmen und Sinken“ zu belegen. Um mögliche Testwiederholungseffekte auszuschließen, wird die Kontrollgruppe hinzugezogen.
Die unabhängige Variable ist die Lernumgebung („Comic MIT Lernunterstützungen“ versus Comic OHNE Lernunterstützungen in Form von Visualisierungen). Als abhängige Variable ist der Lernzuwachs im Bereich „Schwimmen und Sinken“ zu sehen.

Ergebnisse der Interventionsstudie

Mithilfe quantitativer Untersuchungen wurde die Lernwirksamkeit der Interventionsstudie überprüft. Durch die Intervention konnte unabhängig von der Lernumgebung („Comic MIT Lernunterstützungen“ in Form von Visualisierungen versus „Comic OHNE Lernunterstützungen“ in Form von Visualisierungen) ein Lernzuwachs der Schüler:innen im Bereich „Schwimmen und Sinken“ verzeichnet werden. Allerdings konnte die Gruppe 1 (Comic MIT Lernunterstützungen in Form von Visualisierungen) einen höheren Lernzuwachs erzielen als Gruppe 2 (Comic OHNE Lernunterstützungen in Form von Visualisierungen). Während die Schüler:innen der Gruppe 1 im Prätest im Schnitt 9,11 von 21 möglichen Punkten erreichten, erzielten sie nach der Intervention im Posttest im Schnitt 13,47 Punkte. Das entspricht einer Steigerung von durchschnittlich 4,36 Punkten richtig beantworteter Fragen im Posttest im Vergleich zum Prätest. Im Vergleich dazu erzielte Gruppe 2 (Comic OHNE Lernunterstützungen in Form von Visualisierungen) im Prätest im Schnitt 9,32 von 21 möglichen Punkten. Nach der Intervention im Posttest erreichte Gruppe 2 im Schnitt 12,16 Punkte. Das entspricht einer Steigerung von durchschnittlich 3,28 Punkten im Posttest im Vergleich zum Prätest. Gruppe 1 (Comic MIT Lernunterstützungen in Form von Visualisierungen) erzielte demnach im Schnitt 1,08 Punkte mehr als Gruppe 2 (Comic OHNE Lernunterstützungen in Form von Visualisierungen). Die Auswertungen haben dabei gezeigt, dass es bei beiden Gruppen signifikante Unterschiede zwischen Prä- und Posttest gibt ($p = .000$).
Im Vergleich zur Gruppe 1 und Gruppe 2 konnte die Kontrollgruppe (n=20), welche keine Intervention durchlaufen hat, keinen nennenswerten Lernzuwachs aufweisen. Dadurch

können mögliche Testwiederholungseffekte ausgeschlossen werden. Die Summen der im Durchschnitt erreichten Punkte sind nachfolgend in der Abbildung 1 veranschaulicht.

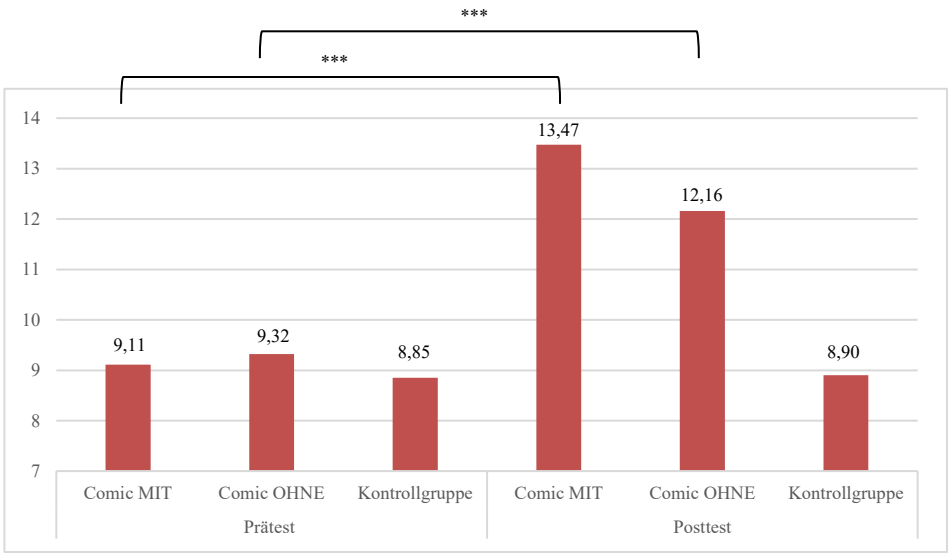


Abb. 1: Summe der im Durchschnitt erreichten Punkte im Bereich „Schwimmen und Sinken". Prä-Post-Vergleich der Gruppen.

Der konzipierte Fragebogen zum „Schwimmen und Sinken" (Single-Choice-Antwortformat) wurde hinsichtlich der internen Konsistenz überprüft. Eine gute interne Konsistenz (Cronbachs Alpha = ,81) kann festgehalten werden.

Zusammenfassung und Ausblick

Die Ergebnisse der Studie liefern Antworten auf die Forschungsfrage, inwiefern Lernunterstützungen in Form von Visualisierungen den Lernzuwachs im Themenbereich „Schwimmen und Sinken" beeinflussen. Durch die Interventionsstudie kann gefolgert werden, dass die Lernunterstützungen in Form von Visualisierungen einen positiven Effekt auf den Lernzuwachs haben. Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass Lernunterstützungen in Form von Visualisierungen eine Möglichkeit bieten können, das komplexe und anspruchsvolle Thema „Schwimmen und Sinken" in den Klassen 3-5 aufzuarbeiten.

Mit Blick auf weiterführende Studien wäre es interessant herauszufinden, ob der sogenannte „Expertise-Umkehr-Effekt" im Hinblick auf die Intervention eine Rolle spielt. Dieser Effekt besagt, dass Lernende mit günstigeren Lernvoraussetzungen Nachteile von Lernunterstützungen haben können (Kalyuga, Ayres, Chandler & Sweller, 2003). Begründet wird dies unter anderem mit der Cognitive Load-Theorie. Das Arbeitsgedächtnis wird demnach bei Schüler:innen mit günstigeren Lernvoraussetzungen durch den Einsatz von Lernunterstützungen belastet anstatt entlastet (Sweller, 1988).

Literatur

Arnold, J., Kremer, K. & Mayer, J. (2017). Scaffolding beim Forschenden Lernen. ZfDN 23, 21-37

Böhme, R. & Munser-Kiefer, M. (2020). Lernunterstützung mit digitalen Unterrichtsmaterialien. Interdisziplinäre Erkenntnisse und Entwicklungsperspektiven. Zeitschrift MedienPädagogik 17 (Jahrbuch Medienpädagogik), 427-454

Kalyuga, S., Ayres, P., Chandler, P. & Sweller, J. (2003). The expertise reversal effect. Educational Psychologist, 38, 23-31

Mayer, R. (2009). Multimedia Learning. Second edition. Cambridge: Cambridge University Press

Möller, K. (2006). Naturwissenschaftliches Lernen - eine (neue) Herausforderung für den Sachun-terricht? In P. Hanke (Hrsg.), Grundschule in Entwicklung. Herausforderungen und Perspektiven für die Grundschule heute, 107-127. Münster: Waxmann Verlag

Schmidt-Weigand, F., Franke-Braun, G., & Hänze, M. (2008). Erhöhen gestufte Lernhilfen die Effektivität von Lösungsbeispielen? Unterrichtswissenschaft, 36(4), 33-42

Schmeck, A. (2011). Visualisieren naturwissenschaftlicher Sachverhalte: Der Einsatz von vorgegebenen und selbst generierten Visualisierungen als Textverstehenshilfen beim Lernen aus naturwissenschaftlichen Sachtexten

Schnotz, W. & Bannert, M. (2003). Construction and interference in learning from multiple representation. Learning and Instruction, 13, 141-156

Schwamborn, A., Thillmann, H., Leopold, C., Sumfleth, E. & Leutner, D. (2010). Der Einsatz von vorgegebenen und selbst generierten Bildern als Textverstehenshilfe beim Lernen aus einem naturwissenschaftlichen Sachtext. Zeitschrift für Pädagogische Psychologie 24 (3−4), 221-233

Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. Cognitive Science, 12, 257-285

Sweller, J., van Merrienboer, J. G., & Paas, F.W.C. (1998). Cognitive architecture and instructional design. Educational Psychology Review, 10(3), 251-296

Timo Hackemann[1]
Lena Heine[2]
Dietmar Höttecke[1]

[1]Universität Hamburg
[2]Ruhr Universität Bochum

Wirkung des sprachlichen Anforderungsniveaus von Sachtexten auf Textverstehen und -wahrnehmung

Einige Schulleistungsstudien zeigen, dass sprachlich starke Lernende häufig bessere Leistungen in Naturwissenschaften und Mathematik erbringen (z. B. Cromley 2009). Andere Studien zeigen jedoch, dass Items selbst nicht sprachabhängig sind, da die Wirkung sprachlicher Mittel auf die Lösungshäufigkeit der Items inkonsistent und klein ist (z. B. Kieffer et al., 2012, Höttecke et al., 2018). Nur die Dichte der Fachbegriffe reduziert eindeutig die Lösungshäufigkeit (z. B. Prenzel et al., 2002). Hieraus entsteht die Vermutung, dass sprachlich schwache Lernende während des Lernprozesses aufgrund der von der Alltagssprache abweichenden Sprachanforderung im Unterricht benachteiligt sind und weniger fachliches Wissen – z. B. beim Lesen von Fachlehrwerken – aufbauen (z. B. Brown et al., 2019). Deshalb untersucht diese Studie folgende Fragestellung systematisch basierend auf einem Sprachmodell:

- *Wirkt das sprachliche Anforderungsniveau physikbezogener Sachtexte auf das Textverständnis Lernender der Mittelstufe?*

Aktuelle Forschungsergebnisse zeigen, dass die Steigerung der Kohäsion positiv mit geringem Effekt auf das Textverständnis wirkt, jedoch bei Betrachtung unterschiedlicher Personengruppen inkonsistent wird (z. B. Ozuru et al., 2009). Wohingegen für die Rolle der syntaktischen Ebene wenige empirische Belege vorliegen. Deppner (1989) zeigt, dass die Reduzierung von Redundanzen, Satzkomplexität und seltener Wörter nur für türkische Migranten geringe Vorteile erbringt. Härtig et al. (2019) zeigen, dass Anwenden der Konzepte *einfache* und *leichte Sprache* zu keiner Veränderung des Textverständnis führen. Gegensätzlich zu dieser Empirie werden in den Beschreibungen von schulbezogener Sprache (z. B. Gogolin & Duarte, 2016) hauptsächlich syntaktische Merkmale als schwierigkeitsgenerierend benannt, woraus sich das Forschungsinteresse dieser Studie ableiten lässt. Auf der anderen Seite zeigen Befragungen Lernender, dass Sachtexte in naturwissenschaftlichen Schulbüchern als unverständlich bewertet werden (z. B., Leisen 2010). Tatsächlich ist das Zusammenspiel zwischen empfundener Textverständlichkeit und tatsächlichem Textverständnis kaum untersucht. Tolochoko et al. (2019) zeigen, dass die empfundene Textverständlichkeit nur auf semantischer Ebene mit dem Textverständnis konfundiert. Andererseits zeigt Starauschek (2006), dass eine erhöhte Kohäsion zu einer Verringerung empfundener Komplexität führt. Deshalb lautet die zweite Forschungsfrage:

- *Beeinflusst das sprachliche Anforderungsniveau die empfundene Textverständlichkeit?*

Methode

In einem quasi-experimentellen Design bearbeiteten $N = 812$ Lernende der Mittelstufe (Alter M = 13.1, SD = .87; 51.7% weiblich, 86.9% Gymnasium) einen standardisierten Textverstehenstest (LGVT), einen Vorwissenstest (Einhaus, 2007), den fachlichen Textverstehenstest und einen Fragebogen zur Textwahrnehmung und zur Erfassung personenbezogener Daten. Der fachliche Textverstehentest besteht aus drei Lerntexten zur Wärmelehre auf drei unterschiedlichen Sprachniveaus und $n = 27$ Textverständnisitems. Die

Reihenfolge der Textinhalte wird zur Reduzierung von Lerneffekten konstant gehalten, während das Sprachanforderungsniveau als unabhängige Variable rotiert wird. Texte und Items wurden in drei Vorstudien hinsichtlich Funktion, Verständlichkeit und Raschkonformität entwickelt (Hackemann et al., 2019). Die Variation des Sprachanforderungsniveaus erfolgt systematisch mittels eines theoretisch und empirisch entwickelten heuristischen Modells (Heine et al., 2018). Das Modell variiert linguistische Merkmale, die typisch für schulbezogene Sprache sind und für die empirische Hinweise auf deren schwierigkeitsgenerierenden Charakter vorliegen. Tabelle 1 präsentiert eine Auswahl der Quantifizierung relevanter linguistischer Merkmale der Texte. Die dargestellten gemittelten Werte entsprechen ausnahmslos den Zielen des Modells.

Tabelle 1: Quantifizierung der Variation des sprachlichen Anforderungsniveaus: Dargestellt sind mittlere Auftretenshäufigkeiten linguistischer Merkmale eines jeweiligen Sprachniveaus pro Wort, Satz oder als absolute Mittelwerte zur Validierung der Anwendung des Modells.

Mittel-werte		Linguistisches Merkmal	Ziel des Modells	Sprachliches Anforderungsniveau A niedrig	B mittel	C hoch
pro Wort	Frequenz	Mittlere Frequenzklasse (FK)	A<B<C	5.38	5.57	6.59
		Wörter hoher FK (1-9)	A>B>C	.82	.76	.68
		Wörter mittlerer FK (10-13)	A<B<C	.16	.18	.19
		Wörter niedriger FK (13-25)	A<B<C	.03	.04	.10
pro Satz	Wörter	Anzahl der Wörter	A<B<C	8.75	14.43	21.60
		Wörter mit 3+-Silben	A<B<C	1.32	3.11	6.09
		Nominalisierungen	A<B<C	.03	.17	.38
		Komplexe Präfixverben	A<B<C	.21	1.00	1.38
	Struktur	Hauptsätze	-	1.03	1.05	1.06
		Nebensätze	A<B<C	.17	.59	.91
		Satzeinschübe	A<B<C	.001	.03	.19
	Fall	Nominativ	-	1.44	1.62	2.14
		Genitiv	A<B<C	.03	.14	.94
		Dativ	A<B<C	.72	1.48	2.11
		Akkusativ	-	.59	1.06	1.29
absolut		Imperativ	A>0, B=C=0	3.67	0	0
		Konjunktiv	A<B<C	0	2	4
		Passiv	A<B<C	0	1.00	15.67

Operationalisierung der Frequenz durch Online-Wortschatzkatalog: https://wortschatz.uni-leipzig.de

Die dargelegte Quantifizierung bestätigt die valide Anwendung des Sprachmodells und somit die systematische Variation des sprachlichen Anforderungsniveaus. Die Anwendung eines modellexternen Instruments zur Bestimmung der Textverständlichkeit (Kulgemeyer & Starauschek, 2014) bestätigt diese Feststellung (Hackemann et al., under review). Der Inhalt, weitere Textqualitätsmerkmale nach Göpferich (2019) sowie für das Verstehen zentrale Fachbegriffe werden über die sprachlichen Anforderungsniveaus hinweg konstant gehalten.

Ergebnisse

Der entwickelte fachliche Textverstehenstest erfüllt die Raschkonformität nachdem zwei Items aussortiert wurden und weist eine hohe WLE-Reliabilität (R = .78) mit einer mittleren Personenfähigkeit von M = .01 (SD = 1.08) und einer mittleren Itemschwierigkeit von M = -.41 (SD = .79) auf. Die in Tabelle 2 präsentierte Auswahl signifikanter Korrelationen

des fachlichen Textverständnisses mit weiteren Personeneigenschaften dient der Validierung des fachlichen Textverstehenstest. Die schwache Korrelation von allgemeiner Lesefähigkeit mit fachlichem Textverstehen zeigt, dass es sich um verwandte, aber separate Konstrukte handelt (z. B. Höttecke et al., 2017). Zur Beantwortung der ersten Forschungsfrage werden jeweils die mittleren Itemschwierigkeiten berechnet, die derselben sprachlichen Anforderungsstufe zugeordnet sind. Tabelle 3 ist zu entnehmen, dass sich erwartungswidrig keine signifikanten Unterschiede zwischen den verschiedenen sprachlichen Anforderungsniveaus ergeben. Auch bei Betrachtung der Lösungshäufigkeiten in Subgruppen bleibt das Ergebnis erhalten. Weiter zeigt sich (Tab. 4), dass Lernende die sprachlichen Anforderungen aber als unterschiedlich verständlich wahrnehmen.

Zusammenfassung und Diskussion

Die systematische Variation des sprachlich Anforderungsniveaus wirkt in der Stichprobe nicht signifikant auf das Textverständnis, aber beeinflusst die wahrgenommene Textverständlichkeit. Da Textverständnis und wahrgenommene Textverständlichkeit nicht konfundieren, sollte aus Studien, die nur Textwahrnehmung erheben, nicht direkt auf Textverständnis geschlussfolgert werden. Aus den Ergebnissen ergeben sich einige Vermutungen und entsprechend weiterführende Forschungsfragen:

- Wird der Einfluss der sprachlichen Anforderung auf Textverständnis und Lernen in den Naturwissenschaften in der aktuellen Diskussion zur bildungsbezogenen Sprache überschätzt?
- Kompensiert die allgemein hohe Textverständlichkeit der Texte durch Anwenden des Textverständlichkeitsmodell nach Göpferich (2019) eine hohe sprachliche Anforderung?
- Sind Lesende in der Lage hohe sprachliche Anforderungen zu erkennen und durch Anpassung ihrer Lesestrategie zu kompensieren?

Tabelle 2: Korrelationen nach Spearman

	Allgemeine Lesefähigkeit	Vorwissen	Kulturelles Kapital	Klasse (7/8/9)	Schulform (StS/Gym)
Fachl. Text-verstehen	.39***	.50***	.22***	.24***	.33***

Tabelle 3: Ergebnisse der One-way ANOVA der sprachlichen Anforderungsniveaus bezogen auf die mittlerer Itemschwierigkeit und Lösungshäufigkeit von Subgruppen

	Sprachliches Anforderungsniveau			Anova	
Mittlere	A – niedrig	B – mittel	C – hoch	$F(2, 72)$	p
Itemschwierigkeit	-.46 (SD = .83)	-.43 (SD = .84)	-.35 (SD = .76)	.14	.86
Lösungshäufigkeit					
schwache Lesende	*.52 (SD = .16)*	*.52 (SD = .16)*	*.50 (SD = .15)*	*.07*	*.93*
starke Lesende	.65 (SD = .16)	.64 (SD = .14)	.63 (SD = .14)	.22	*.80*
wenig Vorwissen	*.51 (SD = .16)*	*.50 (SD = .17)*	*.47 (SD = .16)*	*.25*	*.78*
viel Vorwissen	.67 (SD = .12)	.66 (SD = .14)	.65 (SD = .13)	*.07*	*.94*

Tabelle 4: Wirkung der sprachlichen Variation auf die empfundene Textverständlichkeit

	Sprachliches Anforderungsniveau			Anova	
	A (niedrig)	B (mittel)	C (hoch)	$F(2, 1512)$	p
Empfundene Textverständlichkeit	2.50 (SD = 1.12)	2.52 (SD = 1.11)	2.88 (SD = 1.2)	40.24	***

Literatur

Brown, B. A., Donovan, B. & Wild, A. (2019). Language and cognitive interference: How using complex scientific language limits cognitive performance. *Science Education, 103*: 750-769.

Cromley, J. G. (2009). Reading Achievement and Science Proficiency: International Comparison From the Programme on International Student Assessment. *Reading Psychology, 30(2)*: 89-118.

Deppner, J. (1989). *Fachsprache der Chemie in der Schule: Empirische Untersuchung zum Textverständnis und Ansätze zur sprachlichen Förderung türkischer und deutscher Schülerinnen und Schüler* (Diss.) Heidelberg: Groos.

Einhaus, E. (2007). *Schülerkompetenz im Bereich der Wärmelehre – Entwicklung eines Testinstruments zur Überprüfung und Weiterentwicklung eins normativen Modells fachbezogener Kompetenzen.* Berlin: Logos.

Göpferich, S. (2019). Textverstehen und Textverständlichkeit. In N. Janich, *Textlinguistik – 15 Einführungen und eine Diskussion (2. Auflage)* (S. 281-301). Tübingen: Narr Studienbücher.

Gogolin, I. & Duarte, J. (2016). Bildungssprache. In J. Kilian, B. Brouer & D. Lüttenberg, *Handbuch Sprache in der Bildung* (S. 478-499). Berlin, Boston: De Gruyter.

Hackemann, T., Heine, L. & Höttecke, D. (2019). Textverständlichkeit sprachlich variierter physikbezogener Sachtexte. In S. Habig. *Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen. GDCP Jahrestagung in Wien 2019. (S. 306- 309).* Essen: Universität Duisburg-Essen.

Hackemann, T., Heine, L. & Höttecke, D. (under review). Challenging to read, hard to understand? Effects of Linguistic Demands on text Comprehension in the Domain of Physics. *International Journal of Science and Mathematics Education.*

Heine, L., Domenech, M., Otto, L., Neumann, A., Krelle, M., Leiss, D., . . . Schwippert, K. (2018). Modellierung sprachlicher Anforderungen in Testaufgaben verschiedener Unterrichtsfächer: Theoretische und empirische Grundlagen. Zeitschrift für angewandte Linguistik, (69): 69–96.

Härtig, H., Fraser, N. & Retelsdorf, J. (2019): Kann man Sachtexte vereinfachen? – Ergebnisse einer Generalisierungsstudie zum Textverständnis. *ZFDN,* (25): 273-287.

Höttecke, D., Ehmke, T., Krieger, C. & Kulik, M. (2017). Vergleichende Messung fachsprachlicher Fähigkeiten in den Domänen Physik und Sport. *ZFDN, 23(1)*: 53-69.

Höttecke, D., Feser, M. S., Heine, L. & Ehmke, T. (2018). Do Linguistic Features Influence Item Difficulty in Physics Assessments? *Science Education Review Letters, 6(1)*: 1-6.

Kieffer, M. J., Rivera, C. & Francis, D. J. (2012). Practical guidelines for the education of English language learners. Research-based recommendations for the use of accommodations in large-scale assessments. 2012 update. Portsmouth: NH: RMC Research Corporation, Center on Instruction.

Kulgemeyer, C. & Starauschek, E. (2014). Analyse der Verständlichkeit naturwissenschftlicher Fachtexte. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker, Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung (S. 241–253). Berlin: Springer Spektrum.

Leisen, J. (2010). Leseverstehen und Leseförderung in den Naturwissenschaften. In G. Fenkart, A. Lembers & E. Erlacher-Zeitlinger, Sprache, Mathematik und Naturwissenschaften (S. 212–231). Innsbruck: Studien Verlag.

Ozuru, Y., Dempsey, K. & McNamara, D. (2009). Prior knowledge, reading skill, and text cohesion in the comprehension of science texts. *Learning and Instruction*, 19: 228–242.

Prenzel, M., Häußler, P., Rost, J. & Senkbeil, M. (2002). Der PISA-Naturwissenschaftstest: Lassen sich die Aufgabenschwierigkeiten vorhersagen? *Unterrichtswissenschaften*, 30 (2): 120–135.

Starauschek, E. (2006). Der Einfluss von Textkohäsion und gegenständlichen externen piktoralen Repräsentationen auf die Verständlichkeit von Texten zum Physiklernen. *ZFDN*, (12): 127–157.

Tolochoko, P., Song, H. & Boomgaarden, H. (2019). "That Looks Hard!": Effects of Objective and Perceived Textual Complexity on Factual and Structural Political Knowledge. *Political Communication*.

Karina Oliveira[1]
Martin Gröger[1]
Björn Niehaves[1]
Kristian Klein[1]

[1]Universität Siegen

„Next Generation Design for Climate“ mit Schulen im Siegerland

Projektgrundlagen

Im Rahmen des Projektes wird in Kooperation von Universität Siegen und weiterführenden Schulen der Region ein neuartiges Konzept zur Gestaltung von Projektkursen entwickelt. Ein Baustein ist die Design-Thinking-Methodik, mit der die Lernenden an kreative Problemlösestrategien herangeführt werden.

Design-Thinking ist ein an der Universität Standford entwickelter nutzerzentrierter Innovationsansatz für komplexe Problemlösungsprozesse, zu dem die Suche nach und das Gestalten von Innovationen in interdisziplinären Teams zählt (Plattner, Meinel & Weinberg, 2009). Dieser Ansatz ist vor allem im Start-Up- und im privatwirtschaftlichen Bereich etabliert und hat sich hier in unterschiedlichen Varianten weiterentwickelt. Grundlegend ist ein fünf- bis sechs-schrittiger Prozess (Abbildung 1), der sich in zwei Abschnitte unterteilt. Im ersten Schritt beschäftigt man sich intensiv mit dem Problem (Problemraum), um dann im zweiten Schritt Lösungen zu entwickeln, die dann auch getestet werden (Lösungsraum).

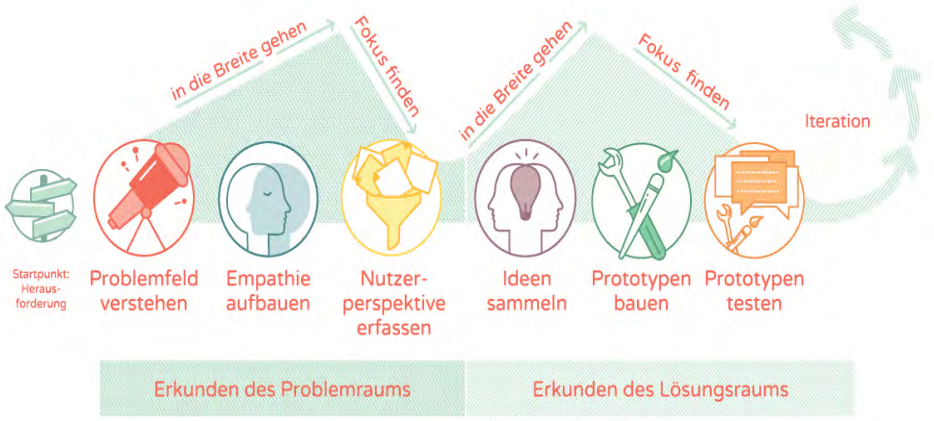


Abb. 1: Der Design-Thinking-Prozess (Feldhaus, Primavera & Kleibl, 2018)

Der zweite Baustein besteht in der transformativen Lernmethode Service-Learning, die auf ein Verständnis für Handlungsoptionen zur aktiven Gestaltung einer nachhaltigen Entwicklung zielt, um die Große Transformation als positive Zukunftsvorstellung wahrzunehmen. Nach einer inhaltlichen Einarbeitung in eine Thematik werden die SchülerInnen beim Service-Learning (auch Lernen durch Engagement / LdE) selbst handelnd aktiv. Bei diesem Ansatz engagieren sich die Lernenden als Teil des Unterrichts und eng verbunden mit dem fachlichen Lernen für das Gemeinwohl (Seifert, Zentner & Nagy, 2012).

Das Engagement der SchülerInnen wird im Unterricht geplant, reflektiert und mit Inhalten der Bildungs- und Lehrpläne verknüpft. Das Wissen soll praktisch angewendet werden, so an Relevanz, Handlungsbezug und Verständnistiefe gewinnen und produktiv in die Gesellschaft eingebracht werden. Dabei sollen über die aktive Beteiligung der Lernenden Motivation, Selbstbewusstsein und Leistungsstärke, aber auch Demokratie- und Sozialkompetenz und schließlich besonders das Nachhaltigkeitshandeln gefördert werden, wodurch letztlich auch die Zivilgesellschaft und Demokratie gestärkt werden.

Umsetzung

Das Projekt wird in Projektkursen in der Oberstufe und in Differenzierungskursen in der Mittelstufe an Schulen durchgeführt.

Die Kursteilnehmer beschäftigen sich zunächst intensiv mit fachlichen Grundlagen zu einer Problemstellung möglichst zu den Planetarischen Leitplanken der UN (Rockström, 2009), z.B. Endlichkeit von Phosphor, Nitratbelastung von Wasser, CO_2-Problematik usw. und darauf bezogenen gesellschaftspolitischen Fragestellungen, z.B. Düngung, Nutztierhaltung, CO_2-Bepreisung/Flugscham/ÖPNV (WBGU 2014, 4). Mit den erworbenen Kenntnissen und Fähigkeiten entwickeln die SchülerInnen mit der Design-Thinking-Methodik Lösungsansätze, die sie mit Stakeholdern der Region aus Wirtschaft, Politik und Gesellschaft diskutieren. Dabei sollen die Projekte idealer Weise auch konkret umgesetzt werden (Abbildungen 2 und 3).

Im ersten Durchlauf wurden drei Projekte mit den Themenstellungen „Umweltfreundliches Desinfektionsmittel“, „Gewinnung von Wärme durch Solarenergie“ und „Solarbetriebene Ladestation“ bearbeitet.

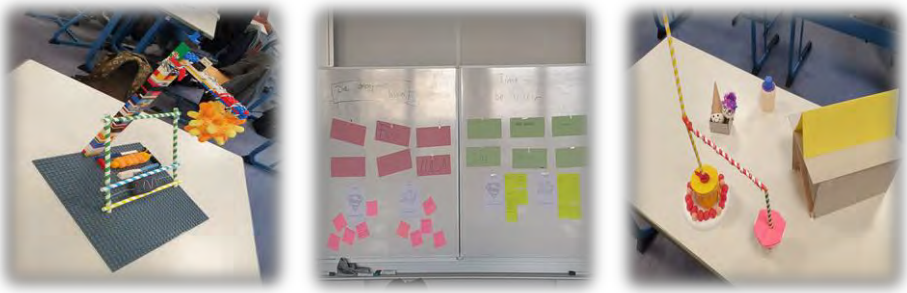


Abb. 2: Teamarbeit von Schülerinnen und Schülern in der ersten Phase des Design-Thinking-Prozess (Problemraum)

Es sind drei Phasen vorgesehen, die sich über drei Schuljahre erstrecken. In der ersten Phase (2020-2021) wurde ein Testdurchlauf an zwei Schulen durchgeführt. Dabei wurden die Lernenden intensiv begleitet und das Vorhaben wurde insbesondere bezüglich der Elemente Design Thinking und Service Learning kontinuierlich evaluiert. Nach Reflexion der Testphase findet aktuell ein optimierter Durchgang (2021-2022) an denselben zwei Schulen statt. Zum Abschluss des zweiten Projektjahres soll eine überregionale Tagung für Lehrkräfte stattfinden, auf der die Projektergebnisse vorgestellt werden und für eine dritte überregionale Runde des

Projektes geworben wird. Diese soll dann im dritten Projektjahr (2022-2023) durchgeführt werden.

Abb. 3: Laborarbeit beim Prototypenbau (Lösungsraum)

Evaluationsstudie und Erste Erfahrungen

Das Projekt wird im Rahmen einer Evaluationsstudie wissenschaftlich begleitet, in der Lehrende und Lernende intensiv zu ihren Erfahrungen und Einschätzungen befragt werden. Die Studie setzt den so genannten systemischen Ansatz ein, wobei das Projekt zum einen in Hinblick auf Konzeption, Umsetzung, Nutzung und Wirkung untersucht wird und zum anderen auch in Hinblick auf die Umfeldbedingungen, etwa situative, kulturelle, historische und sonstige Kontextfaktoren (Döring & Bortz, 2016). Als Evaluationsmodell werden die Grundsätze des CIPP-Modells von Daniel Stufflebeam (Stufflebeam et al., 1971) eingesetzt, die aus den vier Komponenten Context-, Input-, Process- und Product-Evaluation bestehen. Davon wurden Fragebögen für Förderer, Lernende und Lehrende entwickelt, wobei Fragen zu den verschiedenen Evaluationsaspekten gestellt wurden. Die einzelnen Gruppen werden jeweils am Anfang und am Ende jeder Projektphase durch Leitfadeninterviews befragt. Die Interviews werden aufgenommen, transkribiert und nach dem obengenannten Ansatz evaluiert.

Nach der ersten Erprobungsphase sind die Projekte aus Sicht der Lehrenden erfolgreich verlaufen: Die Schüler und Schülerinnen sind im Projektverlauf motiviert geblieben. Auch die Schule selbst hat profitiert, z.B.: neue Lernorte wie die Universität und Gemeinde konnten erlebt werden; Berufsmöglichkeiten durch Kontakt mit Unternehmen und Uni wurden dargestellt; Teamarbeit, Recherche- und Präsentationskompetenzen u.a. wurden entwickelt; eigenständiges Lernen wurde gefördert. Das Interesse am nun folgenden zweiten Durchlauf hat sich deutlöich verstärkt. Die Schülerinnen und Schüler haben die Erfahrung durch das Projekt auch positiv bewertet: Sie sehen sich und die Gemeinde als diejenigen, die am meisten profitiert haben, z.B. vom Lernen durch Kooperationsarbeit, von der Entwicklung einer Idee, die für die Gesellschaft angedacht wurde und ggf. benutzt wird. Die Gelegenheit, an einer dergestaltigen neuen Unterrichtsform teilzunehmen wurde als sehr positiv bewertet. Die Motivation zur Projektarbeit ging nach den Aussagen der Lernenden nicht von der Notengebung, sondern der Einsicht in die Nützlichkeit der Projektideen und der eigenen Lernfortschritte aus.

Vor der zweiten Phase wird nun eine schulspezifische Lehrerfortbildung durchgeführt, um die Lehrpersonen für die Methode zu schulen. Das Projekt wird von der Sparkasse Siegen gefördert.

Literatur

Döring, N., Bortz, J. (2016). Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften. 5. Auflage. Berlin Heidelberg: Springer.

Feldhaus, L., Primavera, J., und Kleibl, A. (2018). Design Thinking und Schule: Ein Handbuch für den Schulalltag. Weinheim: Hopp Foundation.

Plattner, H., Meinel, C., & Weinberg, U. (2009). Design Thinking: Innovation lernen - Ideenwelten öffnen. München: mi.

Rockström, J. (2009). A safe operating space for humanity. In: Nature, H. 461, 472-475.

Seifert, A., Zentner, S. & Nagy, F. (2012). Praxisbuch Service-Learning. »Lernen durch Engagement« an Schulen. Weinheim: Beltz.

Stufflebeam, D. L., Foley, W. J., Gephart, W. J., Guba, E. G., Hammond, R. L., Merriman, H. O., et al. (1971). Educational evaluation and decision making. Itasca: Peacock.

WBGU (2014). Zivilisatorischer Fortschritt innerhalb planetarischer Leitplanken: Ein Beitrag zur SDG-Debatte. Politikpapier 8. Berlin: http://www.wbgu.de/pp8/ (14.7.2017).

Fabian Bernstein [1,2]
Sascha Schmeling [2]
Thomas Wilhelm [1]

[1] Goethe-Universität Frankfurt am Main
[2] CERN, Genf

3D-gedruckte LowCost-HighTech-Experimente im Usability-Framework

Der Research-Practice-Gap in der Physikdidaktik

Die Schwierigkeiten der Implementierung und Verankerung physikdidaktischer Innovation in der Schulpraxis sind in den vergangenen Dekaden verschiedentlich beschrieben worden (z. B. in Maurer, 2017) und firmieren zumeist unter dem Schlagwort des „Research-Practice-Gap“ (Reinmann, 2005; Burde & Wilhelm, 2018).

Um diese Lücke zwischen physikdidaktischer Forschung einerseits und schulpraktischer Implementation andererseits zu verringern, wurde von einigen Akteuren (Reinmann, 2005; Wilhelm & Hopf, 2014) eine Design-Based-Research-Strategie vorgeschlagen und verfolgt, bei der in Zyklen von Design, Evaluation und Re-Design von Materialien und Konzepten in enger Zusammenarbeit mit Lehrkräften und anderen schulischen Akteuren eine höhere ökologische Validität von Forschungsergebnissen erreicht und eine Übertragung in die schulische Praxis erleichtert werden soll.

Allerdings geht dieser Ansatz mit eigenen Herausforderungen einher: Wie Judith Breuer in ihrer Monographie zur „Implementierung fachdidaktischer Innovationen durch das Angebot materialgestützter Unterrichtskonzeptionen“ für den Münchener Lehrgang zur Quantenmechanik exemplarisch gezeigt hat, führt die Verfügbarmachung von Unterrichtsmaterialien allein nicht *automatisch* zu einer Übernahme nachweislich vorteilhafter Herangehensweisen in die schulische Praxis (Breuer, 2021). Gefragt sind daher Prozesse und Methoden die über die – sicherlich wünschenswerte – Ausarbeitung von direkt einsetzbarem Unterrichtsmaterial hinaus eine Verankerung didaktischer Innovationen im Physikunterricht fördern.

Das Human-Centered Design-Framework

Eine Möglichkeit, sich dem Problem zu nähern, besteht darin, Best Practices aus anderen Bereichen zu sichten. Ein vielversprechendes Framework stellt dabei das Human-Centered Design-Framework dar, das im industriellen Kontext verbreitet und erprobt ist. Ein Vorteil dieses Ansatzes besteht darin, dass er eine breite Palette an Begriffen, Verfahren und Methoden zur Verfügung stellt, die weitgehend ausgearbeitet und in ISO Normen kodifiziert sind (9241-210 Human-centered design for interactive systems, ISO 9241-11 Usability: Definitions and concepts und ISO 9241-110 Dialogue principles).

Wenngleich die Zielstellungen in Wissenschaft und Industrie, die sich aus den verschiedenen Kontexten und damit verbunden aus verschiedenen Motivationen ableiten, nicht deckungsgleich sind, lässt sich doch eine große Schnittmenge in den Herausforderungen identifizieren – um letztlich Verhaltensänderungen zu bewirken –, die es wahrscheinlich erscheinen lassen, dass sich die im industriell-kommerziellen Kontext verfügbaren Verfahren für die Dissemination physikdidaktischer Innovation produktiv machen lassen.

Ein Beispiel für den Einsatz von Human-Centered Design in der physikdidaktischen Forschung ist die Entwicklung von Experimentiermaterialien zur modernen Physik am Schülerlabor S‘CoolLAB des CERN. Ziel des Projektes ist, LowCost-HighTech-Experimentiermaterialien zu entwickeln, die für den schulischen Einsatz aus Sicht der Lehrkräfte geeignet sind und die Wahrscheinlichkeit ihres Einsatzes im Unterricht zu maximieren.

Vorgehensweise im Human-Centered Design Approach

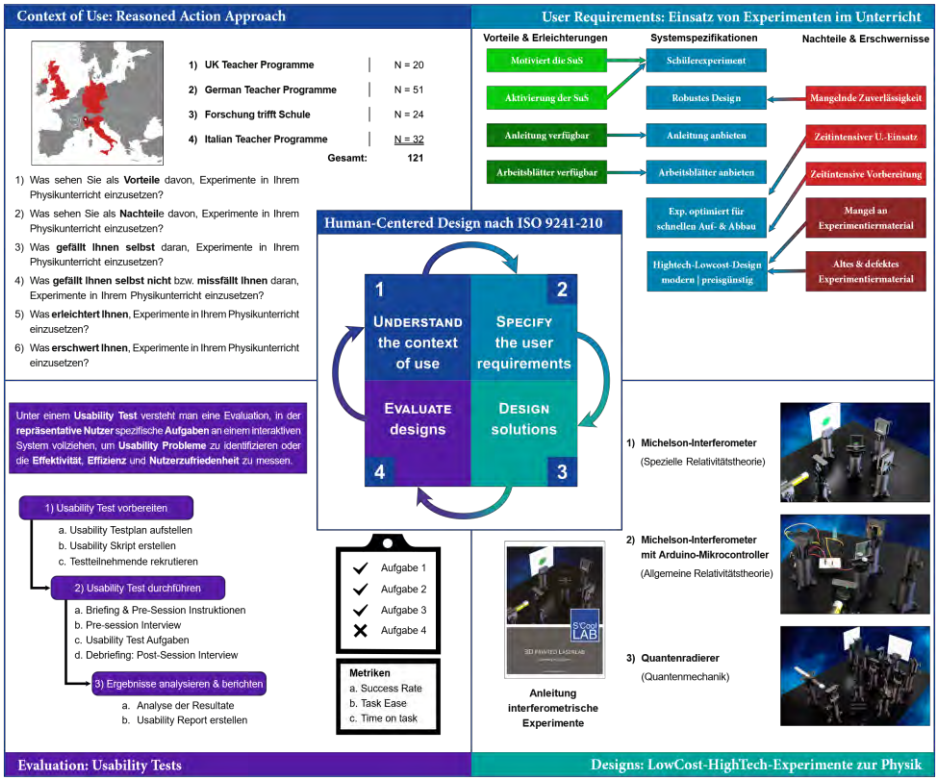


Abb.1 Der Human-Centered Design Zyklus und seine Implementierung am CERN

Die grundsätzliche Vorgehensweise im Human-Centered Design Approach (s. ISO 9241-210, 2019), der auch dieses Projekt folgt, umfasst vier Schritte und ist Abb. 1 zu entnehmen:

1. *Context of Use:* Am Anfang eines Human-Centered Design Projektes steht eine ausführliche Analyse des „Context of Use". Der Context of Use umfasst die Eigenschaften, Aufgaben und Ziele typischer Nutzer, ihre physische, organisatorische und technische Umgebung sowie die verfügbaren Ressourcen. Ziel ist eine Perspektivübernahme, wobei die zugrundeliegende Überlegung darin besteht, dass die Entwicklung der Lösung eines praktischen Problems ein tiefgehendes Verständnis des Problems aus Sicht der Nutzer, hier der Lehrkräfte, zwingend voraussetzt. Andernfalls besteht die Gefahr, am Bedarf vorbei zu entwickeln und Lösungen zu generieren, die sich im Nachhinein als nicht tauglich erweisen.
   Am CERN wurden Lehrkräfte auf Basis des Reasoned Action Approaches (Fishbein & Ajzen, 2010) – einer bewährten und verbreiteten Verhaltenstheorie – zu ihrem Experimentierverhalten befragt (Bernstein, Schmeling, Wilhelm & Woithe, 2020). Die hieraus sowie aus einer Literaturschau gewonnen Erkenntnisse wurden zur Charakterisierung des Context of Use herangezogen.
   Eine Einsicht für den Bereich des schulischen Experimentierens besteht darin, dass Experimente von Lehrkräften im Physikunterricht nicht nur oder gar ausschließlich zum Erreichen von Lernzielen oder Kompetenzzuwächsen bei Schülerinnen und Schülern einge-

setzt werden – was aus didaktischer Sicht vielleicht naheliegen würde –, sondern dass häufig andere Aspekte, wie z. B. die Absicht, Schülerinnen und Schüler für das Fach Physik zu begeistern, eine mindestens ebenso wichtige Rolle spielen (Holman, 2017). Darüber hinaus sind praktische Aspekte, die üblicherweise im Rahmen von didaktischen Analysen nicht näher betrachtet werden, wie z. B. Verfügbarkeit, Eignung oder Zuverlässigkeit des Experimentiermaterials oder Spezifika des Kontextes – wie die für die Vorbereitung von Unterricht verfügbare Zeit oder Freistunden zum Aufbau von Experimenten – aus Sicht von Lehrkräften für die Unterrichtsplanung von großer Bedeutung.

2. *User Requirements:* Ausgehend von der Context of Use-Description werden Nutzeranforderungen und Systemspezifikationen analysiert: Welche Aufgaben müssen Nutzer bewältigen und welche Anforderungen muss das System erfüllen, um die Bewältigung dieser Aufgaben zu ermöglichen? Beispielsweise ließe sich aus der Beobachtung der begrenzt verfügbaren Unterrichtszeit ableiten, dass Experimente schnell auf- und abzubauen sein sollten, was die Freiheitsgrade im Design des Experimentiermaterials reduziert.
3. *Design:* Erst im dritten Schritt werden eine oder mehrere konkrete Lösungen bzw. Systeme entwickelt. Diese vorläufigen Lösungen basieren auf Hypothesen, deren grundlegendste lautet, dass die entwickelten Lösungen aus Sicht der Nutzer geeignet sind, das vorliegende Problem mindestens geringfügig besser als verfügbare Alternativen zu lösen.
   Am CERN wurden im Rahmen des Projektes verschiedene 3D-gedruckte und Mikrocontroller-gestützte (Analogie-)Experimente zur Quantenphysik sowie zur Speziellen und Allgemeinen Relativitätstheorie realisiert (siehe https://www.cern.ch/laserlab3D). Dabei wurde auf eine Verbindung von 3D-Druck und Mikrocontrollern zurückgegriffen, weil beides preisgünstig, leicht zu beschaffen und weitgehend standardisiert ist und weil die Kombination dieser Technologien vergleichsweise anspruchsvolle und leistungsfähige Experimente zur modernen Physik ermöglicht (Bernstein, Keller, Schmeling & Wilhelm, 2021).
4. *Evaluation:* Um zu überprüfen, inwieweit die entwickelten Systeme diesem Anspruch genügen, werden sie im vierten Schritt gegen die zuvor spezifizierten Anforderungen mittels Usability Tests evaluiert. Unter einem Usability Test versteht man dabei eine praktische Test-Session, in der typische Nutzer typische Probleme lösen. Entscheidend ist hierbei, dass es sich nicht bzw. nicht ausschließlich um *Befragungen* von Nutzern – bspw. mittels der verbreiteten System Usability Scale – handelt, sondern um *Beobachtungen* tatsächlichen Nutzerverhaltens. Unterschieden wird hierbei zwischen formativen und summativen Usability-Tests: Während formative Usability Tests häufig in frühen Phasen der Systementwicklung eingesetzt werden und darauf abzielen, Usability Probleme zu identifizieren und zu beheben, werden summative Usability Tests eingesetzt, um die Systemperformance mithilfe verschiedener Kennzahlen wie Time on Task, Task Ease oder Desaster Rate (Sauro & Lewis, 2016) zu quantifizieren. Dabei gilt stets, dass Usability ein *relationaler Begriff* und *keine reine Systemeigenschaft* ist. Ob ein System für die Bewältigung bestimmter Problemstellungen geeignet ist, hängt eben nicht nur von dem eingesetzten System, sondern immer auch vom Context of Use ab. Die Evaluation der am CERN entwickelten Experimente ist an der Goethe Universität Frankfurt geplant. Die Analyse der Ergebnisse wird zeigen, inwieweit die bei der Entwicklung implizit und explizit eingeflossenen Annahmen tatsächlich zutreffen und auf diese Weise zu einem vertieften Verständnis der Problemstellung beitragen. Dies kann als Ausgangspunkt weiterer Optimierungen und zukünftiger Iterationen genutzt werden.

Literatur

Bernstein, F., Keller, O., Schmeling, S. & Wilhelm, T. (2021). 3D-Druck und Mikrocontroller: Ein Dreamteam für Lowcost-Hightech-Experimente? In: V. Nordmeier, H. Grötzebauch (Hg.), PhyDiD B, Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung. http://www.phydid.de/index.php/phydid-b/article/view/1155/1241

Bernstein, F., Schmeling, S., Wilhelm, T. & Woithe, J. (2020). Saliente Überzeugungen von Physiklehrkräften zum Experimentieren. In: S. Habig (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Wien 2019, 86 - 89

Breuer, J. (2021). Implementierung fachdidaktischer Innovationen durch das Angebot materialgestützter Unterrichtskonzeptionen. Fallanalysen zum Nutzungsverhalten von Lehrkräften am Beispiel des Münchener Lehrgangs zur Quantenmechanik. Berlin: Logos.

Burde, J.-P., Wilhelm, T. (2018). Einfache Stromkreise mit Potenzial. Ein neues Unterrichtskonzept zeigt, wie fachdidaktische Entwicklungsforschung arbeitet. Physik Journal 17 (5), 27-30

Fishbein, M. & Ajzen, I. (2010). Predicting and changing behavior. The reasoned action approach. New York: Psychology Press

Holman, John (2017): Good Practical Science, https://www.gatsby.org.uk/uploads/education/reports/pdf/good-practical-science-report.pdf (27.10.2021)

ISO 9241-11 (2018): Usability: Definition and concepts

ISO 9241-110 (2006): Dialogue principles

ISO 9241-210 (2019): Human-centred design for interactive systems

Maurer, C. (2017). Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung in Zürich 2016. Regensburg: Universität Regensburg

Reinmann, G. (2005). Innovation ohne Forschung? Ein Plädoyer für den Design-Based Research-Ansatz in der Lehr-Lernforschung. Unterrichtswissenschaft 33 (1), 52–69

Sauro, J. & Lewis, J. R. (2016). Quantifying the User Experience: Practical Statistics for User Research, 2. Aufl. Cambridge: Morgan Kaufmann

Wilhelm, T. & Hopf, M. (2014). Design-Forschung. In: D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hg.): Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung. Berlin & Heidelberg: Springer

Gyde Asmussen[1] [1]IPN Kiel
Marc Rodemer[2] [2]Universität Duisburg-Essen
Sascha Bernholt[1]

Adaptive Unterstützung für das Problemlösen in der Organischen Chemie

Einleitung und theoretischer Hintergrund

In der organischen Chemie haben Reaktionsmechanismen eine hohe Relevanz (Taasoobshirazi & Glynn, 2009). In unterschiedlichen Studien hat sich jedoch gezeigt, dass Studierende vielfältige Probleme im Umgang mit Reaktionsmechanismen haben, weshalb sie häufig unzureichende Problemlösestrategien anwenden. Beispielsweise beziehen Studierende sich in ihrem Problemlöseprozess auf explizite Oberflächenmerkmale anstatt auf implizite Charakteristika (Anzovino & Bretz, 2015; Graulich & Bhattacharyya, 2017), nutzen Auswendiggelerntes und Heuristiken zum Lösen von Aufgaben (Grove & Bretz, 2012) oder nutzen unverknüpftes Konzeptwissen für ihre Erklärungen (Anzovino & Bretz, 2016). Um dieser Problematik entgegen zu wirken, wurden unterschiedliche Unterstützungsmaßnahmen entwickelt. Neben Änderungen des Curriculums (Flynn & Ogilvie, 2015; Grove, Hershberger & Bretz, 2008) wurden auch neue Lehrmethoden, wie der Flipped Classroom oder Writing-To-Learn-Aufgaben, eingeführt (Fautch, 2015; Gupte et al., 2021; Watts et al., 2020). Diese Unterstützungsmaßnahmen sind universell und bieten allen Studierenden die gleiche Art von Unterstützung. Aus Studien zu Merkmalen von Chemiestudierenden hat sich jedoch ergeben, dass Studierende heterogen sind und individuelle Lernvoraussetzungen haben (Busker, Parchmann & Wickleder, 2010; Klostermann et al., 2014). Aufgrund dessen gehen wir davon aus, dass auch die Probleme im Umgang mit Reaktionsmechanismen individuell sind. Eine Anpassung von Unterstützungsmaßnahmen an den individuellen Leistungsstand von Studierenden hat sich bereits in anderen Disziplinen als wirksamer als eine allgemeine breite Unterstützung gezeigt (Chen, Mitrovic & Mathews, 2020). Auch im schulischen Kontext konnte gezeigt werden, dass Lernende von adaptiven Methoden profitieren (Brühwiler & Vogt, 2020). Ziel dieser Studie ist es daher, die Grundlagen für ein adaptives Unterstützungssystem für die organische Chemie zu schaffen. Daher sollen die auftretenden Schwierigkeiten der Studierenden beim Problemlösen in der organischen Chemie auf Konzeptebene erhoben werden und auf dieser Basis adaptive Unterstützungsmaßnahmen entwickelt werden.

Forschungsfragen

1. Welche chemischen Konzepte und Prinzipien werden von den Studierenden im Verlauf des Problemlöseprozesses herangezogen?
2. Welche für die Problemlösung relevanten chemischen Konzepte und Prinzipien werden von den Studierenden nicht genutzt und welche Ursachen lassen sich für eine Nicht-Nutzung dieser Konzepte und Prinzipien ableiten?

Methodik

Um zu untersuchen, welche chemischen Konzepte und Prinzipien von den Studierenden beim Problemlösen (nicht) herangezogen werden und worauf sich das Heranziehen bzw. das Nicht-Heranziehen zurückführen lässt, wurden Chemiestudierende (N=12) aus dem 3. bis 6. Semester der Universität Kiel auf freiwilliger Basis rekrutiert. Mit diesen wurden

problemzentrierte Interviews, die zwischen 56 und 101 Minuten dauerten, durchgeführt. Während der Interviews sollten die Studierenden vier Aufgabensets bearbeiten, die jeweils aus zwei Predict-the-Product-Aufgaben bestanden, die anschließend in einer Contrasting Case Aufgabe verglichen werden sollten. Zwei der Aufgabensets haben den Mechanismus der nukleophilen Substitution behandelt, die anderen beiden Aufgabensets haben den Mechanismus Eliminierung behandelt.
Zur Datenanalyse wurden die Interviews der Chemiestudierenden transkribiert und mit MAXQDA codiert. Bei der Codierung wurden die Aussagen hinsichtlich der Kategorien Inhalt, Quelle und Bewertung untersucht. Bei der Kategorie Inhalt wurden die Aussagen darin unterteilt, ob die Studierenden über den Reaktionsmechanismus, beteiligte Reagenzien oder chemische Konzepte gesprochen haben. Innerhalb dieser Kategorien wurde zudem genau untersucht, welcher Mechanismus, welches Reagenz oder welches chemische Konzept von den Studierenden angesprochen wurde. Bei der Kategorie Quelle wurden die Aussagen darin unterteilt, ob der Inhalt vom Studierenden selbstständig angesprochen wurde oder der Interviewer den besprochenen Inhalt vorab explizit angesprochen oder nachgefragt hat. Bei der Kategorie Bewertung, wurden die Aussagen darin unterteilt, ob diese fachlich richtig, falsch oder nicht bewertbar sind. Um die Reliabilität der Codierung zu prüfen, wurde auf Basis von ~20% der Daten die Interrater-Reliabilität bestimmt. Diese lag über zwei Rater:innen bei κ=0,91 (0,84-0,92).

Ausgewählte Ergebnisse
Bei der Bearbeitung der Aufgaben hat sich gezeigt, dass die Studierenden unterschiedliche chemische Konzepte und Prinzipien zum Lösen der Aufgaben herangezogen haben. Neben relevanten Konzepten, die sie erfolgreich in ihren Problemlöseprozess integriert haben, haben sie ebenfalls Konzepte herangezogen, die für das Lösen der Aufgaben irrelevant waren. Zudem wurden die herangezogenen Konzepte zum Teil auch falsch wiedergegeben oder falsch auf die Aufgabe angewandt. Im Folgenden sind exemplarisch Beispiele für das Heranziehen relevanter und irrelevanter Konzepte gezeigt. Diese beziehen sich auf eine Contrasting Case Aufgabe, bei der die Nukleophile einer nukleophilen Substitutionsreaktion hinsichtlich ihrer Nukleophilie verglichen werden sollten. Bei Reaktion A handelt es sich bei dem Nukleophil um Methanthiolat, bei Reaktion B um 2-Propanolat. In diesem Fall wurde von einem Studierenden das für die Aufgabe relevante Konzept +I-Effekt erfolgreich herangezogen: *„So, wenn ich jetzt die Nukleophile betrachte, dann sehe ich ein Sulfid oder ein Oxid, so, und ich gehe davon aus, dass das Oxid eine stärkere Nukleophilie aufweist als das Sulfid und dass dadurch, dass ein sekundäres C-Atom am Sauerstoff gebunden liegt, dass der Plus-I-Effekt der, des Alkyl-Restes stärker ist als des Methyl-Restes beim Sulfid-Ion.“* Der +I-Effekt beeinflusst die Nukleophilie, indem dieser Elektronendichte in Richtung des nukleophilen Zentrums schiebt. Dieser Einfluss wurde hier richtig angewandt. Ein Konzept, das bei der Aufgabe irrelevant für das Problemlösen war, jedoch trotzdem von einem Studierenden herangezogen wurde, ist die Mesomerie: „*Dann würde ich sagen, dass der Alkohol, also die Bildung von Ethern, schneller ist, weil ich glaube, dass wir mit dem Nukleophil in B ein stabiles Nukleophil haben durch Mesomerie. Also ist hier ein tertiäres/ Ich weiß es nicht genau, aber ich würde dann sagen, wenn es so vorliegt, dann B.“* Da kein konjugiertes π-System vorliegt, kann auch keine Mesomerie vorliegen, diese wurde somit fälschlicherweise angenommen. Die vorgestellten Konzepte sind jedoch nur exemplarisch. Bei anderen Aufgaben wurde der +I-Effekt auch herangezogen, obwohl dieser nicht vorlag, oder Mesomerie erfolgreich in den Problemlöseprozess integriert. Zudem variierten die erfolgreich

und nicht-erfolgreich herangezogenen Konzepte über die Studierenden und Aufgaben hinweg. Übergreifend hat sich jedoch gezeigt, dass einige chemische Konzepte den Studierenden vermehrt Schwierigkeiten bereitet haben, indem sie entweder herangezogen wurden, obwohl sie für die Aufgabe irrelevant waren oder diese fehlerhaft wiedergegeben und falsch auf die Aufgabe angewandt wurden.
Des Weiteren gab es verschiedene chemische Konzepte und Prinzipien, die nicht selbstständig von den Studierenden herangezogen wurden und erst vom Interviewer erfragt werden mussten. Hierfür gab es unterschiedliche Gründe. Ein Grund bestand darin, dass das Konzept nicht bedacht wurde, nach Nachfrage des Interviewers aber erkannt und integriert werden konnte. Andere Gründe lagen darin, dass das Konzept nicht in der Repräsentation erkannt werden konnte, unbekannt war oder ein fehlerhaftes mentales Modell des Konzepts vorlag. Die nicht herangezogenen Konzepte und die Gründe dafür haben ebenfalls wieder über die Studierenden hinweg variiert. Jedoch hat sich auch hier gezeigt, dass es Konzepte gibt, die trotz ihrer Relevanz vermehrt nicht von den Studierenden herangezogen wurden und diesen somit größere Schwierigkeiten bereiten als andere.

Fazit und Ausblick

Die oben dargestellten Ergebnisse zeigen exemplarisch, wie die Studierenden mit Problemlöseaufgaben aus der organischen Chemie umgegangen sind. Zum einen hat sich gezeigt, dass es chemische Konzepte und Prinzipien gibt, die den Studierenden bei der Bearbeitung von Aufgaben aus dem Bereich nukleophile Substitution und Eliminierung weniger Schwierigkeiten bereiten als andere. Dies hat sich beispielsweise darin gezeigt, dass diese Konzepte und Prinzipien herangezogen wurden, wenn diese inhaltlich relevant waren und inhaltlich richtig beschrieben und angewandt wurden. Für andere chemische Konzepte und Prinzipien hat sich hingegen ergeben, dass diese den Studierenden größere Schwierigkeiten bereiten. Beispielsweise wurden diese herangezogen, obwohl sie nicht relevant waren oder nicht herangezogen, obwohl sie relevant waren. Zudem haben sich Schwierigkeiten darin geäußert, dass die chemischen Konzepte und Prinzipien nicht korrekt beschrieben oder auf die Aufgabe angewandt wurden. Die aufgetretenen Schwierigkeiten haben über die Studierenden hinweg variiert, sodass nicht jeder Studierende die gleiche Schwierigkeit bezüglich eines chemischen Konzepts oder Prinzips hatte. Insbesondere für die chemischen Konzepte und Prinzipien, bei denen vermehrt Schwierigkeiten aufgetreten sind, werden in einem nächsten Schritt Unterstützungsmaßnahmen entwickelt, die die unterschiedlichen Problembereiche der Studierenden abdecken. Nach der erfolgreichen Identifizierung von Problembereichen sollen diese nach unterschiedlichen kognitiven Anforderungen sortiert werden, um spezifische Unterstützungsmaßnahmen anbieten zu können. Hierfür könnte beispielsweise die überarbeitete Bloomsche Taxonomie nach Anderson und Krathwohl (2001) genutzt werden. Für die einzelnen Zellen der Taxonomie könnten dann spezifische Formate als Unterstützungsmaßnahmen ausgewählt werden. Denkbare Formate hierfür sind beispielsweise Definitionen, Abgrenzungen, Übungsaufgaben und Lösungsbeispiele. Nach abgeschlossener Entwicklung der Unterstützungsmaßnahmen sollen diese in einer weiteren qualitativen Interviewstudie und einer quantitativen Studie evaluiert werden.

Literatur

Anderson, L.W. & Krathwohl, D.R. (Hrsg.) (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing*. *A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives,* New York: Longman.

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.

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.

Brühwiler, C. & Vogt, F. (2020). Adaptive teaching competency. Effects on quality of instruction and learning outcomes. *Journal for educational research online*, *12*(1), 119–142.

Busker, M., Parchmann, I. & Wickleder, M. (2010). Eingangsvoraussetzungen von Studienanfängern im Fach Chemie. *CHEMKON*, *17*(4), 163–168.

Chen, X., Mitrovic, A. & Mathews, M. (2020). Learning From Worked Examples, Erroneous Examples, and Problem Solving. Toward Adaptive Selection of Learning Activities. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, *13*(1), 135–149.

Fautch, J.M. (2015). The flipped classroom for teaching organic chemistry in small classes. Is it effective? *Chem. Educ. Res. Pract.*, *16*(1), 179–186.

Flynn, A.B. & Ogilvie, W.W. (2015). Mechanisms before Reactions. A Mechanistic Approach to the Organic Chemistry Curriculum Based on Patterns of Electron Flow. *Journal of Chemical Education*, *92*(5), 803–810.

Graulich, N. & Bhattacharyya, G. (2017). Investigating students' similarity judgments in organic chemistry. *Chem. Educ. Res. Pract.*, *18*(4), 774–784.

Grove, N.P. & Bretz, S.L. (2012). A continuum of learning. From rote memorization to meaningful learning in organic chemistry. *Chem. Educ. Res. Pract.*, *13*, 201–208.

Grove, N.P., Hershberger, J.W. & Bretz, S.L. (2008). Impact of a spiral organic curriculum on student attrition and learning. *Chem. Educ. Res. Pract.*, *9*(2), 157–162.

Gupte, T., Watts, F.M., Schmidt-McCormack, J.A., Zaimi, I., Gere, A.R. & Shultz, G.V. (2021). Students' meaningful learning experiences from participating in organic chemistry writing-to-learn activities. *Chem. Educ. Res. Pract.*, *22*(2), 396–414.

Klostermann, M., Höffler, T.N., Bernholt, A., Busker, M. & Parchmann, I. (2014). Erfassung und Charakterisierung kognitiver und affektiver Merkmale von Studienanfängern im Fach Chemie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *20*(1), 101–113.

Taasoobshirazi, G. & Glynn, S.M. (2009). College students solving chemistry problems. A theoretical model of expertise. *Journal of Research in Science Teaching*, *46*(10), 1070–1089.

Watts, F.M., Schmidt-McCormack, J.A., Wilhelm, C.A., Karlin, A., Sattar, A., Thompson, B.C., Gere, A.R. & Shultz, G.V. (2020). What students write about when students write about mechanisms. Analysis of features present in students' written descriptions of an organic reaction mechanism. *Chemistry Education Research and Practice*, *21*(4), 1148–1172.

Novid Ghassemi[1]
Sara Pöx[1]
Volkhard Nordmeier[1]

[1]Freie Universität Berlin

Alternative Professionalisierungswege für das Lehramt Physik – Eine Bestandsaufnahme

Ausgangslage

Der formale Bildungsweg von Lehrkräften in Deutschland umfasst traditionell ein grundständiges, lehramtsbezogenes Studium, den Vorbereitungsdienst und berufsbegleitende Fort- und Weiterbildungen. Neben diesem von der KMK bevorzugten Professionalisierungsweg (KMK 2013) existieren aber auch drei Alternativen: Der *Seiteneinstieg*, der *Quereinstieg* und der *Quereinstieg während des Studiums* (Brinkmann und Müller 2020) [1]. Die Existenz dieser alternativen Wege in das Lehramt geht einerseits auf die anhaltende Differenz zwischen Absolvent:innenzahlen und Einstellungsbedarf (KMK 2020) zurück; andererseits wird eine Flexibilisierung der Wege in das Lehramt – unter Einhaltung festzulegender Standards – als zeitgemäße Anpassung an die zunehmende Entstandardisierung von Berufsbiographien interpretiert (Terhart 2020; Brinkmann und Müller 2020).

Berufsbegleitend zu absolvierende und selten an Universitäten angebundene Programme des Quer- und Seiteneinstiegs werden jedoch als den Bemühungen um die Professionalisierung des Berufs und der Standardisierung der Qualifizierung entgegenlaufend angesehen (Ramseger 2017; Rothland und Pflanzl 2016). Die Programme würden „den akademischen Herausforderungen der Kompetenz- und Persönlichkeitsentwicklung von Lehrkräften nicht gerecht“ (HRK 2020, S. 3).

Welche alternativen Professionalisierungswege in Deutschland bestehen, welchen zeitlichen und inhaltlichen Umfang diese haben und welche Akteur:innen an den Programmen jeweils beteiligt sind, ist, trotz einiger aktueller Übersichtsarbeiten (Abs et al. 2020; Brinkmann und Müller 2020), im Detail schwer zu überblicken. Ebendiese Rahmeninformationen könnten aber weitere Argumente in der Diskussion um die Qualität aktuell bestehender alternativer Bildungswege liefern.

In diesem Beitrag werden daher die Ergebnisse einer Bestandsaufnhame zu aktuellen, alternativen Professionalisierungswegen für die Fächer Physik, Mathematik und Informatik berichtet. Neben einer allgemeinen Beschreibung der Programme, wurden dazu die Eingangsvoraussetzungen, die beteiligten Institutionen, der zeitliche Umfang, die Inhalte der Qualifizierungsmaßnahmen und der Status der Absolvent:innen ermittelt.

Fragestellungen und Vorgehen

Die Bestandsaufnahme folgte fünf zentralen Fragestellungen:

F1 Welche alternativen Professionalisierungswege für die Fächer Physik, Mathematik und Informatik gibt es in Deutschland?
F2 Welche Institutionen sind an den jeweiligen Programmen beteiligt?

[1] Seiteneinstieg - Berufseinstieg ohne Vorbereitungsdienst und lehramtsbezogenes Studium; Quereinstieg - Absolvieren des Vorbereitungsdienstes, jedoch keines lehramtsrelevanten Studiums; Quereinstieg während des Studiums - während des Studiums wird in einen lehramtsbezogenen Studiengang gewechselt (zB im Übergang Bachelor-Master)

F3 Welche Eingangsvoraussetzungen haben die Programme?
F4 Welchen zeitlichen Umfang haben die Programme?
F5 Welche Inhalte haben die Programme?

Die Informationen wurden über eine Recherche zusammengetragen, welche die Webseiten der entsprechenden Ministerien der Länder als Ausgangspunkt hatte. Zudem wurden Programme aller lehrkräftebildenden Universitäten der Bundesrepublik zusammengetragen. Nach einem Abgleich der Ergebnisse mit anderen aktuellen Übersichten (Abs et al. 2020; Brinkmann und Müller 2020), folgte bei offenen Fragen und Unklarheiten eine Konktaktaufnahme per Mail oder Telefon mit den entsprechenden Anlaufstellen der lehrkräftebildenden Institutionen bzw. Ministerien.

Ergebnisse
Die Ergebnisse werden entsprechend den Forschungsfragen zusammengefasst[2]:

F1: Welche alternativen Professionalisierungswege gibt es?
Der Quereinstieg ist aktuell in vierzehn Bundesländern möglich, der Seiteneinstieg in zehn. Nur das Saarland bietet aktuell weder Quer- noch Seiteneinstieg an. Alle recherchierten Programme schließen das Fach Physik ein. Möglichkeiten zum Quereinstieg während des Studiums bestehen aktuell in Berlin (Freie Universität Berlin) und Baden-Württemberg (Universitäten Konstanz, Stuttgart und Tübingen). Die zeitlichen und inhaltlichen Unterschiede der Programme erschweren eine eindeutige Klassifizierung nach den gängigen Begriffsdefinitionen.

F2: Eingangsvoraussetzungen
Für den Quereinstieg werden häufig ein Studienabschluss auf Masterniveau und zwei ableitbare Fächer vorausgesetzt. Der Seiteneinstieg ist zum Teil ohne akademischen Grad möglich (unter anderem in Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern, Nordrhein-Westfalen und Thüringen). Werden die fachwissenschaftlichen Voraussetzungen von Bewerber:innen nicht erfüllt, werden Zertifikatsstudien zum berufsbegleitenden Nachholen entsprechender Inhalte angeboten. Insbesondere beim Seiteneinstieg wird häufig im Zuge der Bewerbung oder in einer Probezeit die persönliche Eignung der Teilnehmer:innen individuell beurteilt. Hierzu werden unter anderem Probeunterrichtsstunden betrachtet und Gespräche bzw. Interviews geführt. Die Kriterien, beteiligten Personengruppen und Abläufe der Eignungsprüfungen werden im Detail jedoch nicht dargelegt.
Für den Quereinstieg während des Studiums wird immer ein Bachelorabschluss mit relevanten fachwissenschaftlichen Anteilen in einem Schulfach vorausgesetzt. In Berlin wird außerdem ein fachliches Fundament (20 ECTS) für ein zweites Schulfach zur Zulassung benötigt.

F3: Beteiligte Institutionen
Die primäre Verantwortung für die Quer- und Seiteneinstiegsprogramme liegt bei den Landesministerien, den Zentren für Lehrkräftebildung der Länder, den Schulen und als Mentor:innen eingesetzten (ehemaligen) Lehrkräften. Universitäten sind zumeist nur für das Anbieten fachwissenschaftlicher Zertifikatsstudiengänge beteiligt.

[2] Eine detaillierte Darstellung findet sich in Pöx (2021) und kann auf Anfrage zur Verfügung gestellt werden.

F4 & F5: Zeitlicher und inhaltlicher Umfang
Dauer und Inhalte der Programme zum Quer- und Seiteneinstieg sind insbesondere abhängig von den fachwissenschaftlichen Eingangsvoraussetzungen der Bewerber:innen. Kann ein Masterabschluss mit zwei ableitbaren Schulfächern nachgewiesen werden, sind die Programme häufig äquivalent bzw. identisch zum regulären (berufsbegleitenden) Vorbereitungsdienst. Kann nur ein Fach abgeleitet werden (oder keines), werden Zertifikatsstudien angeboten oder eine (berufsbegleitende) Einschreibung in einen Lehramtsbachelor zum Nachholen fehlender Inhalte und ECTS ermöglicht. Die Programme haben dann einen größeren zeitlichen Umfang. Die Zertifikatsstudien haben mitunter einen geringeren Umfang als für ein Lehramtsstudium üblich und sie werden zum Teil auch von gensonderten Institutionen angeboten. Eine Teilnahme an bildungswissenschaftlichen oder fachdidaktischen Lehrveranstaltungen mit universitärer Anbindung ist beim Quer- und Seiteneinstieg in der Regel nicht vorgesehen. Etwaige Inhalte werden primär in durch Zentren für Lehrkräftebildung verantworteten und durchgeführten Begleit- bzw. Vorbereitungsseminaren integriert. Welche Inhalte hier eingeschlossen sind, ist im Detail nicht immer einsehbar. Das Absolvieren des Quereinstiegs dauert zwischen zwölf Monaten (Sachsen) und vier Jahren (Mecklenburg-Vorpommern). Der Seiteneinstieg kann innerhalb von drei Monaten (Sachsen) bis fünf Jahren (Sachsen und Mecklenburg-Vorpommern) abgeschlossen werden.
Die Angebote zum Quereinstieg während des Studiums beinhalten fachwissenschaftliche Module in ein oder zwei Fächern, fachdidaktische Module zweier Fächer, bildungswissenschaftliche Module und ein Praxissemester. In Berlin und Tübingen werden individuelle Studienpläne für die Studierenden erstellt, dagegen handelt es sich bei den Studiengängen in Konstanz und Stuttgart jeweils um den regulären Lehramtsmaster, wobei Bachelorleistungen (30-50 ECTS) während des Studiums parallel nachzuholen sind. Die Angebote zum Quereinstieg während des Studiums dauern zwei Jahre (vier Semester), wobei bei den Studiengängen in Konstanz und Stuttgart, aufgrund der nachzuholenden Bachelorleistungen, von einer längeren Studiendauer auszugehen ist.

Diskussion und Ausblick
Unterschiede zwischen Einstellungsbedarf und Absolvent:innenzahlen der grundständigen Lehramtsausbildung sind für die kommenden Jahre prognostiziert (KMK 2020; Klemm 2020) und ein Fortbestehen der alternativen Wege in das Lehramt ist somit wahrscheinlich. Um das primäre Ziel einer vollständigen Unterrichtsversorgung zu erreichen, werden die Zugangsvoraussetzungen und inhaltlichen Ausgestaltungen der Programme, in Abhängigkeit der Bedarfs- und Bewerbungslage, kurzfristig vor Beginn eines neuen Schuljahres angepasst werden. Schon für das Schuljahr 2021/22 können andere Programme aufgesetzt worden sein und die hier recherchierten Programme werden möglicherweise nicht mehr (oder in veränderter Form) angeboten. Darüber hinaus ist es wahrscheinlich, dass die Zugangsvoraussetzungen in einigen Bundesländern flexibler gehandhabt werden, als dies schriftlich von den Landesministerien dargestellt wird. Dies legen Medienberichte nahe (bspw. Vieth-Entus 2021). Vor der Perspektive des anhaltenden Mangels an grundständig ausbildeten Lehrkräfte scheint es verwunderlich, dass das Konzept des Quereinstiegs während des Studiums, welches mittels individualisierter Studienpläne nicht allein die fachwissenschaftliche, sondern auch die pädagogische und fachdidaktische Professionalisierung entsprechend den *Standards für die Lehrkräftebildung* innerhalb von vier Hochschulsemestern erreichen könnte, noch immer kaum verbreitet ist.

Förderung
Das diesem Artikel zugrundeliegende Vorhaben wird im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01JA1802 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autor:innen.

Literatur

Abs, H. J.; Kuper, H.; Martini, R. (Hg.) (2020): Datenreport Erziehungswissenschaft 2020. Opladen, Berlin, Toronto: Verlag Barbara Budrich (Schriften der Deutschen Gesellschaft für Erziehungswissenschaft).

Brinkmann, B.; Müller, U. (2020): Flexible Wege ins Lehramt?! – Qualifizierung für einen Beruf im Wandel. Sonderpublikation des »Monitor Lehrerbildung«. Hg. v. Stifterverband „Monitor Lehrerbildung“. CHE Centrum für Hochschulentwicklung gGmbH. Verfügbar unter https://2020.monitor-lehrerbildung.de, zuletzt geprüft am 19.10.2021.

HRK (2020): Quer- und Seiteneinstieg ins Lehramt. Akademische Standards sind nicht verhandelbar! Entschließung des Senats der HRK am 25. Juni 2020. Hochschulrektorenkonferenz. Verfügbar unter https://www.hrk.de/fileadmin/redaktion/hrk/02-Dokumente/02-01-Beschluesse/20200625_Entschliessung_Quer-und_Seiteneinstieg_HRK_Senat_25.6.2020.pdf, zuletzt geprüft am 23.04.2021.

Klemm, K. (2020): Lehrkräftemangel in den MINT-Fächern: Kein Ende in Sicht. Zur Bedarfs- und Angebotsentwicklung in den allgemeinbildenden Schulen der Sekundarstufen I und II am Beispiel Nordrhein-Westfalens. Hg. v. Deutsche Telekom Stiftung. Essen. Verfügbar unter https://www.telekom-stiftung.de/sites/default/files/mint-lehrkraeftebedarf-2020-ergebnisbericht.pdf, zuletzt geprüft am 23.04.2021.

KMK (2013): Gestaltung von Sondermaßnahmen zur Gewinnung von Lehrkräften zur Unterrichtsversorgung. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 05.12.2013. Hg. v. Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland. Bonn.

KMK (2020): Lehrereinstellungsbedarf und -angebot in der Bundesrepublik Deutschland 2020 – 2030. Zusammengefasste Modellrechnungen der Länder. Hg. v. Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland. Berlin (STATISTISCHE VERÖFFENTLICHUNGEN DER KULTUSMINISTERKONFERENZ, 226), zuletzt geprüft am 11.02.2020.

Pöx, S. (2021): Viele Wegen in das Lehramt. Eine Betrachtung nicht-grundständiger Einstiegsvarianten in das Lehramt an Integrierten Sekundarschulen und Gymnasien für die Fächer Physik, Mathematik und Informatik in Deutschland. Masterarbeit. Freie Universität Berlin, Berlin. Didaktik der Physik.

Ramseger, J. (2017): Fachliche Stellungnahme anlässlich der Anhörung im Berliner Abgeordnetenhaus zur Problematik der Quereinsteiger/innen im Lehramt, 23.11.2017. Verfügbar unter https://www.parlament-berlin.de/ados/18/BildJugFam/vorgang/bjf18-0098-v-st-FU%20Berlin.pdf, zuletzt geprüft am 22.10.2020.

Rothland, M.; Pflanzl, B. (2016): Zur Einführung in das Themenheft. Editorial. In: M. Rothland und B. Pflanzl (Hg.): Quereinsteiger, Seiteneinsteiger, berufserfahrene Lehrpersonen. Auswahl, Qualifizierung und Bewährung im Beruf. Landau in der Pfalz: Verlag Empirische Pädagogik (Lehrerbildung auf dem Prüfstand, 9.2016,1), S. 1–4.

Terhart, E. (2020): Gedanken über Lehrermangel. In: B. Jungkamp und M. Pfafferott (Hg.): Sprung ins kalte Wasser. Stärkung von Seiten- und Quereinsteiger:innen an Schulen. 1. Auflage. Berlin: Friedrich-Ebert-Stiftung (Schriftenreihe des Netzwerk Bildung, 47), S. 10–17.

Vieth-Entus, S. (2021): Berlin erfindet die „sonstigen Lehrkräfte“. Anteil der Ungelernten steigt. In: *tagesspiegel*, 03.08.2021. Verfügbar unter https://www.tagesspiegel.de/berlin/anteil-der-ungelernten-steigt-berlin-erfindet-die-sonstigen-lehrkraefte/27480466.html, zuletzt geprüft am 30.09.2021.

Julia Elsner[1]
Claudia Tenberge[1]
Sabine Fechner[1]

[1]Universität Paderborn

Analogien zur Förderung schülerseitigen Modellierens im Sachunterricht

Hintergrund und Motivation

Das Erlernen naturwissenschaftlicher Konzepte und Methoden ist Teil der naturwissenschaftlichen Grundbildung *(Scientific Literacy)* und sollte im Sinne kumulativen Lernens bereits in der Grundschule angebahnt werden (Bybee, 1995, 2002; Steffensky, 2015). Für den Erwerb naturwissenschaftlicher Konzepte im Sachunterricht zeigt sich das Arbeiten mit oberflächlich unähnlichen Phänomenen als lernförderlich (Lohrmann et al., 2014). Unähnliche Phänomene zeichnen sich nach Lohrmann et al. (2014) und in Anlehnung an Holyoak und Koh (1987) sowie Gentner (1989) dadurch aus, dass diesen zwar ein gemeinsames Funktionsprinzip zugrunde liegt, allerdings wenig ähnliche Oberflächenmerkmale vorliegen. Die Phänomene weisen demzufolge ein unterschiedliches äußeres Erscheinungsbild auf. Dadurch sollen insbesondere Analogien auf der tiefenstrukturellen Ebene geschlossen werden. Lohrmann et al. (2014) zeigen in ihrer Studie für den physikbezogenen Sachunterricht, dass sich das vermehrte Vergleichen zwischen unähnlichen Phänomenen positiv auf den Wissenszuwachs von Grundschüler*innen auswirkt. Kehne (2019) bestätigt dies empirisch für den Sekundarbereich im Fach Chemie. Das Lernen chemischer Konzepte zeigt sich hiernach durch das Vergleichen multipler Phänomene im Sinne des Analogie-Transfer-Prozesses förderlich für den Wissenstransfer (Kehne, 2019). Inwiefern Analogien zur Förderung des Konzepterwerbs im chemie-bezogenen Sachunterricht genutzt werden können, ist derzeit kaum beforscht. Allerdings lässt sich anhand der positiven Befunde von Lohrmann et al. (2014) für den physik-bezogenen Sachunterricht und Kehne (2019) für das Fach Chemie vermuten, dass die Analogiebildung zwischen unähnlichen Phänomenen förderlich für den Konzepterwerb im chemie-bezogenen Sachunterricht sein könnte.

Theoretischer Rahmen

Ausgangspunkt für den Erwerb naturwissenschaftlicher Konzepte sind die individuellen mentalen Modelle der Lernenden. In Anlehnung an Vosniadou (1994) werden mentale Modelle als individuelle internale Repräsentationen definiert, die abhängig von den subjektiven Vorerfahrungen und Überzeugungen sind (Vosniadou, 1994; Vosniadou & Brewer, 1992). Solche mentalen Modelle werden für das Erklären von Phänomenen, das Bilden von Analogien sowie das mentale Modellieren und Simulieren genutzt (Greca & Moreira, 2000; Nitz & Fechner, 2018). Weiterführend lassen sich mentale Modelle nach Vosniadou und Brewer (1992) in ursprüngliche *(initial)*, synthetische *(synthetic)* und wissenschaftliche *(scientific)* mentale Modelle einteilen. Ursprüngliche mentale Modelle werden von Lernenden induktiv anhand von Beobachtungen und Erfahrungen gebildet. Vosniadou und Brewer (1992) gehen davon aus, dass solche mentalen Modelle bereits im Kindesalter ohne Informationen oder Erklärungen von Erwachsenen gebildet werden. Durch Konfrontation mit neuen Informationen entstehen synthetische mentale Modelle. Werden die synthetischen mentalen Modelle weiterentwickelt und die Erfahrungen und Erklärungen neu interpretiert, kann ein wissenschaftliches mentales Modell erreicht werden, das den aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnissen entspricht (Vosniadou & Brewer, 1992). Um eine solche

Weiterentwicklung hin zu einem wissenschaftlichen mentalen Modell zu erreichen, schlägt Vosniadou (1994) die aktive Auseinandersetzung mit dem mentalen Modell, das gemeinsame Diskutieren von Erklärungsansätzen sowie das Anwenden und Überarbeiten des bestehenden mentalen Modells vor (Vosniadou, 1994).
Eine Möglichkeit der aktiven Auseinandersetzung mit dem mentalen Modell bietet das Modellieren. Mithilfe des Modellierens können Vorhersagen über Phänomene getroffen, Hypothesen getestet und das bestehende mentale Modell überarbeitet bzw. erweitert werden (Krüger et al., 2018; Upmeier zu Belzen et al., 2019; Upmeier zu Belzen & Krüger, 2010). In Anlehnung an Gilbert und Justi (2016) wird das Modellieren als ein zyklischer Prozess beschrieben, der in vier miteinander verbundenen Phasen vollzogen wird. Ausgangspunkt für den Modellierungsprozess stellt das ursprüngliche mentale Modell des Lernenden dar. Dieses wird beim Modellieren in unterschiedlichen Repräsentationsarten ausgedrückt und kann anschließend in Experimenten oder Simulationen angewendet werden. Mithilfe der neu gewonnenen Erkenntnisse wird das Modell evaluiert, in neuen Kontexten angewendet und dabei überarbeitet. Während des Modellierens laufen diverse kognitive Prozesse, wie die Analogiebildung, ab. Die Analogiebildung nimmt hierbei eine wesentliche Rolle ein und wird im Modellierungsprozess genutzt, um zum Beispiel zwischen verschiedenen Experimenten Vergleiche zu ziehen oder die Beziehung zwischen dem Modell und neuen Kontexten zu analysieren (Gilbert & Justi, 2016).
Die Analogiebildung zwischen multiplen Phänomenen nimmt im Kontext des Promotionsvorhabens einen zentralen Stellenwert ein. Analogien werden in diesem Zusammenhang nicht nur als Ähnlichkeitsbeziehung zwischen Modell und Objekt definiert, wie sie u.a. von Driel und Verloop (1999), Bindernagel und Eilks (2008) oder Kircher (2015) verstanden werden, sondern dienen auch zum Vergleich zwischen multiplen Phänomenen. Dieses Analogieverständnis spiegelt sich ebenfalls bei Lohrmann et al. (2014) und Kehne (2019) wider und stützt sich auf den Structure-Mapping-Ansatz nach Gentner (1983) bzw. den Analogie-Transfer-Prozess nach Holyoak (2005). In beiden Ansätzen spielt das *Mapping* eine wesentliche Rolle. Mapping bezeichnet in Anlehnung an Gentner (1983) das strukturelle Vergleichen zwischen zwei Phänomenen (Quell- und Zieldomäne). Holyoak (2005) erweitert dies und integriert das Mapping in den Analogie-Transfer-Prozess. Mithilfe des Analogie-Transfer-Prozesses ist es möglich, dass durch vermehrtes strukturelles Vergleichen Schlussfolgerungen abgeleitet werden können und das erworbene Wissen auf neue Phänomene angewendet werden kann. Durch eine solche wiederholte Transferleistung wird das bestehende mentale Modell erweitert, sodass generalisierbares (konzeptuelles) Wissen erworben werden kann (Holyoak, 2005).
Für den Konzepterwerb in der Grundschule zeigen sich, wie eingangs dargestellt, v.a. unähnliche Beispiele als hilfreich. Inwieweit Analogien zwischen unähnlichen Phänomenen zum Erwerb konzeptuellen Wissens im chemie-bezogenen Sachunterricht beitragen können, ist Kern des vorliegenden Promotionsvorhabens.

Forschungsvorhaben

Ausgehend von der theoretischen Grundlegung und den bestehenden empirischen Befunden lässt sich vermuten, dass Analogien zur Förderung des schülerseitigen Modellierens im chemie-bezogenen Sachunterricht verwendet werden können. Demzufolge lassen sich für das Promotionsprojekt zwei wesentliche Forschungsfragen ableiten:

(1) Inwiefern kann das schülerseitige Modellieren im chemie-bezogenen Sachunterricht durch die Analogiebildung zwischen multiplen Phänomenen unterstützt werden?
(2) Inwieweit werden wissenschaftliche Konzepte zum Thema Löslichkeit mithilfe des schülerseitigen Modellierens angebahnt?

Die hier aufgeführten Forschungsfragen werden empirisch in der vierten Jahrgangsstufe der Grundschule im Rahmen einer Interventionsstudie im Vergleichsgruppendesign untersucht. Kern der Interventionsstudie bilden Experimentiersituationen zu ausgewählten Phänomenen im Bereich Löslichkeit von Stoffen. Die Phänomene entstammen lebensnahen Kontexten und weisen eine Ähnlichkeit hinsichtlich ihrer Tiefenstruktur – dem vergleichbaren Löseverhalten fester Stoffe in Wasser bzw. Öl – auf. Oberflächlich sind die Phänomene in Anlehnung an die Studienergebnisse von Lohrmann et al. (2014) unähnlich. Die Experimentiersituationen sind so gestaltet, dass diese eigenständig von den Lernenden in Partnerarbeit durchgeführt werden können. Das Experimentieren wird von einem Forschertagebuch begleitet, in dem Hinweise zu den Experimenten und Modellierungsaufgaben aufgeführt sind. Das schülerseitige Modellieren geschieht in Anlehnung an Gilbert und Justi (2016) anhand von 2D-Modellen in Form von Zeichnungen. Hierdurch soll das individuelle mentale Modell ausgedrückt und zur Erklärung der Phänomene angewendet sowie in der Kleingruppe diskutiert werden.
Beide Gruppen erhalten identische Experimentiersituationen. Gruppe A dient dabei als Interventionsgruppe und wird mithilfe von spezifischen Scaffolds in Form von Hilfekarten unterstützt, wodurch das explizite Vergleichen zwischen den Phänomenen angeregt werden soll. Gruppe B dient als Vergleichsgruppe und erhält keine Scaffoldingmaßnahmen zur Unterstützung der Analogiebildung.
Um zu Beginn der Studie die kognitiven Fähigkeiten und Lernvoraussetzungen der Schüler*innen zu ermitteln, wird zunächst der kognitive Fähigkeitstest (KFT 4+R) von Heller und Perleth (2000) durchgeführt. Mithilfe dieser Ergebnisse wird dann die Gruppeneinteilung mittels *matched pairs*, wie es Denscombe (2014) vorschlägt, vorgenommen, sodass die Vergleichbarkeit beider Gruppen gewährleistet wird. Darüber hinaus werden Prä-Post-Interviews mit den Schüler*innen geführt, um den Konzepterwerb im Rahmen der Studie zu beurteilen. Im Prä-Interview wird das ursprüngliche mentale Modell zur Löslichkeit von Salz in Wasser erfasst. Hierbei sollen die Lernenden den Löseprozess von Salz in Wasser in einem 2D-Modell zeichnerisch ausdrücken (modellieren) und das Phänomen anhand ihrer Zeichnung erläutern. Im Post-Interview werden die Schüler*innen aufgefordert, das im Prä-Interview gezeichnete Modell mit den neuen Erkenntnissen aus der Intervention zu überarbeiten. Ergänzend hierzu erhalten die Lernenden eine Transferaufgabe zur Mischbarkeit von Öl in Wasser, wodurch die Transferfähigkeit explizit erhoben werden soll. Sowohl die Interviews als auch die Interventionen werden videografiert.
Ausgewertet werden die erhobenen Videodaten mithilfe von MAXQDA und der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2010). Zudem liegen Schüler*innendokumente in Form von Forschertagebüchern und Zeichnungen vor. Durch diese Vielfalt an Daten soll die Triangulation der Daten erreicht werden, wie es Flick (2011) vorschlägt.

Ausblick
Zur Überprüfung der entworfenen Materialien, dem Interviewleitfaden und der geplanten Intervention ist eine Pilotstudie geplant, die im November 2021 durchgeführt wird. Die Datenerhebung im Rahmen der Hauptstudie soll im Frühjahr 2022 stattfinden.

Literaturverzeichnis

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.

Bybee, R. W. (1995). Achieving Scientific Literacy. *The Science Teacher*, *62*(7), 28–33.

Bybee, R. W. (2002). Scientific Literacy - Mythos oder Realität. In W. Gräber, P. M. Nentwig, T. Koballa & R. Evan (Hrsg.), *Scientific Literacy - Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgmeinen Bildung* (S. 21–43). Leske + Budrich.

Denscombe, M. (2014). *The good research guide*. Open University Press.

Driel, J. H. van & Verloop, N. (1999). Teachers' knowledge of models and modelling in science. *International Journal of Science Education*, *21*(11), 1141–1153.

Flick, U. (2011). *Triangulation: Eine Einführung* (3., aktualisierte Auflage). VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Gentner, D. (1983). Structure-mapping: A theoretical framework for analogy. *Cognitive science*, *7*(2), 155–170.

Gentner, D. (1989). The mechanisms of analogical learning. In S. Vosniadou & A. Ortony (Hrsg.), *Similitary and analogical reasoning* (S. 199–241). Cambridge University Press.

Gilbert, J. K. & Justi, R. S. (2016). *Modelling-based teaching in science education* (Bd. 9). Springer International Publishing.

Greca, I. M. & Moreira, M. A. (2000). Mental models, conceptual models, and modelling. *International Journal of Science Education*, *22*(1), 1–11.

Heller, K. A. & Perleth, C. (2000). *Kognitiver Fähigkeitstest für 4. bis 12. Klassen*. Beltz Testgesellschaft.

Holyoak, K. J. (2005). Analogy. In K. J. Holyoak & R. G. Morrison (Hrsg.), *Cambridge handbook of thinking and reasoning* (S. 117–142). Cambridge University Press.

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*. *Studien zum Physik- und Chemielernen.*

Kircher, E. (2015). Modellbegriff und Modellbildung in der Physikdidaktik. In E. Kircher, R. Girwidz & P. Häußler (Hrsg.), *Springer-Lehrbuch. Physikdidaktik: Theorie und Praxis* (3. Aufl., 784-807). Springer Spektrum.

Krüger, D., Kauertz, A. & Upmeier zu Belzen, A. (2018). Modelle und das Modellieren in den Naturwissenschaften. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (Bd. 17, S. 141–157). Springer Berlin Heidelberg.

Lohrmann, K., Hartinger, A., Schwelle, V. & Hartig, J. (2014). Die Bedeutung der (Un-)Ähnlichkeit von Beispielen für den Aufbau von konzeptuellem Wissen. *Zeitschrift für Grundschulforschung*, *7*(2), 60–73.

Mayring, P. (2010). *Qualitative Inhaltsanalyse Grundlagen und Techniken* (11. Aufl.). Beltz.

Nitz, S. & Fechner, S. (2018). Mentale Modelle. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (Bd. 10, S. 69–86). Springer Berlin Heidelberg.

Steffensky, M. (2015). Chemische Aspekte. In J. Kahlert, M. Fölling-Albers, M. Götz, A. Hartinger, S. Miller & S. Wittkowske (Hrsg.), *UTB Schulpädagogik: Bd. 8621. Handbuch Didaktik des Sachunterrichts* (2. Aufl., S. 128–132). Verlag Julius Klinkhardt.

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

Upmeier zu Belzen, A., van Driel, J. & Krüger, D. (2019). Introducing a framework for modeling competence. In A. Upmeier zu Belzen, D. Krüger & J. van Driel (Hrsg.), *Models and Modeling in Science Education: volume 12. Towards a competence-based view on models and modeling in science education* (S. 3–19).

Vosniadou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, *4*(1), 45–69.

Vosniadou, S. & Brewer, W. F. (1992). Mental models of the earth: A study of conceptual change in childhood. *Cognitive Psychology*, *24*, 535–585.

Sabine Seidl[1]
Martin Gröger[2]
Bernhard Schmölzer[1]

[1] Pädagogische Hochschule Kärnten
[2] Universität Siegen

Am Anfang steht die Antwort: Analyse von Redebeiträgen von Lernenden im chemieunterrichtlichen Diskurs

Sprache ist das kognitive Medium für fachliches Lernen. Sie steht in engem Zusammenhang zum Lernerfolg in naturwissenschaftlichen Fächern (Schmölzer-Eibinger et al., 2013). Damit eröffnet sie als Schnittstelle neue Forschungsbereiche für alle Fachdidaktiken. Sprachbewusster und sprachaktivierender Chemieunterricht ist heute klar sichtbar in der lange experimentell konzeptionierten chemiedidaktischen Forschung (Becker and Kemper, 2018), denn Fachsprache darf nicht als unreflektierte Grundvoraussetzung in der Schule angenommen werden (Fenkart et al., 2010). Im vorwiegend mündlich geprägten Fach Chemie führen neben einer hohen Informationsdichte auch morphologische und syntaktische Besonderheiten der Sprache zu Missverständnissen. Der Erwerb einer soliden Fachsprache im Chemieunterricht ist somit häufig mit Begriffsnot, unpräzisen Formulierungen, Vorstellungen von Fachbegriffen als auch Sprachfehlern verbunden.

Das bilaterale Dissertationsvorhaben zwischen der deutschen Universität Siegen und der österreichischen Pädagogischen Hochschule Kärnten stellt eine (fach-)sprachliche Analyse von Lernenden im verbalen, chemieunterrichtlichen Diskurs einer Population zweier Schulen dar. Die Arbeit generiert eine Bestandsaufnahme (fach-)sprachlicher Strategien und Schwierigkeiten im wenig beforschten Bereich der mündlichen Sprachhandlungen von Lernenden im Chemieunterricht. Ziel ist es, mit der Untersuchung von Redebeiträgen ein Kategoriensystem zu entwickeln, welches die sprachlichen Schwierigkeiten im fachlichen Diskurs von Lernenden im Chemieunterricht beschreibt.

Forschungsfragen

Im Zuge empirischer Beobachtungen im chemieunterrichtlichen Schulalltag der Autorin entstand ein Forschungsdesiderat, welches mithilfe folgender Forschungsfragen spezifisch untersucht wurde:

-Welche (fach-)sprachlichen Schwierigkeiten können in Redebeiträgen von Lernenden im Themenbereich Grundlagen der Chemischen Bindungen differenziert werden?
-Welche (fach-)sprachlichen Strategien wenden Lernende dabei an?
-Welche Häufigkeiten dieser Strategien und Schwierigkeiten können gesichtet werden?

Methodisches Vorgehen

Die Studie basiert auf Leitfadeninterviews mit sechs Stimulationsfragen zum Thema Chemische Bindungen (Tabelle 1). Für die Stimulationsfragen wurden über eine Vorstudie Kriterien erarbeitet, um möglichst ergiebige Antworten der Lernenden zu provozieren. Diese Planungsentscheidungen wurden aufgrund entsprechender Fachliteratur hinsichtlich der Formulierung von *Hervorlockern* (Schmidt and Parchmann, 2011), der Vermeidung von wenig aussagekräftigen Ein-Wort-Antworten (Ahlers et al., 2009), der Berücksichtigung der Zone der proximalen Entwicklung (Vygotskij et al., 1977) sowie der Berücksichtigung der kalkulierten Herausforderung (Leisen, 2019) getroffen.

Tabelle 1: Stimulationsfragen der Hauptstudie.

A	Warum verbinden sich Atome überhaupt miteinander?
B	Was bedeutet der Satz „Elektronen werden gemeinsam genutzt?“
C	Was unterscheidet die Ionenbindung von der Atombindung?
D	Was bedeutet „Elektronen abgeben“, wenn man von der Ionenbindung spricht?
E	„Bei der Atombindung teilen sich Atome die Elektronen.“ Wie kann man das verstehen?
F	Was ist eine Doppelbindung und wie kommt sie zustande?

Fragestellung und Formulierung basierten inhaltlich auf der Durchsicht der Kapitel Chemischer Bindungsmodelle verschiedener Chemieschulbücher der Sekundarstufe I (Frühauf und Tegen, 2014; Haim und Müller, 2016; Kechajas and Voitic, 2014). Die Population der Vorstudie umfasste 59, die der Hauptstudie 82 Lernende aus der Sekundarstufe I, erstes Lernjahr Chemie zweier österreichischer Gymnasien.

Auswertung

Die Datenauswertung erfolgte mittels induktiver qualitativer Analyse nach Mayring (Mayring, 2014). Die Transkription und ein Line-by-Line Coding (Chenail, 2015) erfolgte computergestützt mit MAXQDA. Die gesamte Auswertung unterliegt den Gütekriterien qualitativer Forschung mit Fokus auf der Intercoderreliabilität, garantiert durch die Mitarbeit zweier Fachdidaktikerinnen aus den Bereichen Chemie und Deutsch.

Erste Ergebnisse

Durch induktive qualitative Analyse wurde ein Codesystem mit fünf Codes generiert, welches die (fach-)sprachlichen Herausforderungen der Population repräsentiert. Die Codes werden *Allgemeine Verschleierung*, *Positive Verschleierung, Negative Verschleierung, Problematischer Wechsel der chemischen Konzeptebene und Unschärfeproblem Elementbegriff* bezeichnet. Die Prüfung der Intercoderreliabilität ergab κ-Werte von 0,80 und 0,89 und bestätigte damit ein zuverlässiges Codesystem.

Die Codierung *Allgemeine Verschleierung* weist in der Codiereinheit keine klare Referenz auf einen zuvor erwähnten chemischen Fachbegriff auf. Diesem Code sind drei Subcodes zugeordnet, die nach den gesichteten Platzhaltern bzw. Pronomen benannt sind: *sie, es* und *andere Platzhalter.* Der Code *Positive Verschleierung* wurde eingesetzt, wenn eine Proform nach Rückfrage klar einer zuvor erwähnten fachlichen Entität zugeordnet werden konnte. Diese Rückversicherung wurde im Zuge des Interviews eingeholt. Der Code *Negative Verschleierung* wurde eingesetzt, wenn eine Proform nicht auf die zuvor erwähnte fachliche Entität referierte. Die Referenz wurde ebenso durch Rückfragen im Zuge des Interviews geprüft. Der Code *Problematischer Wechsel der chemischen Konzeptebenen* weist sechs Subcodes auf, die sich aus dem jeweiligen Wechsel der chemischen Konzeptebenen nach Mahaffy (Mahaffy, 2006) ergeben: *Teilchen-Lebenswelt, Teilchen-Symbol, Stoff-Teilchen, Stoff-Lebenswelt, Stoff-Symbol und Symbol-Lebenswelt.* Der Code *Unschärfeproblem Elementbegriff* bildet die Schwierigkeiten hinsichtlich der Begriffsunschärfe des Terminus Element ab. Abbildung 1 zeigt einen Interviewauszug mit der Codierung *Negative Verschleierung*.

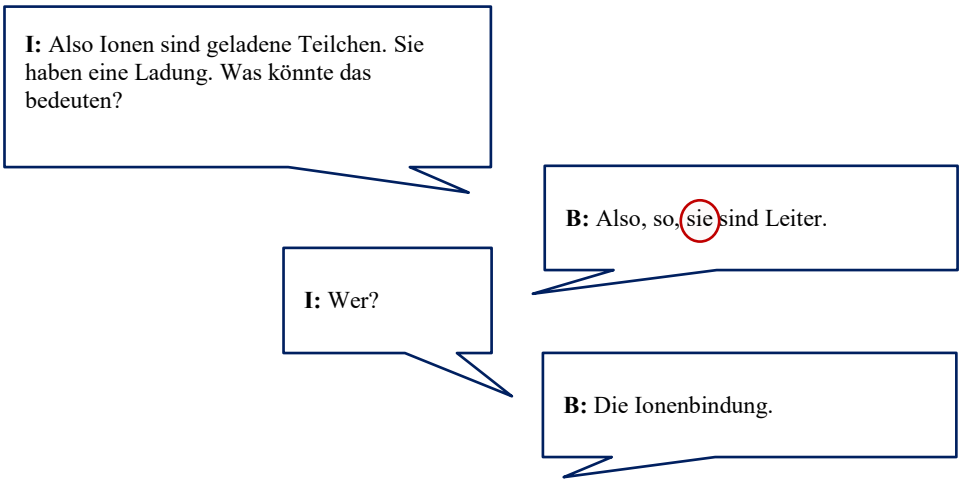


Abb. 1. Auszug aus einem Interview. I=Interviewführende Person, B=Befragte.

Diese ersten Ergebnisse weisen darauf hin, dass die Lernenden der Stichprobe im verbalen Diskurs einen problematischen Umgang mit Proformen zeigen. Die bisherige Datenauswertung bestätigt die Verwendung von Proformen, welche nicht auf den richtigen chemischen Fachbegriff bzw. die für die Lehrperson erwartete fachliche Entität verweisen. Die Bestätigung dieser verbalen Verschleierung von Fachinhalten konnte durch Rückversicherung im Zuge der Interviewführung eingeholt werden (Seidl, 2020). Der Wechsel zwischen den chemischen Konzeptebenen verstärkte das gesichtete Phänomen der verbalen Verschleierung, insbesondere hinsichtlich der Herausforderung des Elementbegriffs (Fleischer, 2021; Sommer et al., 2018).

Zusammenfassung und Ausblick

Die Untersuchung stellt eine Analyse (fach-)sprachlicher Strategien und Schwierigkeiten von Lernenden im verbalen chemieunterrichtlichen Diskurs einer Population zweier Schulen dar. Als Interimsergebnis lässt sich festhalten, dass eine problematische Verwendung von Proformen zu mangelnder Differenzierung, fachlicher Ungenauigkeit bzw. verbaler Verschleierung in den Redebeiträgen von Lernenden führt. Die chemiespezifischen Wechsel der Konzeptebenen verstärken dieses Phänomen. Die Arbeit erlaubt im nächsten Schritt eine gezielte sprachbewusste Intervention in der produktiven Sprachhandlung *Sprechen* im Sinne eines aktiveren, differenzierten Umgangs der Fachsprache (Aleksov et al., 2021).

Literaturverzeichnis

Ahlers, T., Oberst, T., Nentwig, P., 2009. Redeanteile von Lehrern und Schülern im Chemieunterricht nach ChiK. ZfDN, Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 15, 331–342.

Aleksov, R., Fischer, H., Krabbe, H., Härtig, H., 2021. Sprachbewusster Physikunterricht. MNU Journal 74, 279–286.

Becker, H.-J., Kemper, A.-K., 2018. Trendbericht Chemiedidaktik 2017: Sprachaktivierung im Chemieunterricht. Nachrichten aus der Chemie 66, 341–345. https://doi.org/10.1002/nadc.20184072945

Chenail, R., 2015. Conducting Qualitative Data Analysis: Reading Line-by-Line, but Analyzing by Meaningful

Qualitative Units. TQR. https://doi.org/10.46743/2160-3715/2012.1817
Fenkart, G., Lembens, A., Erlacher-Zeitlinger, E. (Eds.), 2010. Sprache, Mathematik und Naturwissenschaften, Ide extra. StudienVerlag, Innsbruck.
Fleischer, H., 2021. Didaktischer Prüfstand. Elemente und elementare Stoffe. MNU Journal 329–332.
Frühauf, D., Tegen, H. (Eds.), 2014. Treffpunkt Chemie, 6th ed. Dorner, Wien.
Haim, K., Müller, A., 2016. Expedition Chemie 4, 6. Auflage. ed. Dorner, Wien.
Kechajas, T., Voitic, E., 2014. Mehrfach Chemie. [4. Klasse]. Veritas, Linz.
Leisen, J., 2019. Das Prinzip der kalkulierten Herausforderung. Schulmagazin 5-10 10–13.
Mahaffy, P., 2006. Moving Chemistry Education into 3D: A Tetrahedral Metaphor for Understanding Chemistry. Union Carbide Award for Chemical Education. J. Chem. Educ. 83, 49. https://doi.org/10.1021/ed083p49
Mayring, P., 2014. Qualitative content analysis - theoretical foundation, basic procedures and software solution. Klagenfurt.
Schmidt, S., Parchmann, I., 2011. Schülervorstellungen - Lernhürde oder Lernchance? PdN, PdN Chemie in der Schule 60, 15–20.
Schmölzer-Eibinger, S., Dorner, M., Langer, E., Helten-Pacher, M.-R., 2013. Sprachförderung im Fachunterricht in sprachlich heterogenen Klassen, 1. Auflage. ed. Fillibach bei Klett, Stuttgart.
Seidl, S., 2020. Am Anfang steht die Antwort: Qualitative Analyse des verbalen Sprachprodukts Antwort von Lernenden im Chemieunterricht. Forschungszeitung. Forschung an der Pädagogischen Hochschule Kärnten 38–42.
Sommer, K., Wambach-Laicher, J., Pfeifer, P. (Eds.), 2018. Konkrete Fachdidaktik Chemie: Grundlagen für das Lernen und Lehren im Chemieunterricht, 1. Auflage, vollständige Neubearbeitung. ed, Unterricht Chemie. Friedrich, Aulis, Seelze.
Vygotskij, L.S., Helm, J., Wygotski, L.S., 1977. Denken und Sprechen, Unveränd. Abdr. der 5., korr. Aufl. 1974. ed, Fischer-Taschenbücher Bücher des Wissens. Fischer-Taschenbuch-Verl, Frankfurt am Main.

Christina Krabbe[1]
Insa Melle[1]

[1]Technische Universität Dortmund

Analyse von (Schüler-)Schwierigkeiten im Chemieunterricht anhand von Videovignetten

Motivation und theoretischer Hintergrund

Die Gestaltung adaptiver Lehr- und Lernsituationen ist ein komplexes Vorhaben, bei dem Lehrkräfte gefordert sind, ihren Unterricht z. B. an die heterogenen fachlichen Fähigkeiten sowie an unterschiedliche Motivationen und Interessen der Schüler*innen anzupassen (Wember & Melle, 2018; Vogt & Rogalla, 2009). Das Wissen um mögliche (Schüler-)Schwierigkeiten spielt dabei eine zentrale Rolle (Barke et al., 2015, S. 1-3). Dieser Anpassung des Unterrichts muss eine genaue Beobachtung und Analyse der Lernsituation vorausgehen. In universitären Lehrveranstaltungen bietet sich zum Einüben dieses Prozesses die Arbeit mit Videovignetten von realen Unterrichtssituationen an (Meister et al., 2020). Studierende erhalten so Einblicke in Herausforderungen, die sich Schüler*innen stellen, und können diese aufgabengeleitet analysieren (Krammer & Reusser, 2005), um anschließend Unterrichtsmaterial zu adaptieren. Zu diesem Zweck wurden Videovignetten entwickelt und in chemiedidaktischen Lehrveranstaltungen eingesetzt (Krabbe & Melle, 2021). Für die anschließende Adaption der Unterrichtsmaterialien durch die Studierenden wurden digitale Werkzeuge verwendet, um deren Potential zur Differenzierung und Individualisierung von Lernsituationen zu nutzen (Hillmayr et al., 2017) und so eine bessere Passung zwischen dem Unterricht und den Lernvoraussetzungen der Schüler*innen zu erreichen.

Für den videografierten Unterricht wurde das vielschichtige Thema der Nachhaltigkeit gewählt und ein Fokus auf den Vergleich der energetischen Nutzung von fossilen und regenerativen Brennstoffen sowie deren Beitrag zum Kohlenstoffkreislauf gelegt. Dieses Thema ist für die Schüler*innen aus verschiedenen Gründen anspruchsvoll: Zum einen müssen komplexe Stoffkreisläufe berücksichtigt werden, welche allein durch ihre Darstellungsweise Irritationen bei Schüler*innen auslösen können, weil bspw. Pfeile in unterschiedlicher Funktion genutzt werden (Driver et al., 2005, S. 13). Zum anderen stellen der Wechsel zwischen den verschiedenen Repräsentationsebenen (Stoff-, Teilchen- und Symbolebene) sowie die Zusammenhänge zwischen diesen Schüler*innen häufig vor Herausforderungen (Johnstone, 2000; Gilbert & Treagust, 2009). Darüber hinaus sind im Zusammenhang mit Gasen allgemein (u. a. Barke et al., 2015, S. 12-16; Marohn & Messing, 2021) und mit Kohlenstoffdioxid im Speziellen (Niebert, 2010) verschiedene Schülervorstellungen bekannt.

Forschungsdesign

Rahmenbedingungen

In diesem Projekt wurden drei Termine in einer fachdidaktischen Master-Lehrveranstaltung entwickelt, durchgeführt und evaluiert. Die Veranstaltung wird von Lehramtsstudierenden der TU Dortmund i. d. R. parallel zu oder nach einem Seminar belegt, in dem Kenntnisse hinsichtlich des Einsatzes digitaler Werkzeuge im Chemieunterricht erworben wurden. Somit konnten diese bei der Adaption der Unterrichtsmaterialien zur Differenzierung und Individualisierung genutzt werden.

Entwicklung und Einsatz der Videovignetten
Das in der Veranstaltung eingesetzte Videomaterial wurde zuvor in der Schule erhoben, passende Szenen wurden ausgewählt und mit Untertiteln versehen (Thelen, 2020). Auf diese Weise sind drei Videovignetten entstanden, die in der Veranstaltung mit dem zugehörigen Begleitmaterial (Transkript, Arbeitsergebnisse der Schüler*innen) eingesetzt werden. Diese zeigen unterschiedliche Schüler*innengruppen bei der Bearbeitung der gleichen Aufgabe mit sich teilweise wiederholenden, aber auch individuellen Schwierigkeiten.

Inhalte der Veranstaltungstermine
Ziel der Veranstaltungstermine ist es, die Kompetenzen angehender Chemielehrkräfte einerseits hinsichtlich des Erkennens von (Schüler-)Schwierigkeiten mit Hilfe der Videoanalyse zu schulen und andererseits hinsichtlich der Gestaltung von adaptiven Unterrichtsmaterialien unter der Verwendung digitaler Werkzeuge zu erweitern.

Zu Beginn werden die beim videografierten Lernprozess eingesetzten Unterrichtsmaterialien vorgestellt und die darin behandelten Inhalte fachlich und fachdidaktisch vertieft. Anschließend wird mit Hilfe der Videovignetten ein Einblick in die Bearbeitung der Lernumgebung durch die Schüler*innen gegeben und (Schüler-)Schwierigkeiten werden von den Studierenden mittels Videoanalyse identifiziert (Krabbe & Melle, 2021). Die Ergebnisse der Studierenden wurden über ein Online-Tool (Padlet) zusammengetragen, gegenseitig kommentiert und anschließend diskutiert. Ergänzend werden seit dem Wintersemester 2020/21 die Ergebnisse der drei Videoanalysen zu aus der Literatur bekannten Schwierigkeiten zugeordnet. Abschließend werden die Unterrichtsmaterialien auf der Grundlage der identifizierten Schwierigkeiten mit Hilfe digitaler Werkzeuge überarbeitet.

Forschungsfragen
Im Rahmen dieses Projekts sollen u. a. die folgenden Forschungsfragen beantwortet werden:
(1) Wie 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 unter Verwendung digitaler Werkzeuge von den Studierenden eingeschätzt?
(2) Welche (Schüler-)Schwierigkeiten identifizieren die Studierenden mithilfe der Analyse der erstellten Videovignetten?

Evaluation und erste Ergebnisse
Im Anschluss an die drei Termine fand eine Evaluation mittels eines dafür erstellten Online-Fragebogens via LimeSurvey statt. Die Studierenden (N = 13, WiSe 2020/21 und SoSe 2021) konnten online an der Befragung teilnehmen. Diese sollte 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 unter Verwendung digitaler Werkzeuge überwiegend positiv eingeschätzt (6-Stufen-Skala von 1 = negativ bis 6 = positiv).

Die Auswertung des ergänzenden offenen Feedbacks zeigt: a) Die drei Veranstaltungstermine werden als gelungen und lehrreich bezeichnet. Besonders positiv werden der hohe Schulbezug und die aktive Auseinandersetzung mit Schülervorstellungen bemerkt. b) Die Adaption der Unterrichtsmaterialien mit Blick auf die unterschiedlichen Voraussetzungen der Schüler*innen wird als hilfreich für den späteren Beruf bezeichnet. c) Die Arbeit mit den Videovignetten wird als „effektive Art der Konfrontation“ mit Schülerschwierigkeiten bezeichnet sowie als spannender und lehrreicher als die reine Vorstellung der literaturbekannten Schülerschwierigkeiten empfunden. d) Die Überarbeitung der Unterrichtsmaterialien mit Hilfe digitaler Werkzeuge wird als gute Möglichkeit der Übung und Reflexion beschrieben.

In Bezug auf die Arbeit mit den Videovignetten stimmten die Studierenden im Mittel der Aussage zu: Mithilfe der Videoanalyse habe ich mehr Schwierigkeiten der Schüler*innen identifiziert, als ich zuvor antizipiert hatte. Nach eigenen Beobachtungen hat sich insgesamt die zusätzliche Einbindung literaturbekannter (Schüler-)Schwierigkeiten in diesem Kontext bewährt. Die von den Studierenden identifizierten (Schüler-)Schwierigkeiten in Bezug auf die Erstellung der Stoffkreisläufe lassen sich teilweise auf literaturbekannte Schwierigkeiten zurückführen.

Zusammenfassung und Ausblick

Es zeigt sich, dass Studierende die drei Veranstaltungstermine insgesamt sowie deren Teilaspekte positiv einschätzen. Die von den Studierenden identifizierten (Schüler-)Schwierigkeiten in Bezug auf die Erstellung der Stoffkreisläufe lassen sich teilweise auf literaturbekannte Schwierigkeiten in diesem Kontext zurückführen. Nach eigenen Beobachtungen hat sich insgesamt die zusätzliche Einbindung literaturbekannter (Schüler-)Schwierigkeiten bewährt.
Im weiteren Verlauf des Projekts sollen die noch ausstehenden Forschungsfragen beantwortet werden, dazu werden u. a. die Ergebnisse der Videoanalysen inhaltsanalytisch ausgewertet.

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 01JA1930 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen.

Literatur

Barke, H.-D., Harsch, G., Marohn, A., & Krees, S. (Hrsg.) (2015). Chemiedidaktik kompakt - Lernprozesse in Theorie und Praxis. Springer Berlin Heidelberg

Driver, R., Rushworth, P., Squires, A., & Wood-Robinson, V. (Eds.) (2005). Making sense of secondary science: Research into children's ideas. Routledge

Gilbert, J. K., & Treagust, D. F. (2009), Introduction: macro, submicro and symbolic representations and the relationship between them: key models in chemical education, in J. K. Gilbert & D. F. Treagust (Eds.), Multiple Representations in Chemical Education, Dordecht: Springer, 1 - 8

Hillmayr, D., Reinhold, F., Ziernwald, L., & Reiss, K. (2017). Digitale Medien im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht der Sekundarstufe. Einsatzmöglichkeiten, Umsetzung und Wirksamkeit. Münster: Waxmann

Johnstone, A. H. (2000). Teaching of chemistry-logical or psychological?. Chemistry Education Research and Practice, 1(1), 9-15

Krabbe, C., & Melle, I. (2021). Videovignetten zur Professionalisierung angehender Chemielehrkräfte für die Gestaltung adaptiver Lernsituation. In S. Habig (Hrsg.), Naturwissenschaftlicher Unterricht und Lehrerbildung im Umbruch? Tagungsband zur Jahrestagung der Gesellschaft der Didaktik der Chemie und Physik. Essen: Universität Duisburg-Essen, 505-508

Krammer, K., & Reusser, K. (2005). Unterrichtsvideos als Medium der Aus- und Weiterbildung von Lehrpersonen. Beiträge zur Lehrerbildung, 23(1), 35-50

Marohn, A., & Messing, D. (2021). „Was man nicht sieht, das gibt's auch nicht". Gemeinsame „Wurzeln" von Lernhürden im Biologie- und Chemieunterricht. MNU-Journal, 1 (2021), 15-19

Meister, S., Nitz, S., Schwanewedel, J., & Upmeier zu Belzen, A. (2020). Diagnostische Fähigkeiten Lehramtsstudierender – Förderung mit Videovignetten und Anwendung im Lehr-Lern-Labor. In: B. Priemer & J. Roth (Hrsg.), Lehr-Lern-Labore. Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum

Niebert, K. (2010). Den Klimawandel verstehen. Eine didaktische Rekonstruktion der globalen Erwärmung. (1. Auflage). Oldenburg: Didaktisches Zentrum

Thelen, F. (2020). Entwicklung von Unterrichtsvignetten für die Chemielehrerausbildung. Das Thema Stoffkreisläufe in der Sekundarstufe I. Unveröffentlichte Masterarbeit, Technische Universität Dortmund

Vogt, F. & Rogalla, M. (2009). Developing adaptive teaching competency through coaching. Teaching and Teacher Education, 25(8), 1051–1060

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

Kevin Schmitt[1]
Verena Spatz[1]

[1]Technische Universität Darmstadt

Bedeutung fachspezifischen Vorwissens für Physik-Nebenfachstudierende

Motivation

Nach einem zeitweisen Rückgang der Studienabbruchquoten an Hochschulen in Deutschland im Bereich der Mathematik, Natur- und Ingenieurwissenschaften zeigt sich erneut eine steigende Tendenz (Heublein et al., 2020). In Bachelorstudiengängen an Universitäten liegen die Abbruchquoten bei bis zu 41% für den Absolventenjahrgang 2016 (Heublein & Schmelzer, 2018). Die Exmatrikulationsgründe sind unterschiedlicher Natur, wobei inhaltliche Anforderungen als dominantes Motiv für den Studienabbruch genannt werden (Albrecht, 2011). Im Konsens dazu belegen aktuelle Forschungsergebnisse, dass besonders mathematische aber auch physikspezifische (Vor-)Kenntnisse erheblichen Einfluss auf den Studienerfolg bei Studierenden mit dem Fach Physik haben können (Buschhüter et al., 2016; Sorge et al., 2016). Dabei konzentrieren sich die Erhebungen hauptsächlich auf die Untersuchung und die daraus resultierende Förderung mathematikbezogener Vorkenntnisse (Krey, 2012; Müller et al., 2018). Physikspezifische Vorkenntnisse sind nur selten Forschungsgegenstand (Buschhüter et al. 2017). In jüngsten Forschungsarbeiten wird, um die Komplexität des physikalischen Vorwissens ausreichend abzubilden, eine Segmentierung in verschiedene Vorwissensbereiche nach Hailikari (2007) vorgenommen. Für Physikstudierende zeigt sich dabei, dass auch das physikalische Vorwissen, oder genauer genommen das Wissen über physikalische Konzepte (*knowledge of concepts)* und die Anwendung des Wissens im Zusammenhang mit Aufgaben (*application of knowledge)*, als valide Prädiktoren für den Studienerfolg in Physik gelten können (Binder et al., 2019; Binder et al., 2019). Auch in natur- oder ingenieurswissenschaftlichen Studiengängen wird bei Erhebungen zum Studienerfolg vorwiegend der Einfluss des mathematischen Vorwissens oder des Vorwissens im Hauptfach untersucht (bswp. Sorge, Neumann & Petersen, 2016). Für Physik-Nebenfachstudierenden ist als Prädiktor für den Studienerfolg bisher nur das mathematische Vorwissen bekannt und erforscht (bspw. Müller et al., 2016). Eine genauere Betrachtung dieser Studierendengruppe mit dem Nebenfach Physik erscheint daher im Hinblick auf zwei Aspekte sinnvoll. Zum einen müssen gerade in Physik-Nebenfachveranstaltungen häufig hohe Misserfolgsquoten verzeichnet werden. Zum anderen sind Studierende in Physik-Nebenfachveranstaltungen besonders heterogen in ihrer voruniversitären Bildung. Eine geplante Untersuchung soll daher perspektivisch mehr Aufschluss darüber geben, welche Bedeutung physikalisches Vorwissen in natur- und ingenieurswissenschaftlichen Studiengängen für eine erfolgreiche Teilnahme an Physik-Nebenfachveranstaltungen hat.

Forschungsziele

Mit dieser Perspektive, der Messung des Einflusses physikspezifischer Vorkenntnisse auf den Erfolg in Physik-Nebenfachveranstaltungen, muss in einem ersten Schritt zunächst ein geeignetes Messinstrument entwickelt werden, um dann das Vorwissen der Nebenfachstudierenden in diesen Physik-Lehrveranstaltungen valide erheben zu können. Daher ergeben sich für ein aktuelles Projekt die Forschungsziele:

- *Entwicklung eines validen Messinstruments für das physikalische Vorwissen in verschiedenen Wissensbereichen und Inhaltsfeldern von Studierenden mit Physik als Nebenfach*
- *Beschreibung und Vergleich des physikalischen Vorwissens in verschiedenen Wissensbereichen und Inhaltsfeldern von Studierenden mit Physik-Nebenfachveranstaltungen*

Dabei sind mit „Physik-Nebenfachveranstaltungen" im Folgenden konkret solche Lehrveranstaltungen an Hochschulen gemeint, die von Dozierenden des Fachbereichs Physik gehalten werden und Studierende in natur- oder ingenieurswissenschaftlichen Studiengängen adressieren.

Entwicklung des Messinstruments

Das physikalische Vorwissen wird auf theoretischer Grundlage nach Hailikari (2007) gemessen. In diesem Strukturmodell wird Vorwissen in vier Wissensbereiche aufgeteilt, deren kognitiver Anspruchsgrad sich vom ersten zum letzten Bereich aufbaut. Die Aufteilung in die Wissensbereiche erfolgt in: Faktenwissen *(knowledge of facts)*, Konzeptwissen *(knowledge of meaning)*, vernetztes Wissen *(integration of knowledge)* und Anwendungswissen *(application of knowledge)*. Bei der Entwicklung des Messinstruments wird sich grundsätzlich an dem Vorwissenstest für Physikstudierende von Binder et al. (2019) orientiert. Die bisherigen Forschungsergebnisse zeigen, dass das physikspezifische Konzept- und Anwendungswissen von Physikstudierenden valide Prädiktoren für ihren Studienerfolg sind. Bei der Entwicklung des Messinstruments für Nebenfachstudierende werden daher diese beiden Vorwissensbereiche und das Faktenwissen mit einbezogen. Letzteres soll in dieser Stichprobe ergänzend erhoben werden, da der Test ein großes Spektrum an Aufgabenschwierigkeiten insbesondere im unteren und mittleren Anforderungsniveau abdecken soll und das Faktenwissen entsprechend dem Modell hier anzusiedeln ist. Ein Grund dafür ist, dass bei der Zielgruppe der Physik-Nebenfachstudierenden eine große Heterogenität im physikalischen Vorwissen und im Mittel geringere Kenntnisse als bei Physik-Hauptfachstudierenden zu erwarten sind. Des Weiteren sollen sich im Test die, im Vergleich zu Physik-Hauptfachveranstaltungen, niedrigeren Anforderungen in den Nebenfachveranstaltungen widerspiegeln.

Im Unterschied zu Binder et al. (2019) werden nicht nur die Inhaltsfelder Mechanik und Elektrizitätslehre abgedeckt, sondern auch das Inhaltsfeld Optik. Die Auswahl der Themen zu den Inhaltsfeldern ist an den prozentualen Anteilen der verschiedenen physikalischen Inhalte der Physik-Nebenfachveranstaltungen an der TU Darmstadt und geringfügig am Kerncurriculum Hessen (Hessisches Kultusministerium, 2016) orientiert. Bereits vorhandene Items zur Mechanik und Elektrizitätslehre in den Bereichen Konzeptwissen und Anwendungswissen werden aus dem physikalischen Vorwissenstest von Binder et al. (2019) vollständig bzw. leicht auf das Anforderungsniveau der Zielgruppe angepasst übernommen. Ein Teil der Items aus dem Bereich Faktenwissen setzt sich zusammen aus einer Auswahl passender Fragen aus Testinstrumenten des *ALSTER*-Projekts von Müller et al. (2017) und Riese et al. (2015). Zusätzlich werden in allen Vorwissensbereichen zum Inhaltsfeld Optik und zu ausgewählten Themen aus den Inhaltsfeldern Mechanik und Elektrizitätslehre, die durch bereits bestehende Items nicht abgedeckt werden können, selbsterstellte Items ergänzt. Die Bewertungsrichtlinien für die Items werden durch ein Kodiermanual festgelegt. Items zum Faktenwissen bestehen dabei aus Single-Choice Fragen, die dichotom bewertet werden. Das Konzeptwissen wird als offenes Frageformat polytom nach geeigneten Kernaspekten zu den

jeweiligen Konzepten bewertet. Bei den Items zum Anwendungswissen handelt es sich um Sortieraufgaben (Klappauf & Friege, 2016). Diese werden von den Studierenden durch die Sortierung von Physikaufgaben nach Lösungsansätzen gelöst. Die Bewertung erfolgt durch den Vergleich mit einer Musterlösung, welche durch die Sortierung der Aufgaben von Expert:innen validiert wurde. Insgesamt wird die Validität des Testinstruments in zwei Pilotierungsschleifen überprüft.

Studiendesign

Das physikalische Vorwissen wird als Querschnittsstudie in allen angebotenen Physik-Nebenfachveranstaltungen der TU Darmstadt einmalig in den ersten beiden Vorlesungswochen über den entwickelten Vorwissenstest erhoben. Zur Stichprobe gehören die Veranstaltungen Physik für Chemiestudierende, Biologiestudierende, Maschinenbaustudierende, Elektrotechnikstudierende und Umwelt- und Bauingenieurwesen. Ein kleinerer Teil der Stichprobe setzt sich zusammen aus Studierenden des gymnasialen und beruflichen Lehramts sowie der Medizintechnik, der angewandten Mechanik, der Geowissenschaften, der Materialwissenschaften und des Biomolecular Engineering, die ebenfalls die Lehrveranstaltungen besuchen. Auf Grund der unterschiedlichen Angebotszeiträume der Veranstaltungen im Winter- bzw. Sommersemester wird für die Erhebung eines vollständigen Datensatzes insgesamt ein Jahr benötigt. Es wird erwartet, dass pro Veranstaltungszyklus insgesamt ca. 1000 Studierende an den Veranstaltungen teilnehmen. Die beiden Pilotierungsschleifen des Vorwissenstests finden im Zeitraum des Wintersemesters 2021/2022 bzw. des Sommersemesters 2022 statt. Nach der Überarbeitung des Messinstruments findet die Hauptstudie im Wintersemester 2022/2023 und im Sommersemester 2023 statt.

Eingesetzt wird der Vorwissenstest rein digital im Rahmen der ersten Hausübungen, die begleitend zu den Vorlesungen angeboten werden. Der Arbeitsaufwand für die Studierenden beträgt maximal 60 Minuten. Durch die Teilnahme an dem Test erhalten die Studierenden Übungspunkte für einen Klausurbonus am Ende des Semesters. Die Ergebnisse des Tests werden allerdings personenunabhängig ausgewertet, so dass diese keinen Einfluss auf die Bewertung der Leistung von Studierenden in den Lehrveranstaltungen haben.

Das Vorwissen der Studierenden wird auf Grundlage der Item-Response-Theory eingestuft (Moosbrugger & Kelava, 2020). Anhand der Daten aus dem Vorwissenstests wird auf das physikalische Vorwissen und die damit zusammenhängende Lösungswahrscheinlichkeit für die einzelnen Test-Items rückgeschlossen.

Ausblick

Aus der Auswertung sollen sich Informationen zu den Eingangsvoraussetzungen der Studierenden aufzeigen um diese studiengangspezifisch zu charakterisieren. Für Dozierende kann dies die Möglichkeit bieten, die Anforderungen in den Lehrveranstaltungen auf das vorhandene Wissen der Studierenden anzugleichen und bestimmte Inhalte zu akzentuieren. Außerdem können aus den Ergebnissen wichtige Erkenntnisse für weitere Unterstützungsmaßnahmen von Studierenden in Physik-Nebenfachveranstaltungen generiert werden. Diese können dabei helfen den Lernprozess, das Veranstaltungsdesign oder die Wissensvermittlung zu verbessern.

Anschließend an die bestehende Forschung von Binder et al. (2020) bezüglich physikspezifischer Vorwissensbereiche als Prädiktoren für den (Studien-)Erfolg, soll überprüft werden, ob die Ergebnisse auch in Physik-Nebenfachveranstaltungen bestätigt werden können.

Literatur

Albrecht, A. (2011): Längsschnittstudie zur Identifikation von Risikofaktoren für einen erfolgreichen Studieneinstieg in das Fach Physik. Freie Universität Berlin, Fachbereich Physik

Binder, T. Sandmann, A., Sures, B., Friege, G., Theyssen, H. & Schmiemann, P. (2019): Assessing prior knowledge types as predictors of academic achievement in the introductory phase of biology and physics study programmes using logistic regression. International Journal of STEM Education, https://doi.org/10.1186/s40594-019-0189-9

Binder, T., Schmiemann, P. & Theyssen, H. (2019): Knowledge Acquisition of Biology and Physics University Students – the Role of Prior Knowledge. Education sciences 2019, 9, 281, doi:10.3390/educsci9040281

Buschhüter, D., Spoden, C. & Borowski, A. (2016): Prognose von Studienerfolg zu Beginn des Physikstudiums. In: Maurer, C. (Hrsg.) (2016): Authentizität und Lernen – das Fach in der Fachdidaktik. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung Berlin 2015, *83-85*

Buschhüter, D., Spoden, C. & Borowski, A. (2017): Studienerfolg im Physikstudium: Inkrementelle Validität physikalischen Fachwissens und physikalischer Kompetenz. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 23, *127-141*(2017), doi: 10.1007/s40573-017-0062-7

Hailikari, T., Nevgi, A. & Lindblom-Ylänne, S. (2007): Exploring alternative ways of assessing prior knowledge, its components and their relation to student achievement: a mathematics based case study. Studies in Educational Evaluation 33 (2007), veröffentlicht von Elsevier Ltd., *320-337*

Heublein, U., Richter, J. & Schmelzer, R. (2020): Die Entwicklung der Studienabbruchquoten in Deutschland. DZWH Brief 03/2020, Deutsches Zentrum für Hochschul- und Wissenschaftsforschung GmbH (DZWH)

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

Klappauf, I. & Friege, G. (2016): „Denken Sie wirklich ich könnte logisch denken?“ – wie Lernende mathematische und physikalische Darstellungsformen sortieren. In: PhyDid B – Didaktik der Physik – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung Hannover 2016

Moosbrugger, H. & Kelava, A. (Hrsg.) (2020): Testtheorie und Fragebogenkonstruktion. 3. Auflage, Springer Verlag, Berlin

Müller, J., Dammann, E., Fischer, H. E., Lang, M., Borowski, A., Lorke, A. & Menkenhagen, J. (2016): Physikalisch-mathematische Modellierung in der Physik und im Bauingenieurwesen als Prädiktor für Studienerfolg. In: Maurer, C. (Hrsg.) (2016): Authentizität und Lernen – das Fach in der Fachdidaktik. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung Berlin 2015, 3*89-391*

Müller, J., Fischer, H. E., Borowski, A. & Lorke, A. (2017): Physikalisch-Mathematische Modellierung und Studienerfolg. In: Maurer, C. (Hrsg.): Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung Regensburg 2016, *75-78*

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, *183-199* (2018), https://doi.org/10.1007/s40573-018-0082-y

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. Kompetenzen von Studierenden: 61. Beiheft der Zeitschrift für Pädagogik, (61), *55-79*

Sorge, S., Neumann, K. & Petersen, S. (2016): Die Bedeutung kognitiver Voraussetzungen für den Studienerfolg. In: Maurer, C. (Hrsg.): Authentizität und Lernen – das Fach in der Fachdidaktik. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung Berlin 2015, *524-526*

Julian Küsel[1]
Silvija Markic[1]

[1]Pädagogische Hochschule Ludwigsburg

Beliefs von NW Lehramtsstudierenden zu digitalen Lerntechnologien

Hintergrund

Schon vor der COVID-19-Pandemie wurden in der deutschen Bildungslandschaft digitale Technologien in der Lehre eingesetzt. Durch die Pandemie verstärkte sich diese Entwicklung enorm und das Sommersemester 2020 war in Deutschland an vielen Universitäten das erste Online-Semester. Diese Umstellung war eine Herausforderung, da vor der COVID-19-Pandemie die Digitalisierung der Hochschulen in Deutschland nur unzureichend und punktuell umgesetzt wurde (Dittler & Kreidl, 2018). Solche Veränderungen in der Bildung und die damit verbundene Einführung neuer Medien und Methoden können nur gelingen, wenn die *beliefs* und das Wissen der Studierenden und Lehrenden in diesem Prozess ernst genommen werden (Czerniak & Lumpe, 1996). *Beliefs* sind der beste Indikator dafür, warum eine Person sich auf eine bestimmte Weise verhält, handelt und Entscheidungen trifft (Bandura, 1986). Im Bildungsbereich beeinflussen die *beliefs* von Schüler*innen und Lehrer*innen jeweils die Lehr- und Lernstrategien (Markic & Eilks, 2012). Daher ist es ertragreich, die *beliefs* der Studierenden in Bezug auf digitale Technologien in der Hochschulbildung zu untersuchen, um digitales Lehren und Lernen möglichst erfolgreich in der tertiären Bildung zu implementieren. Besonders interessant ist die Erforschung der *beliefs* von angehenden Lehrer*innen, die in ihren zukünftigen Klassen Unterricht mit digitalen Technologien ermöglichen sollen (KMK, 2017).

Forschungsfragen

In dieser Studie werden *beliefs* von angehenden Lehrpersonen der Naturwissenschaften in Bezug auf digitale Lerntechnologien bewertet. Bei der Bewertung wird zwischen dem Lernen während des Studiums (I. a) und dem zukünftigen Unterrichten (I. b) unterschieden. Aufgrund der COVID-19-Pandemie mussten Studierende im Sommersemester 2020 intensiver und exklusiver mit digitalen Technologien arbeiten. Mögliche Unterschiede in den *beliefs* der Lehramtsstudierenden vor und im digitalen Semester werden evaluiert (II.) Zusammenfassend werden zwei Hauptforschungsfragen gestellt:

I. Wie bewerten Lehramtsstudierende der Naturwissenschaften digitale Lerntechnologien in Bezug auf das (a) eigene Lernen und (b) zukünftige Unterrichten?
II. Gibt es Unterschiede in den *beliefs* der Lehramtstudierenden im digitalen Sommersemester 2020 und dem Semester vor COVID-19 (Wintersemester 19/20)? Falls ja, wie sind diese Unterschiede charakterisiert?

Methode und Stichprobe

Zur Beantwortung der Forschungsfragen wurde der quantitative *Digital Technologies Survey* von Martin et al. (2020) adaptiert. Bei der Adaption wurde analog zu Martin et al. (2020) auf dem bestehenden *Readiness Framework* (Rollnick et al., 2010) aufgebaut. Dieses *beliefs*-Framework besteht aus drei Komponenten: die selbst-eingeschätzte Wichtigkeit, Unterstützung und Kompetenz im Umgang mit digitalen Medien. Dies wurde auf das eigene Lernen wie das zukünftige Unterrichten abgefragt. Diese *beliefs* werden als wesentlich für die

zukünftige Nutzung von digitalen Technologien durch Lehrpersonen im Unterricht angesehen. In der Studie wird deshalb zwischen dem Lernen von Lehramtsstudierenden der Naturwissenschaften in ihrem Studium und dem zukünftigen Unterrichten mit digitalen Technologien unterschieden. Wie im ursprünglichen Fragebogen wird für die 86 Items eine 4-stufige Likert-Skala verwendet.
Insgesamt nutzten 146 Lehramtsstudierende des naturwissenschaftlichen Sachunterricht den quantitativen Fragebogen. Sie waren zwischen 19 und 53 Jahre alt (M = 23,06). 84,9 % waren weiblich, was typisch für den Studiengang des Grundschullehramts in Deutschland ist. Für Forschungsfrage II. werden zwei Gruppen unterschieden: (i) 70 Lehramtsstudierende der Naturwissenschaften aus dem Wintersemester 2019/2020 vor der COVID-19-Pandemie (Pre-Semester) und (ii) 76 Lehramtsstudierende der Naturwissenschaften aus dem digitalen Sommersemester 2020 während der COVID-19-Pandemie. Die Daten der Demografie zeigen, dass die zweite Gruppe deutlich mehr Online-Kurse besucht hat.

Ergebnisse

I. Wie bewerten Lehramtsstudierende der Naturwissenschaften digitale Lerntechnologien?

Insgesamt bewerten die Teilnehmenden digitale Technologien für ihr Lernen und ihr zukünftiges Unterrichten als wenig bis mittelmäßig wichtig (M_{Lernen} = 2,49; $M_{Unterrichten}$ = 2,65, Likert 1-4) und wenig bis mittelmäßig unterstützend (M_{Lernen} = 2,32; $M_{Unterrichten}$ = 2,63). Die Lehramtsstudierenden schätzen die digitale Technologie für ihren zukünftigen Unterricht etwas wichtiger und unterstützender ein als für ihr Lernen ($\Delta M_{Wichtigkeit}$ = 0,16; $\Delta M_{Unterstützung}$ = 0,31). Einige einzelne digitale Technologien (wie Lern-Management-Systeme oder Online-Meeting-Tools) werden als wichtiger und unterstützender für das eigene Lernen bewertet. Im Gegensatz dazu werden die übrigen genannten Technologien (wie z.B. ein interaktives Whiteboard, Tools für die Zusammenarbeit oder digitale Spiele) von allen Teilnehmenden als wichtiger und unterstützender für den eigenen zukünftigen Unterricht eingestuft. In der Kategorie der selbst eingeschätzten Kompetenz der Lehramtsstudierenden, digitale Technologien für ihr Lernen und ihren zukünftigen Unterricht nutzen zu können, schätzen sich die Studierenden als wenig bis mäßig kompetent ein (M_{Lernen} = 2,45; $M_{Unterrichten}$ = 2,51).

II. Unterschiede in der Bewertung vor und im Online-Semester

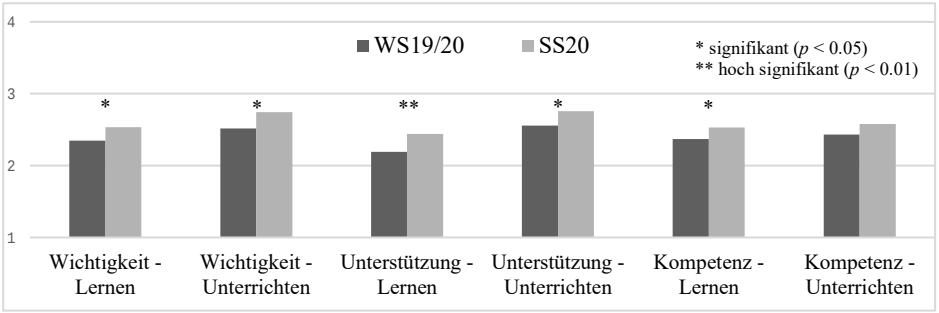


Abb.1 – Unterschied in der Bewertung vor und im Online-Semester.

Die Lehramtsstudierenden des digitalen Sommersemesters 2020 bewerten insgesamt die genannten digitalen Technologien in Bezug auf Wichtigkeit, Unterstützung und ihre selbst-

eingeschätzte Kompetenz im Lernen und zukünftigen Unterrichten höher als die Studierenden im Pre-Semester (WS 19/20). Dieser Unterschied ist signifikant, außer für die selbst-eingeschätzte Kompetenz im Unterrichten mit digitalen Technologien. Diese Unterschiedlichkeit der *beliefs* lässt sich jedoch nicht grundsätzlich auf alle Lerntechnologien beziehen, da besonders einzelne digitale Technologien von Studierenden des Online-Semesters als deutlich wichtiger und unterstützender eingeschätzt wurden. Interaktive Whiteboards ($\Delta M_{Wichtigkeit} = 0.42$, $p = .008$, $d = 0.44$; $\Delta M_{Unterstützung} = 0.41$, $p = .008$; $d = 0.259$ und Online-Meeting-Tools ($\Delta M_{Wichtigkeit} = 1.85$, $p < .001$, $d = 1.56$; $\Delta M_{Unterstützung} = 2{,}09$, $p < .001$, $d = 1.01$) waren für die angehenden Lehrkräfte des digitalen Semesters signifikant wichtiger und unterstützender für ihr Lernen. Online-Meeting-Tools ($\Delta M_{Wichtigkeit} = 1.02$, $p < .001$, $d = 0.95$; $\Delta M_{Unterstützung} = 1.24$, $p < .001$, $d = 1.12$) und Lern-Management-Systeme ($\Delta M_{Wichtigkeit} = 0.46$, $p = .008$, $d = 0.44$; $\Delta M_{Unterrichten} = 0.49$, $p = .003$, $d = 0.49$) sind für die Studierenden des Online-Semesters auch im Unterrichten signifikant wichtiger und unterstützender. Hinsichtlich der selbst eingeschätzten Kompetenz, mit digitalen Technologien zu lernen und zu unterrichten, bewerten die Teilnehmenden aus dem digitalen Semester die Technologien ähnlich wie die Teilnehmenden aus dem Pre-Semester (WS 19/20). Ein hochsignifikanter Unterschied ist aber auch hier der Einsatz von Online-Meeting-Tools im Lernen ($\Delta M_{Kompetenz} = 1.62$, $p < .001$, $d = 1.34$) und Unterrichten ($\Delta M_{Kompetenz} = 1.42$, $p < .001$, $d = 1.37$).

Diskussion

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass *beliefs* der Lehramtsstudierenden des naturwissenschaftlichen Sachunterrichts in Bezug auf digitale Technologien beim Lernen und Lehren auf einem durchschnittlichen Niveau liegen. Nur wenige der verschiedenen digitalen Technologien wurden auf einem hohen Niveau bewertet. Die geringfügigen Unterschiede zwischen der Bewertung des Lernens und des zukünftigen Unterrichtens lassen sich durch den Mangel an digitaler Technologie in der Hochschulbildung erklären. Wenn sie von Hochschullehrenden nicht genutzt wird, scheint diese Technologie für Lehramtsstudierenden nicht wichtig oder unterstützend zu sein. Trotzdem können sich die Studierenden auf einem minimalen Niveau vorstellen, dass einige Technologien für ihren zukünftigen Unterricht wichtig oder unterstützend sein könnten. Es stellt sich jedoch die Frage, inwieweit zukünftig erfolgreicher Unterricht und die eigene Arbeitsorganisation mit digitalen Technologien möglich ist, wenn die *beliefs* bzgl. des eigenen Lernens mit diesen bei angehenden Lehrer*innen nicht sehr hoch ausgeprägt sind.

Selbst im digitalen Semester liegt die Bewertung der digitalen Technologien auf einem durchschnittlichen Niveau und es gibt nur einen geringen Unterschied in den *beliefs* bezüglich der Gruppe des Pre-Semesters (WS 19/20). Dies ist überraschend, da die Studierenden im Online-Semester abhängig von diesen Technologien waren. Es werden nur die Technologien, die von den Lehramtsstudierenden während des digitalen Semesters intensiv genutzt wurden, wie Lern-Managements-Systeme und Online-Meeting-Tools, deutlich höher bewertet. Diese höhere Bewertung der Studierenden des Online-Semesters bezieht sich also selektiv auf einzelne Technologien. Es scheint für die Lehrer*innenausbildung deshalb unzureichend, nur exemplarische digitale Technologien zu lehren und zu erwarten, dass (angehende) Lehrer*innen die gewonnenen Erfahrungen auf andere Unterrichtsaspekte mit digitaler Technologie übertragen können. Ein systematischer Ansatz der Ausbildung scheint nach diesen Ergebnissen zielführender zu sein.

Literatur

Bandura, A. (1986). Social Foundation of Thought and Action: A Social Cognitive Theory. Englewood: Prentice-Hall.

Czerniak, C.M., & Lumpe, A.T. (1996). Relationship between teacher beliefs and science education reform. Journal of Science Teacher Education, 7, 247–266. https://doi.org/10.1007/BF00058659

Dittler, U., & Kreidl, C. (Eds.) (2018). Hochschule der Zukunft. Beiträge zur zukunftsorientierten Gestaltung von Hochschulen. Wiesbaden: Springer Fachmedien.

Kultusministerkonferenz (KMK) (2017). Bildung in der Digitalen Welt. Strategie der Kultusministerkonferenz Bildung in der Digitalen Welt; Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland: Berlin.

Markic, S., & Eilks, I. (2012). A comparison of student teachers' beliefs from four different science teaching domains using a mixed-methods design. International Journal of Science Education, 34, 589–608. https://doi.org/10.1080/09500693.2011.608092

Martin, F., Polly, D., Shanna, C., Wang, C. (2020). Examining Higher Education Faculty Use of Current Digital Technologies: Importance, Competence, and Motivation. International Journal of Teaching and Learning in Higher Education, 32, 73–86.

Rollnick, S., Mason, P., & Butler, C. C. (2010). Health behavior change e-book. Edinburgh: Elsevier Health Sciences.

Ute Brinkmann[1]
Felix Pruscha[1]
Ulla Stubbe[1]
Markus Prechtl[1]

[1]Technische Universität Darmstadt

Berufsorientierung auf den Punkt gebracht – Chemikant*innen im Fokus

Unsicherheiten bei beratenden Personen in der Berufsorientierung kommen vor allem dann zustande, wenn Teilnehmer*innen spezifische Informationen zu Berufsfeldern einfordern, in denen die Berater*innen selbst nicht tätig sind. Der Beitrag fokussiert diese Herausforderung am Beispiel von DiSenSu-Coachinnen und ausgewählten Befunden einer Interviewstudie mit Chemikant*innen (vgl. Pruscha, 2021). DiSenSu (www.disensu.de; Markic, Prechtl, Hönig, Küsel, Rüschenpöhler & Stubbe, 2018) zielte auf Adoleszentinnen mit Migrationshintergrund ab. In einstündigen Einzelcoachings wurden Teilnehmerinnen sich ihrer Potenziale bewusst und erhielten einen Überblick über Chemie-Berufe sowie Einblicke in den Arbeitsalltag einer Chemikerin an konkreten Beispielen. Dabei wurde ein im Projekt entwickeltes digitales Tool mit mehreren Übungen eingesetzt, ein Sachcomic mit Role Models ausgegeben und ein leitfadengestütztes Beratungsgespräch mit Besprechung der Übungen und Berufsorientierung durchgeführt. Der Beitrag informiert über drei zusätzliche Begleiterhebungen zu DiSenSu.

Methodik
In Fragebogen-Evaluationen mit offenem Antwortformat wurden erstens Feedbacks von sieben Teilnehmerinnen einer internationalen Schule und zweitens Erfahrungen von sechs DiSenSu-Coachinnen ermittelt. Die DiSenSu-Coachinnen hatten jeweils 17 bis 94 Coachings durchgeführt. Drittens wurden leitfadengestützte Interviews mit Chemikant*innen (N=10) aus der großtechnisch-chemischen Produktion, in unterschiedlichen Phasen ihres Berufslebens, zu ihrem Berufsalltag und zu Gründen für den geringen Frauenanteil in der Berufssparte befragt.

Ergebnisse
Die Fragebogen-Evaluation mit sieben Teilnehmerinnen bekräftigt die im Verlauf von 297 durchgeführten Coachings gesammelten informellen Feedbacks. Die Teilnehmerinnen fühlten sich positiv bestärkt, einen naturwissenschaftlichen Beruf in Erwägung zu ziehen und fanden es hilfreich, detaillierte Informationen zu verschiedenen Berufen zu erhalten, wie folgende exemplarische Aussagen (übersetzt aus dem Englischen) zeigen:

- *„Es hat mir Spaß gemacht, meine eigenen Fähigkeiten einzuschätzen. Auch der praktische Teil hat mir sehr gut gefallen und ich war von meinen Ergebnissen positiv überrascht. Auch konnten alle meine Fragen im Nachhinein beantwortet werden.“*
- *„Das Coaching war wirklich hilfreich. Ich habe herausgefunden, dass ich wirklich gut im 3D-Denken bin. Ich habe auch herausgefunden, dass ich beim Messen und bei der Verwendung von Geräten im Labor sehr genau sein kann. Ich habe auch eine Menge über verschiedene Berufe in der wissenschaftlichen Industrie gelernt.“*
- *„Mir gefiel die Art und Weise, wie wir die Tests gemacht haben – ohne Zeitdruck und ohne Stress. Ich fand die Informationen sehr hilfreich und sie haben mir geholfen, Ideen zu bekommen, was ich in Zukunft machen möchte.“*

Die sechs befragten DiSenSu-Coachinnen gaben an, dass die Teilnehmerinnen Interesse an medizinischen Berufen, wie Ärztin oder Arzthelferin, oder an Berufen aus Bereichen mit der Überschneidung Chemie/Biologie/Medizin zeigten. Deshalb wurde viel über technische Assistent*innen (CTA, BTA, PTA) kommuniziert. Weiterhin empfanden sie, dass detaillierte Beschreibungen eines Berufs im lokalen Umfeld der Teilnehmerinnen, die Teilnehmerinnen besonders ansprachen und interessierten, was sich unter anderem an Coachings in Olpe

(NRW), mit Fokus auf Bierbrauerinnen, zeigte. Der Beruf Chemielaborant*in wurde als gutes Beispiel für die Vielfalt der Einsatzmöglichkeiten im naturwissenschaftlichen Bereich angeführt, da das Tätigkeitsprofil, je nach Branchenzweig, sehr unterschiedlich sein kann. Exemplarisch werden Äußerungen der Coachinnen aufgeführt:

- *„Ich habe auch fast immer die Chemielaborantin vorgestellt, da viele Aspekte… in anderen verwandten Berufen auftauchen – auch hier hat man durch die Wahl der Firma vielfältige Einsatzmöglichkeiten (Grundchemikalien,… Medizin, Kosmetik, Lebensmittel etc.).“*
- *„Oft habe ich die CTA vorgestellt, da sie ein typischer Beruf ist und gerade den Mädchen, die nicht wissen, ob sie noch studieren wollen, durch den gleichzeitigen Erwerb des Abiturs, alle Möglichkeiten offenhält.“*
- *„Wichtig war, ihre Wünsche [die der Teilnehmerin] zu nehmen und ihnen die Möglichkeiten der Umsetzungen in den NaWi-Bereichen zu zeigen.“*

Vorwissen und Wünsche der Teilnehmerinnen boten Gesprächsanlässe. Auf dieser Grundlage wurden passende Berufsbilder ausgelotet. Weitere Ausdifferenzierungen unterstützten die Teilnehmerinnen darin, sich selbst in diesem Beruf vorstellen zu können. Für diese intensive Berufsorientierung ist ein fundiertes Wissen über Berufe notwendig. Interviews mit zehn Chemikant*innen lieferten Expert*innenwissen zu Tätigkeiten in großtechnisch-chemischer Produktion; typische Tätigkeiten der Chemikant*innen werden in Abb. 1 aufgeführt.

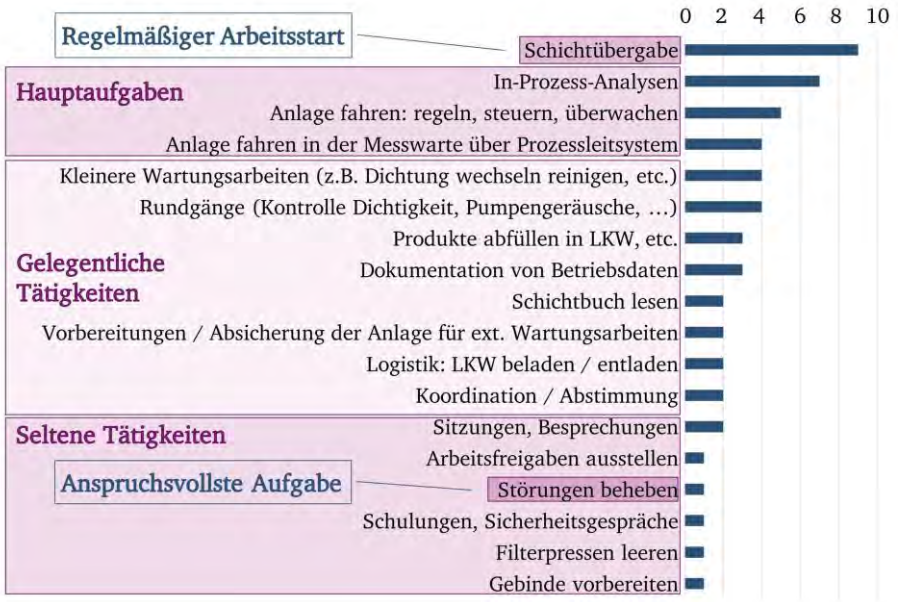


*Abb. 1. Angaben der Chemikant*innen zu typischen Tätigkeiten am Tag (absolute Werte)*

Die Chemikant*innen gaben an, dass sie in der Regel in der Messwarte, in der Anlage vor Ort, im Labor oder in der Abfüllung arbeiteten. Der Beruf wurde von acht der zehn Befragten für abwechslungsreich gehalten. Sie sprachen von mehreren Berufen in einem. Die Schichtarbeit wurde als besonders wichtiger Faktor bei der Vorstellung des Berufes erachtet, mit dem sich Berufsanfänger*innen auseinandersetzen sollten. Sie wurde einstimmig positiv gesehen, da sie ein hohes Einkommen und Freizeit zu unterschiedlichen Zeiten ermögliche. Die Interviews fokussierten auch den geringen Frauenanteil im Berufsfeld. Dieser ist Fakt. Der Datenreport des Bundesinstituts für Berufsbildung (2021) belegt, dass im Jahr 2020 nur 13.7 % neue Ausbildungsverträge zur/zum Chemikant*in von Frauen abgeschlossen wurden. Im Vergleich

dazu waren es 52.2 % bei Chemielaborant*innen. Interpretationen zu Geschlechterdifferenzen in einer Fachdomäne bei unterschiedlichem Berufstyp, wie zum Beispiel Chemikant*in versus Chemielaborant*in, liefern komparative Betrachtungen, wie sie im Projekt FeMINT, mit Fokus auf Einflussfaktoren auf Berufswahlen von Frauen, angestellt werden (vgl. Krämer et al., 2021). Auf die Ursachen des geringen Frauenanteils in ihrer Berufssparte angesprochen, beschrieben die Interviewten, in der eigenen Befragung, ihr Berufsbild als „männlich“ (u.a. körperliche Tätigkeiten, Schutzausrüstung, Schichtarbeit). Kernaussagen sind in Tab. 1 dargestellt. Die Interviewten gingen aber davon aus, dass der Beruf an Attraktivität für Frauen gewinnen könne, da sich das Tätigkeitsprofil durch Automatisierung verändere. Folglich sollte die Anzahl weiblicher Role Models steigen.

Beispiele von Kernaussagen	Häufigkeit
Hier im Betrieb arbeitet keine einzige Frau als Chemikantin.	6
Hier im Betrieb arbeitet nur ein kleiner Prozentsatz an Chemikantinnen.	4
Frauen könnten den Beruf genauso gut ausüben wie ein Mann.	6
Ein prinzipielles Verbot für Frauen in einem Betrieb zu arbeiten, gibt es nicht. Es kann lediglich sein, dass während der Schwangerschaft ein Schonarbeitsplatz eingerichtet werden muss, damit die Schwangere nicht in Kontakt mit Gefahrstoffen kommen kann.	3
Der Beruf wird nicht genug bekannt gemacht. Berufsberatung sollte verbessert werden.	3
Frauen auf der Schicht verbessern spürbar das Betriebsklima und können eine Bereicherung sein.	2

Tab. 1. Kernaussagen aus den Interviews zu Frauen als Chemikantinnen

Fazit

Die Ergebnisse bieten Hinweise für die außerschulische Berufsorientierung, zu der DiSenSu zählt, und sind ferner für den schulischen Bereich relevant. Berufsorientierungscoach*innen sollten detaillierte Informationen aus erster Hand, von Expert*innen, über Berufe nutzen, um weibliche Role Models adäquat vorstellen zu können. Für Frauen ist es in besonderer Weise wichtig und notwendig, weibliche Role Models in Branchen, in denen der Frauenanteil gering ist, präsentiert zu bekommen (vgl. Lockwood, 2006). Authentische Repräsentationen von Role Models helfen ihnen, sich Studiengängen und Berufen in Naturwissenschaften zuzuwenden. Berufe wie Chemikant*in, die dem technischen Bereich zuzuordnen sind und einen geringen Frauenanteil aufweisen, bedürfen intensiver gendersensibler Coachings.

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

Bundesinstitut für Berufsbildung (Hrsg.) (2021). Datenreport zum Berufsbildungsbericht 2021. Informationen und Analysen zur Entwicklung der beruflichen Bildung. Bonn.

Krämer, H., Schad-Dankwart, I., Conein, S. & Azeez, U. (2021). Frauen wählen MINT: Einflussfaktoren bei der Berufswahl und der Entscheidung für eine Aufstiegsfortbildung (FeMINT): Forschungsprojekt: Zwischenbericht. Bonn: Bundesinstitut für Berufsbildung.

Lockwood, P. (2006). „Someone like me can be successful": Do college students need same-gender role models? Psychology of Women Quarterly, 30(1), 36–46.

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 et al. (Eds.), Building bridges across disciplines (215–218). Aachen: Shaker.

Pruscha, F. (2021). Chemikant*innen in der großtechnisch-chemischen Produktion – eine Erhebung zum Berufsbild und didaktische Implikation für die Berufsorientierung. Unveröffentlichte Interviews, TUDa.

Frauke Brockhage[1]
Marco Beeken[1]

[1]Universität Osnabrück

Citizen Science & Schule – Wirkungen eines Forschungsprojektes zum Thema Gewässerschutz

Ausgangslage aus Sicht der Politik, Landwirtschaft und Wissenschaft

Die Stickstoffproblematik nimmt, insbesondere hinsichtlich der Nitratbelastung, einen großen Stellenwert in gesellschaftlichen und politischen Diskussionen ein. Wissenschaftliche Forschungsergebnisse stützen die Relevanz der Thematik sowie insbesondere der Entwicklung von Lösungsansätzen, um dem Überschuss an reaktiven Stickstoffverbindungen wie Nitrat, Ammonium oder Stickoxiden entgegenzuwirken. So verdeutlichen die planetaren Belastungsgrenzen der Erde, dass ein sicherer Handlungsraum in Bezug auf den Stickstoffkreislauf bereits verlassen wurde und durch anthropogene Einflüsse ein hohes Risiko gravierender Folgen besteht (vgl. Abb. 1, links) (Steffen et al., 2015). Insbesondere im Nordwesten Deutschlands werden Grenz- und Zielwerte in Oberflächengewässern und im Grundwasser vielerorts überschritten (vgl. Abb. 1, rechts) (NLWKN, 2020a; 2020b). Es resultieren Gesundheitsrisiken für den Menschen und negative Einflüsse auf das Ökosystem.

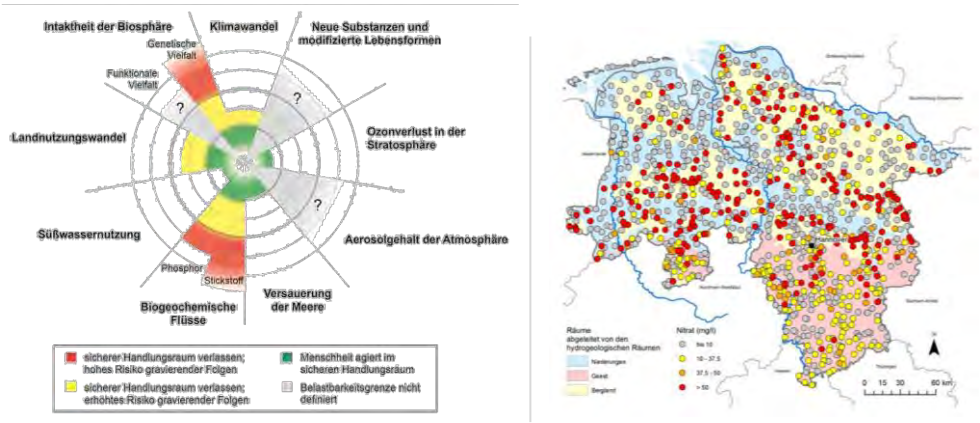


Abb. 1: Links: planetare Belastungsgrenzen der Erde (Steffen et al., 2015, übersetzt)
Rechts: Nitratbelastung des Grundwassers in Niedersachsen (NLWKN, 2020)

Ausgangslage aus Sicht der Gesellschaft und Schule

Das Interesse an diesen und anderen Themen der Nachhaltigkeit ist auch in der Bevölkerung groß. Die Verantwortung wird dabei nicht ausschließlich den entsprechenden wirtschaftlichen Bereichen zugeschrieben. Vielmehr ist in Sachen Klima- und Naturschutz „ein starker Ruf nach geteilter Verantwortung“ (BMUB & UBA, 2019) vorhanden. Schüler:innen zeigen ebenfalls durch Initiativen wie Fridays for Future ihre Bereitschaft, sich für eine nachhaltige Entwicklung einzusetzen. Gleichzeitig würden 49 % der Gesellschaft „gerne einmal an einem wissenschaftlichen Forschungsprojekt mitforschen“ (Wissenschaft im Dialog/Kantar Emnid, 2019). Dieses Potential wurde von den Universitäten Osnabrück und Oldenburg genutzt, um ein Citizen Science Projekt zum Gewässerschutz im Weser-Ems-Gebiet mit interessierten Bürger:innen und Schüler:innen zu initiieren (Brockhage et al., 2021).

Citizen Science und Nitrat – Gemeinsam zum Schutz der Gewässer forschen

In dem Projekt „Schüler und Bürger forschen zusammen mit Wissenschaftlern zum Thema Stickstoffbelastung von Gewässern“ wird gemeinsam mit interessierten Bürger:innen und Schüler:innen ein Nitrat-Monitoring von rund 600 Gewässern im Weser-Ems-Gebiet durchgeführt. Von Oktober 2019 bis März 2021 haben die teilnehmenden Citizen Scientists regelmäßig die Nitratkonzentration verschiedener Gewässer in ihrer Region mit Teststäbchen gemessen. Dabei wurden Grundwasser, Oberflächengewässer sowie Niederschlagswasser beprobt (vgl. Abb. 2, links). Die Daten wurden über eine Webseite an die Universität Osnabrück gesendet und werden aktuell ausgewertet. Ziele des Projektes sind nicht nur ein Monitoring der Nitratbelastung von Gewässern im Weser-Ems-Gebiet, sondern auch eine Aufklärung verschiedener Zielgruppen über die Stickstoffproblematik sowie eine Reflexion des individuellen Verhaltens und eine Entwicklung von regionalen Lösungsstrategien und Handlungsempfehlungen für die Stickstoffproblematik.

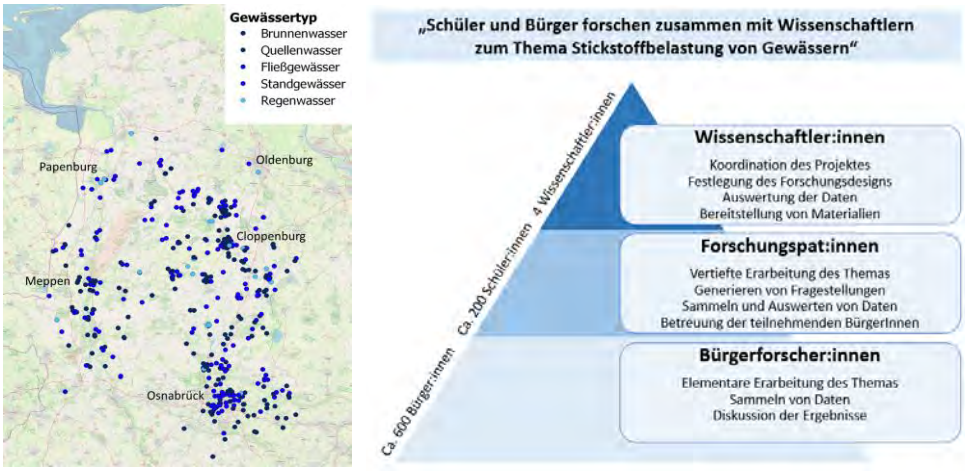


Abb. 2: Links: Durch das Nitrat-Monitoring beprobte Gewässer (Brockhage et al., 2021) Rechts: Aufbau des Citizen Science-Projektes (ebd.)

Im Kern sind drei Gruppen an dem Projekt beteiligt (vgl. Abbildung 2, rechts).

1) Das Citizen Science-Projekt wird von der Universität Osnabrück koordiniert. Das grundlegende Forschungsdesign wurde vor Beginn des Projektes von den Wissenschaftler:innen festgelegt sowie Material zum Nitrat-Monitoring konzipiert und zur Verfügung gestellt. Die Daten werden im Anschluss an die Beprobungsphase von ebendiesen ausgewertet. Von der Universität Oldenburg wurde eine projektbegleitende Heimexperimentierbox entwickelt.

2) Schüler:innen erarbeiten in Seminarfächern das Thema Stickstoff in der Umwelt und untersuchen die Nitrat-Belastung von Gewässern in ihrer Region. Gleichzeitig fungieren die Schüler:innen als Forschungspat:innen und betreuen Bürger:innen bei den Nitratmessungen.

3) Bürger:innen messen als Citizen Scientists die Nitratbelastung von Brunnen- und Quellenwasser, Oberflächengewässern und Regenwasser. Mithilfe mehrerer Informationsbroschüren und einer digitalen Ausstellung erfolgt eine elementare Erarbeitung des Themas. Bei Interesse können weitere Hintergründe zur Stickstoffproblematik mit der Heimexperimentierbox untersucht werden. Nach Veröffentlichung der Ergebnisse werden gemeinsam mögliche Lösungsansätze diskutiert.

Begleitforschung – Wirkungen des Citizen Science- und Forschungspatenansatzes
Parallel werden Wirkungen des Citizen Science- und Forschungspatenansatzes anhand folgender Forschungsfragen untersucht: Ob und inwieweit hat die Teilnahme der Schüler:innen als Forschungspat:innen eine Wirkung auf Interesse, Motivation, Selbstwirksamkeitserwartung, Selbstkonzept sowie die Views of Nature of Science im naturwissenschaftlichen Unterricht? Inwiefern kann eine Teilnahme am Citizen Science-Projekt das allgemeine Umweltbewusstsein sowie Einstellungen und Kenntnisse zum Thema Gewässerschutz positiv beeinflussen? Aus den zugrunde liegenden Theorien wurden Hypothesen abgeleitet (Bsp.: Die Teilnahme als Forschungspate/-patin hat einen positiven Effekt auf das Verständnis der Natur der Naturwissenschaften.). Diese Hypothesen werden im Pre-/Post-Design mittels einer quantitativen Fragebogenstudie untersucht. Der Fragebogen für die Schüler:innen umfasst 7 Variablen mit 134 Items aus überwiegend bereits erprobten, adaptierten Skalen (vgl. Tabelle 1). Der Fragebogen für die Bürger:innen entspricht einer gekürzten Fassung mit zwei Variablen (Einstellung/Kenntnisse zum Gewässerschutz, allgemeines Umweltbewusstsein). Als Kontrollgruppe werden Schüler:innen aus weiteren naturwissenschaftlichen Seminarfächern sowie nicht am Projekt teilnehmende Bürger:innen einbezogen.

Tabelle 1: Skalen und Itembeispiele der Begleitstudie ((-): invertierte Items)

Skala	**Itembeispiel**
Views of Nature of Science	Naturwissenschaftliche Theorien sind oft komplizierter als sie sein müssten. (-) (Kremer, 2010)
Motivation	Ich arbeite und lerne in naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächern, weil ich gerne Aufgaben aus dem Fach löse. (Müller et al., 2007)
Interesse	Ich könnte mir vorstellen, ein naturwissenschaftliches Fach zu studieren. (Rost et al., 2008)
Selbstwirksamkeitserwartung	In schwierigen Situationen kann ich mich auf meine Fähigkeiten verlassen. (Beierlein et al., 2012)
Selbstkonzept	Kein Mensch kann alles. Für Naturwissenschaften habe ich einfach keine Begabung. (-) (Grave, 2015)
Einstellungen/ Kenntnisse zum Gewässerschutz	Wir müssen Wege finden, wie auch das Wirtschaftswachstum mit einer nachhaltigen Wassernutzung vereinbar ist. (BMUB & UBA, 2019)
Allgemeines Umweltbewusstsein	Jede und jeder Einzelne trägt Verantwortung dafür, dass wir nachfolgenden Generationen eine lebenswerte Umwelt hinterlassen. (BMUB & UBA, 2019)

Zwischenstand und Ausblick
Der Pretest wurde vor Beginn des Projektes im September 2019 durchgeführt. Während der Posttest für die Schüler:innen nach Ende des Seminarfaches bereits im Februar 2021 abgeschlossen wurde, ist der Posttest für die teilnehmenden Bürger:innen für das Ende des gesamten Citizen Science-Projektes geplant. Erste Einblicke in die Daten geben Hinweise, dass sich die Teilnahme als Forschungspate/-patin positiv auf einige Dimensionen der Natur der Naturwissenschaften, der Einstellungen und Kenntnisse zum Thema Gewässerschutz sowie des allgemeinen Umweltbewusstseins auswirkt. Genauere Analysen, bspw. der Vergleich mit den teilnehmenden Bürger:innen und den entsprechenden Kontrollgruppen werden nach Abschluss der Datenerhebung durchgeführt.

Literatur

Beierlein, C., Kovaleva, A., Kemper, C. J., & Rammstedt, B. (2012). Ein Messinstrument zur Erfassung subjektiver Kompetenzerwartungen: Allgemeine Selbstwirksamkeit Kurzskala (ASKU). (GESIS-Working Papers, 2012/17). Mannheim: GESIS - Leibniz-Institut für Sozialwissenschaften

BMU & UBA (2019). Umweltbewusstsein in Deutschland 2018. Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage.

Brockhage, F., Lüsse, M., Pietzner, V. & Beeken, M. (2021). Citizen Science & Schule. Wie Schülerprojekte die Forschung zu Themen der Nachhaltigkeit vorantreiben können. Naturwissenschaften im Unterricht Chemie, 183 (32), 8–15

Grave, H. (2015). Motivationale Aspekte im Schülerlabor Explain-OS – Eine quantitative Evaluationsstudie, Osnabrück: Universität Osnabrück

Kremer, K. H. (2010). Die Natur der Naturwissenschaften verstehen – Untersuchungen zur Struktur und Entwicklung von Kompetenzen in der Sekundarstufe I. Kassel: Universität Kassel

Müller, F. H., Hanfstingl, B. & Andreitz, I. (2007). Skalen zur motivationalen Regulation beim Lernen von Schülerinnen und Schülern: Adaptierte und ergänzte Version des Academic Self-Regulation Questionnaire (SRQ-A) nach Ryan & Connell. Wissenschaftliche Beiträge aus dem Institut für Unterrichts- und Schulentwicklung. Klagenfurt: Alpen-Adria Universität

Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (2020a). Grundwasserbericht Niedersachsen. Kurzbericht 2020.

Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (2020b). Gewässer-überwachungssystem Niedersachsen (GÜN). Nährstoffsituation der Binnengewässer in Niedersachsen.

Rost, D. H., Sparfeldt, J. R. & Buch, S. R. (2008). Kann denn Kürze Sünde sein? Erfassung schulfachspezifischer Interessen mit nur einem Item. In F. Hofmann, C. Schreiner, J. Thonhauser (Eds.), Qualitative und quantitative Aspekte. Münster: Waxmann, 225–237

Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S. E., Fetzer, I., Bennett, E. M., Biggs, R., Carpenter, S. R., de Vries, W., de Wit, C. A., Folke, C., Gerten, D., Heinke, J., Mace, G. M., Persson, L. M., Ramanathan, V., Reyers, B., & Sörlin, S. (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. Science, 6223 (347), 736 - 746

Wissenschaft im Dialog/Kantar Emnid (2019). Wissenschaftsbarometer 2019. Berlin: Wissenschaft im Dialog gGmbH

Tim Zenger[1] [1]FAU Erlangen-Nürnberg
Philipp Bitzenbauer[1]

Dichte im Physikunterricht: Pilotierung einer deutschen Version des Density Survey

Theoretischer Hintergrund

Konzeptuelles Wissen zum Thema Dichte erfordert ein Verständnis für Verhältnisse (Rowell & Dawson, 1977) und für proportionale Zusammenhänge (Yeend, 2001). Schülervorstellungen zur Dichte wurden in zahlreichen empirischen Untersuchungen beforscht (Dawkins, Dickerson, McKinney, & Butler, 2008; Smith, Maclin, Grosslight, & Davis, 1997). Dabei zeigte sich, dass die Dichte als materialspezifische Größe für Lernende abstrakt ist (Kang et al., 2004), weshalb häufig ein unzulässiges Gleichsetzen der Dichte mit dem Volumen, der Masse oder der Größe beobachtet wird (Smith, Carey & Wiser, 1986; Yeend et al., 2001). In einer Arbeit von Xu und Clarke (2012) wurde gezeigt, dass in verschiedenen Kontexten mikroskopische Sichtweisen zur Dichte *(„Die Dichte eines Körpers gibt an, wie nahe sich die Teilchen in einem Körper sind"*) makroskopischen Vorstellungen *(„Abhängig von der Dichte eines Körpers schwimmt oder sinkt dieser in Wasser"*) implizit gegenüberstehen, was Ausgangspunkt zahlreicher weiterer Lernschwierigkeiten sein kann.

Dichte im Physikunterricht

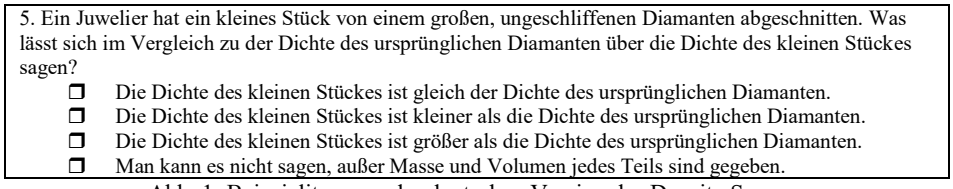
Die Dichte ist zentrales Element des Anfangsunterrichts Physik. Im Unterricht zur Dichte machen die Lernenden erste Erfahrungen mit vielfältigen Aspekten der Naturwissenschaft Physik, wie man beispielhaft anhand des neuen LehrplanPLUS der siebten Jahrgangstufe im neunjährigen Gymnasium in Bayern erkennen kann: *„Die Schülerinnen und Schüler…*

- *planen unter Anleitung ein Experiment zur Bestimmung der Dichte eines unregelmäßig geformten Körpers, das sie unter Anleitung durchführen und protokollieren.*
- *identifizieren unter Berücksichtigung der begrenzten Genauigkeit von Messwerten das Material des Körpers anhand von Tabellen im Internet.*
- *führen unter Berücksichtigung von Einheiten und der Genauigkeit von Messwerten einfache Berechnungen zu Dichte und Masse durch.*
- *identifizieren in einem vorgegebenen Sachtext zu moderner Technik die Dichte von Werkstoffen als ein physikalisches Bewertungskriterium und unterscheiden dieses von außerfachlichen Kriterien"* (ISB, 2021).

Forschungsanliegen

Vor dem Hintergrund der Bedeutung des Themas Dichte im Anfangsunterricht Physik erscheint die Entwicklung eines Konzepttests notwendig, der Lehrkräften die Möglichkeit zur ökonomischen Erhebung des konzeptuellen Verständnisses (Furrow & Hsu, 2019) ihrer Schülerinnen und Schüler zum Thema Dichte ermöglicht. Ausgangspunkt für die Entwicklung eines solchen Instruments stellt der von Yeend et al. (2001) veröffentlichte Konzepttest *Density Survey* dar. Dieser Konzepttest wurde auf Grundlage von Literaturreview, Schülerinterviews und Expertenbefragungen entwickelt und besteht aus elf Multiple-Choice Items. Diese decken die in den Expertenbefragungen identifizierten Kernaspekte zum Thema Dichte ab (vgl. Tab. 1). In den USA wurde das Instrument mit 787 Schülerinnen und Schülern verschiedener Altersstufen und unterschiedlicher Schulformen pilotiert. Als Ausgangspunkt der Entwicklung eines Konzepttests zur Dichte für den deutschen Sprachraum wurde der *Density Survey* zunächst übersetzt. Die Items wurden dann in deutscher Sprache gemäß den Richtlinien zur Erstellung von Multiple-Choice-Aufgaben nach Haladyna et al. (2002)

überprüft und überarbeitet (vgl. Abb. 1). Auf der Grundlage der Ergebnisse einer Pilotierung sollen die Testitems selektiert und gegebenenfalls durch neue Items ergänzt werden, bevor die weiterentwickelte Version des Konzepttests einer erneuten Pilotierung unterzogen wird.


5. Ein Juwelier hat ein kleines Stück von einem großen, ungeschliffenen Diamanten abgeschnitten. Was lässt sich im Vergleich zu der Dichte des ursprünglichen Diamanten über die Dichte des kleinen Stückes sagen?

- ❒ Die Dichte des kleinen Stückes ist gleich der Dichte des ursprünglichen Diamanten.
- ❒ Die Dichte des kleinen Stückes ist kleiner als die Dichte des ursprünglichen Diamanten.
- ❒ Die Dichte des kleinen Stückes ist größer als die Dichte des ursprünglichen Diamanten.
- ❒ Man kann es nicht sagen, außer Masse und Volumen jedes Teils sind gegeben.

Abb. 1: Beispielitem aus der deutschen Version des Density Survey.

Methodik und Stichprobe

Im vorliegenden Beitrag werden Einblicke in erste Ergebnisse der Pilotstudie präsentiert. Wir beziehen uns in diesem Beitrag auf die Bearbeitung des Testinstruments durch 72 Lernende (32 davon weiblich) der siebten Jahrgangsstufe eines Gymnasiums in Bayern nach dem regulären Unterricht zur Dichte. Die hier berichteten Ergebnisse einer ersten Itemanalyse sind vorläufig, weil die Stichprobe für diese Pilotstudie im Schuljahr 2021/22 durch den Einsatz des Instruments in weiteren Klassen noch erweitert wird. Bei Vorliegen des vollständigen Datensatzes wird eine Rasch-Skalierung des Instruments vorgenommen (Rasch, 1960).

Vorläufige Ergebnisse

Jedes der elf Items des Tests wurde dichotom kodiert, sodass genau dann ein Punkt vergeben wurde, wenn aus den gegebenen Antwortmöglichkeiten die Richtige ausgewählt wurde. Eine Itemanalyse zeigt, dass die Itemschwierigkeiten (vgl. Tab. 1) mit Ausnahme von zwei Ausreißern innerhalb des akzeptierten Bereichs zwischen 0.2 und 0.8 liegen (Kline, 2015). Für die Itemtrennschärfen beobachtet man Werte oberhalb der allgemein anerkannten Grenze von 0.3 (vgl. Tab. 1), wobei ein Item mit einer Trennschärfe von 0.25 immerhin noch im akzeptablen Bereich liegt (Kline, 2015). Lediglich ein Item liegt außerhalb dieses Akzeptanzbereichs. Cronbach's Alpha als Maß für die interne Konsistenz dient als Schätzer für die Reliabilität des Konzepttests und liegt bei 0.78. Die aktuelle Datenlage spricht nicht dafür, dass dieser Wert durch den Ausschluss weiterer Items erhöht werden kann (vgl. Tab. 1). Eine Ausnahme stellt Item 11 dar, welches auch eine sehr niedrige Trennschärfe aufweist. Bei diesem Item sollen die Schülerinnen und Schüler die Dichte eines Körpers berechnen, während die anderen Items qualitative Zusammenhänge in verschiedenen Situationen abfragen. Ein Ausschluss dieses Items erscheint folglich naheliegend.

Tab. 1: Übersicht über Itemstatistiken.

Item (Inhaltsaspekt)	Schwierigkeit	Trenn-schärfe	α unter Ausschluss
1 (Beziehung Volumen - Größe)	0.94	0.40	0.77
2 (Dichte als Materialeigenschaft)	0.33	0.51	0.75
3 (Masse)	0.94	0.40	0.77
4 (Abh. Dichte-Volumen, m = const.)	0.44	0.55	0.75
5 (Dichte als Materialeigenschaft)	0.56	0.68	0.73
6 (Proportionales Denken)	0.56	0.37	0.77
7 (Abh. Dichte-Masse, V = const.)	0.67	0.25	0.78
8 (Massenerhaltung)	0.22	0.60	0.74
9 (Beziehung Volumen - Größe)	0.50	0.43	0.76
10 (Temperaturabhängigkeit der Dichte)	0.39	0.68	0.73
11 (Berechnung Dichte homog. Körper)	0.67	0.02	0.81

Von elf maximal erreichbaren Punkten im Test erreichten die Lernenden im Mittel 6.22 Punkte (SD = 2.74 Punkte), wobei das Minimum bei einem Punkt (4 SchülerInnen) und das Maximum bei 11 Punkten (8 SchülerInnen) lag.

Die Verteilung der Testscores innerhalb unserer vorläufigen Stichprobe ist in Abbildung 2 graphisch dargestellt. Im Vergleich zur englischsprachigen Originalversion des *Density Survey* scheint die Version für den deutschen Sprachraum für die Pilotierungskohorte leichter gewesen zu sein. So fanden die Autoren der Originalversion des Tests unter 173 Lernenden an Middle Schools (Jahrgangsstufe 8) in den USA einen mittleren Testscore von 3.98 Punkten (SD = 1.56), wobei hier Item 6 zum proportionalen Denken nicht in die Bildung des Testscores mit einbezogen wurde (Yeend et al., 2001). Deshalb lag die Maximalpunktzahl bei 10. Die Lernenden der siebten Jahrgangsstufe unserer Kohorte schneiden mit einer mittleren Punktzahl 5.67 (SD = 2.51) allerdings selbst bei Ausschluss dieses Items signifikant besser ab als die Schülerinnen und Schüler an amerikanischen Middle Schools ($t(243) = 8.071$, $p < 0.001$; $d = 1.13$). In Abbildung 3 ist für jedes Item des Konzepttests zur Dichte der Prozentsatz richtiger Antworten dargestellt. Diese Werte sind denen aus der Pilotstudie zur englischsprachigen Originalversion (N = 787 über verschiedene Altersstufen hinweg) gegenübergestellt.

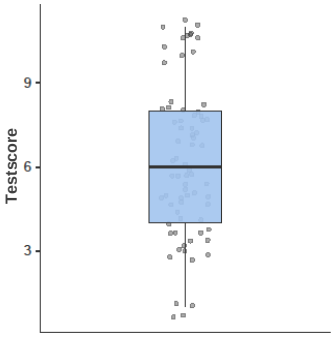


Abb. 2: Box-Plot zur Verteilung der Testscores (Hochachse) in der vorläufigen Stichprobe der Pilotstudie.

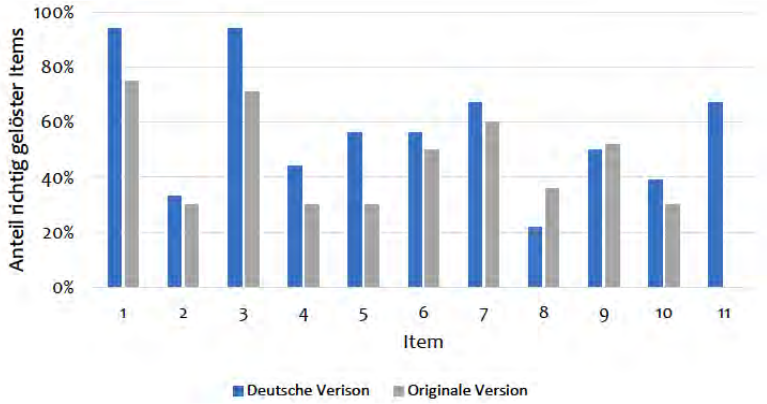


Abb. 3: Anteil richtiger Schülerantworten je Item. Gegenüberstellung der Resultate der Pilotierung der deutschen Übersetzung und der Originalversion des Density Survey (Yeend et al., 2001).

Ausblick

Die Auswahl falscher Antwortmöglichkeiten kann in Kombination mit einer Skala zur Antwortsicherheit genutzt werden, um Schülervorstellungen zur Dichte zu identifizieren. Falsche Antworten, bei denen die Lernenden angeben, *sicher* oder *sehr sicher* gewesen zu sein, deuten auf das Vorliegen von Präkonzepten hin (Aslanides & Savage, 2013). Auf diese Weise soll unser Konzepttest nach Abschluss der Pilotierung ein Werkzeug für Lehrkräfte zur Erhebung von konzeptuellem Verständnis und zur Identifikation von Schülervorstellungen zur Dichte darstellen, welches aufgrund seiner Kompaktheit (elf Items) für den praktischen Einsatz im Unterricht geeignet sein dürfte.

Literatur

Aslanides, J. S. & Savage, C. M. (2013). Relativity concept inventory: Development, analysis, and results. *Physical Review Special Topics – Physics Education Research*, 9, 010118.

Dawkins, K. R., Dickerson, D. L., McKinney, S. E. & Butler, S. (2008). Teaching density to middle school students: Preservice science teachers' content knowledge and pedagogical practices. *The Clearing House*, 82(1), 21-26.

Furrow, R. E. & Hsu, J. L. (2019). Concept inventories as a resource for teaching evaluation. *Evolution: Education and Outreach*, 12(2), https://doi.org/10.1186/s12052-018-0092-8.

Haladyna, T. M., Downing, S. M. & Rodriguez, M. C. (2002). A Review of Multiple-Choice Item-Writing Guidelines for Classroom Assessment. *Applied Measurement in Education*, 15(3), 309-334.

ISB (2021). https://www.lehrplanplus.bayern.de/fachlehrplan/gymnasium/7/nt_gym (aufgerufen am 31.8.21)

Kang, S., Scharmann, L. C., & Noh, T. (2004). Reexamining the role of cognitive conflict in science concept learning. *Research in Science Education*, 34, 71–96.

Kline, Th. J. B. (2005). *Psychological Testing. A Practical Approach to Design and Evaluation*. Thousand Oaks, London, New Delhi: Sage.

Rasch, G. (1960). *Probabilistic Models for Some Intelligence and Attainment Tests*. Chicago: The University of Chicago Press.

Rowell, J. A. & Dawson, C. J. (1977). Teaching about floating and sinking: an attempt to link cognitive psychology with classroom practice. *Science Education*, 61(2), 245-253.

Smith, C., Carey, S. & Wiser, M. (1986). On differentiation: A case study of the development of the concepts of size, weight, and density. *Cognition*, 21, 177–237.

Smith, C., Maclin, D., Grosslight, L. & Davis, H. (1997). Teaching for understanding: a study of students'pre-instruction theories of matter and a comparison of the effectiveness of two approaches to teaching about matter and density. *Cognition and Instruction*, 15(3), 317–393.

Xu, L. & Clarke, D. (2012). Student Difficulties in Learning Density: A Distributed Cognition Perspective. *Research in Science Education*, 42, 769-789.

Yeend, R., Loverude, M. & Gonzalez, B. (2001). Student Understanding of Density: A Cross-age Investigation. In S. Franklin & K. Cummings (Hrsg.): 2001 Physics Education Research Conference Proceedings, Rochester, New York.

Angelika Mandl[1]
Claudia Haagen-Schützenhöfer[1]
Philipp Spitzer[1]
Thomas Schubatzky[1]

[1]Universität Graz

Digitale Transformation der mathematisch-naturwissenschaftlichen Lehramtsausbildung: Entwicklung und Beforschung eines Masterlehrveranstaltungsformates zur Professionalisierung angehender Lehrkräfte

Hintergrund

Um Lernende auf das konstruktive Herangehen an die mit der Digitalisierung der Gesellschaft einhergehenden Herausforderungen im Rahmen der schulischen Ausbildung umfassend vorbereiten zu können, ist ein entsprechend professionalisiertes Lehrpersonal erforderlich (Petko et al., 2018). Zur Vermittlung einer umfassenden Medienbildung und, um auf Aspekte der Digitalisierung im Fachunterricht zielgerichtet eingehen zu können, benötigen Lehrkräfte neben fundiertem fachlichen Inhaltswissen und ausgeprägten pädagogischen Qualifikationen, umfangreiche technisch-digitale sowie fachdidaktische Kompetenzen (Mishra & Koehler, 2006; Schmid et al., 2020). Vielen Lehrkräften fehlen jedoch eben diese Qualifikationen und auch Lehramtsstudierende zeigen Großteils nur eine geringe Affinität für Digitales (Chai et al., 2013; Vogelsang et al., 2019; Zimmermann & Melle, 2017). Es zeigt sich, dass die Ausbildung von Lehrpersonen einen enormen Einfluss auf deren späteren Umgang mit digitalen Medien im Unterricht darstellt und sich Professionalisierungsmaßnahmen im Bereich des Einsatzes und der Thematisierung digitaler Medien positiv auf die Einstellung und die Selbstwirksamkeitserwartung auswirken (Drossel et al., 2019; Mahler & Arnold, 2017; Mishra & Koehler, 2006).

Forschungsinteresse und Zielsetzung

Mit dem am DINAMA[1] angesiedelten und in das Kooperationsprojekt[2] Teaching Digital Thinking integrierten Projekt ProDigiTrans soll ein Beitrag zur Professionalisierung angehender Lehrkräfte für mathematisch-naturwissenschaftliche Unterrichtsgegenstände (Biologie, Chemie, Mathematik, Physik) geleistet werden, sodass diese in der Lage sind, ihren Fachunterricht an den fortschreitenden digitalen Wandel und die interdisziplinären gesellschaftlichen Herausforderungen angepasst zu denken und zu konzipieren.

Das vorrangige Ziel ist es, forschungsbasiert und iterativ im Sinne des Design-Based Research (Haagen-Schützenhöfer & Hopf, 2020) ein lernwirksames Masterlehrveranstaltungsformat für Lehramt-Studierende der genannten Unterrichtsfächer zu entwickeln und zu beforschen.

Mit diesem Ziel gehen folgende erste Fragestellungen einher:

F1: Welche Lerngelegenheiten mit Bezug zu digitalen Medien werden den Studierenden mathematisch-naturwissenschaftlicher Lehramtsstudien aktuell im Entwicklungsverbund Süd-Ost (EVSO)[3] geboten?

---

[1] Fakultäres Didaktikzentrum für Naturwissenschaften und Mathematik der Universität Graz

[2] Universität Wien, Technische Universität Graz, Universität Graz, Universität Innsbruck, Paris Lodron Universität Salzburg

[3] Universität Graz, Universität Klagenfurt, Technische Universität Graz, Private Pädagogische Hochschule Augustinum, Pädagogische Hochschule Burgenland, Pädagogische Hochschule Kärnten, Pädagogische Hochschule Steiermark

F2: Welche Vorerfahrung und Einstellung in Bezug auf den Einsatz und die Thematisierung digitaler Medien haben Studierende mathematisch-naturwissenschaftlicher Lehramtsstudien des Entwicklungsverbunds Süd-Ost?
F3: Welche Design-Kriterien lassen sich forschungsbasiert sowie aufbauend auf F1 und F2 für die Entwicklung des Masterlehrveranstaltungsformates ableiten?
F4: Inwiefern kann eine auf diese speziellen Design-Kriterien basierende, iterativ entwickelte Lernumgebung, bei angehenden Lehrkräften mathematisch-naturwissenschaftlicher Unterrichtsfächer zu einem Zuwachs digitaler Kompetenzen aus dem Bereich „Lehren mit und über digitale Medien“ führen?

Dieser Beitrag beschäftigt sich im Speziellen mit der Beantwortung von F1. Nachstehend werden erste Ergebnisse einer durchgeführten Curricula-Analyse dargestellt.

Ermittlung des Status quo: Curricula-Analyse

Die derzeitige curriculare Verankerung des Lehrens und Lernens mit und über digitale Medien in der mathematisch-naturwissenschaftlichen Lehramtsausbildung im EVSO wurde anhand einer Analyse bestehender Curricula der Bachelor- und Masterstudien Lehramt Allgemeinbildung für die Unterrichtsfächer Biologie, Chemie, Mathematik und Physik erhoben. Ziel der Curricula-Analyse war es, anhand von Suchbegriffen (digitale Medien, Technologie, online etc.) Module und Lehrveranstaltungen, die Elemente zur Förderung digitaler Kompetenzen von Studierenden enthalten, zu identifizieren.
Ergänzend zur Analyse der Curricula wurden unter Zuhilfenahme der digitalen Vorlesungsverzeichnisse ebenfalls die im Curriculum verankerten Lehrveranstaltungen hinsichtlich des Vorliegens der Suchwörter in deren Inhaltsbeschreibungen und den veröffentlichten Kompetenzzielen analysiert. So konnten normativ festgelegte Inhalte und Kompetenzziele aus den Bereichen Lehren und Lernen mit und über digitale Medien erfasst werden.
Es konnten Suchbegriffe in insgesamt 25 Modulen und 37 Lehrveranstaltungen identifiziert werden. In Abb. 1 werden die Anzahl der Fundstellen (Module, Lehrveranstaltungen) bezogen auf die untersuchten Studienrichtungen dargestellt. Es zeigt sich, dass digitale Medien vermehrt in den Bachelor-Studien eingesetzt und thematisiert werden.

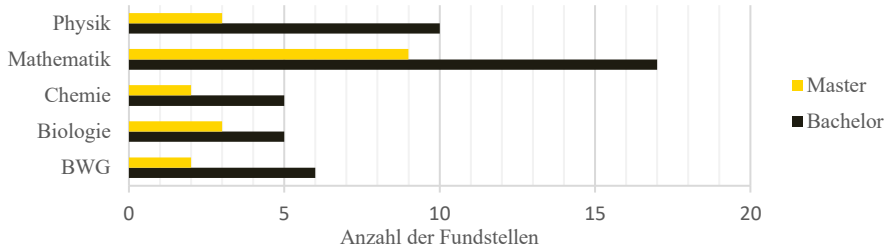


Abb. 1: Fundstellen (Module und Lehrveranstaltungen) von Suchbegriffen bezogen auf die untersuchten Studienrichtungen und die Bildungswissenschaftlichen Grundlagen

Im Lehramtsstudium Mathematik sind die meisten Lerngelegenheiten mit Bezug zu digitalen Medien im Curriculum verankert, während in den Lehramtsstudien Biologie und Chemie digitale Medien vergleichsweise in geringer Zahl im Curriculum festgeschrieben sind. Tabelle 1 zeigt für jede untersuchte Studienrichtung die Anzahl an Lehrveranstaltungen, die laut

digitalem Vorlesungsverzeichnis digitale Medien thematisieren. Außerdem wird in Tabelle 1 die Gesamtanzahl an ECTS-Punkten dieser identifizierten Lehrveranstaltungen dargestellt.

Tabelle 1: Anzahl an digitale Medien thematisierenden Lehrveranstaltungen sowie deren Gesamt-ECTS-Punkte je Studienrichtung[4]

	ECTS-Punkte	FD-LVs	FW-LVs	BWG-LVs	PPS-LVs
BWG	14	0	0	5	1
Biologie	16	2	1	0	2
Chemie	16	2	1	0	1
Mathematik	38	7	5	0	2
Physik	22	7	0	0	1

Laut Inhaltsbeschreibungen und formulierter Kompetenzziele liegt der Fokus dieser Lehrveranstaltungen auf dem Lehren und Lernen mit digitalen Medien, während Lehren und Lernen über digitale Medien einen niedrigeren Stellenwert einnimmt.
Die Ergebnisse dieser Curricula-Analyse legen die Basis für die Konzeption von Online-Befragungen. Es werden die Lehrenden der identifizierten Lehrveranstaltungen und die Studierenden der genannten Studienrichtungen befragt. Durch diese Befragung sollen die in der Curricula-Analyse identifizierten Stärken und Schwächen der aktuellen Curricula näher beleuchtet werden. Dadurch soll eine möglichst optimale Passung der Inhalte der geplanten Lehrveranstaltung erreicht werden.

Ausblick: Methodische Vorgehensweise und Design der Lehrveranstaltung

Die Triangulation der mittels Curricula-Analyse und Befragungen erhobenen Daten in Kombination mit Ergebnissen der Literaturrecherche liefert die Grundlage für das Lehrveranstaltungs-Design hinsichtlich der zu adressierenden Kompetenzbereiche und der inhaltlichen Schwerpunktsetzung. Auf Basis dessen werden Design-Kriterien und erwünschte Learning-Outcomes für die Lehrveranstaltung definiert sowie hypothetische Lernpfade der Studierenden fixiert und in einzelne Lerngelegenheiten übersetzt.
Das Design der Lehrveranstaltung basiert grundsätzlich auf dem ERTE-Modell (Educational Reconstruction for Teacher Education) nach van Dijk und Kattmann (2007).
Zur Beforschung der Implementation der Lehrveranstaltung wird eine Mixed-Methods-Ansatz gewählt, indem ein quantitativer Pre-Post Ansatz mit Interviews verwoben wird.
Die Lehrveranstaltung gliedert sich in einen Einführungsblock und daran anschließende kontextstrukturierte Aktivitätsblöcke als Lernumgebung für problemorientiertes Arbeiten. Die Aktivitätsblöcke adressieren unterschiedliche Kompetenzen bei den Studierenden, sodass einerseits Kompetenzen im Sinne des Lehrens mit digitalen Medien (u.a. sinnvoller Einsatz digitaler Medien) und andererseits Kompetenzen mit Bezug zum Lehren über digitale Medien (u.a. Umgang mit Fake-News, Sicherheit und Datenschutz) gefördert werden sollen.
Als ein erster Aktivitätsblock wird derzeit vor dem fächerverbindenden Hintergrund der aktuellen Herausforderungen der weltweiten COVID-19-Pandemie eine sensorbasierte Messumgebung entwickelt.

[4] ECTS: European Credit Transfer System, LVs: Lehrveranstaltungen, FD: Fachdidaktik, FW: Fachwissenschaft, BWG: Bildungswissenschaftliche Grundlagen, PPS: Pädagogisch-Praktische Studien

Literaturverzeichnis

Chai, C. S., Tsai, C.-C. & Koh, J. H. L. (2013). A Review of Technological Pedagogical Content Knowledge. *Educational Technology & Society*, *16*(2), 31–51.

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.), *ICLS 2018 #Deutschland: Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern im zweiten internationalen Vergleich und Kompetenzen im Bereich Computational Thinking* (S. 205–240). Waxmann.

Haagen-Schützenhöfer, C. & Hopf, M. (2020). Design-based research as a model for systematic curriculum development: The example of a curriculum for introductory optics. *Physical Review Physics Education Research*, *16*(2), Artikel 020152. https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.16.020152

Mahler, D. & Arnold, J. (2017). Wissen und Motivation von Lehrkräften im Umgang mit digitalen Technologien. In J. Meßinger-Koppelt, S. Schanze & J. Groß (Hrsg.), *Lernprozesse mit digitalen Werkzeugen unterstützen: Perspektiven aus der Didaktik naturwissenschaftlicher Fächer* (S. 264–277). Joachim Herz Stiftung Verlag.

Mishra, P. & Koehler, M. J. (2006). Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge. *Teachers College Record*, *108*(6), 1017–1054.

Petko, D., Döbeli Honegger, B. & Prasse, D. (2018). Digitale Transformation in Bildung und Schule: Facetten, Entwicklungslinien und Herausforderungen für die Lehrerinnen- und Lehrerbildung: Digital transformation in education and schools: Facets, potentials and challenges for teacher education. *Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung*, *36*(2), 157–174.

Schmid, M., Krannich, M. & Petko, D. (2020). Technological Pedagogical Content Knowledge: Entwicklungen und Implikationen. *jlb (journal für lehrerInnenbildung)*(1), 116–124. https://doi.org/10.35468/jlb-01-2020_10

van Dijk, E. M. & Kattmann, U. (2007). A research model for the study of science teachers' PCK and improving teacher education. *Teaching and Teacher Education*, *23*(6), 885–897. https://doi.org/10.1016/j.tate.2006.05.002

Vogelsang, C., Finger, A., Laumann, D. & Thyssen, C. (2019). Vorerfahrungen, Einstellungen und motivationale Orientierungen als mögliche Einflussfaktoren auf den Einsatz digitaler Werkzeuge im naturwissenschaftlichen Unterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *25*(1), 115–129. https://doi.org/10.1007/s40573-019-00095-6

Zimmermann, F. & Melle, I. (2017). Professionalisierung angehender Lehrkräfte für die Digitalisierung im Chemieunterricht. In C. Maurer (Vorsitz), *Jahrestagung 2017.* Symposium im Rahmen der Tagung von Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDCP), Regensburg.

Sarah Kieferle[1]
Silvija Markic[1]
Iztok Devetak[2]
Jane Essex[3]
Sarah Hayes[4]
Marina Stojanovska[5]

[1]Pädagogische Hochschule Ludwigsburg
[2]University of Ljubljana (Slowenien)
[3]University of Strathclyde (Vereinigtes Königreich)
[4]University of Limerick (Irland)
[5]University of Skopje (Nord Mazedonien)

DiSSI – inklusives Schüler*innenlabor für die Sek I

Aus Theorie und Praxis ist seit Jahren deutlich, dass Schüler*innen-Gruppen nicht als homogen zu betrachten sind. Eine Antwort auf die wachsende Diversität der Schülerschaft in den naturwissenschaftlichen Fächern ist der inklusive Naturwissenschaftsunterricht (Stinken-Rösner et al., 2020). Empfehlungen zur Verknüpfung inklusiver und naturwissenschaftlicher Prinzipien sind bisweilen jedoch mehr normativ als praxisorientiert (Abels, Koliander und Plotz, 2020). Der Stand der Forschung und die aktuellen Gegebenheiten und Forderungen im Bildungsbereich sowie die daraus resultierenden Tatsachen und Erkenntnisse bilden die Motivation, erprobte und innovative Praxisbeispiele und Konzepte für einen inklusiven Naturwissenschaftsunterricht zu entwickeln und umzusetzen, in denen alle Schüler*innen gleichzeitig beim von- und miteinander Lernen unterstützt werden. Das ERASMUS Plus Projekts „*Diversity in Science towards Social Inclusion – non-formal education in science for students` diversity*„ (DiSSI) fokussiert sich auf die Entwicklung und Umsetzung innovativer Konzepte zur Förderung inklusiver naturwissenschaftlicher Bildung und kommt damit der UNESCO-Forderung (Deutsche UNESCO-Kommission, 2009) nach einer Bildung für alle nach. Im Rahmen dieses Projekts sollen konkrete Praxisbeispiele entstehen, die sich positiv auf die Selbständigkeit und die aktive Teilhabe verschiedener Schüler*innengruppen in einer nicht-formalen Lernumgebung auswirken. Dabei werden Methoden, Werkzeuge und Aktivitäten in unterschiedlichen nicht-formalen Lernumgebungen (z.B. Zoo, Museum, Botanischer Garten, Schüler*innenlabor) erprobt, die sich auf die vier Dimensionen (I) Sprachkenntnisse, (II) sozioökonomischer Status, (III) kultureller und ethnischer Hintergrund sowie (IV) Begabung der Schüler*innen beziehen.

Struktur des Projekts

Um mit innovativen Konzepten einen Beitrag zur Förderung inklusiver naturwissenschaftlicher Bildung zu leisten, verfolgt das DiSSI-Projekt die in Abbildung 1 dargestellte Struktur. Das Projekt verläuft in zwei Phasen. In der ersten Phase fokussieren sich die DiSSI-Partner*innen bei ihrer Entwicklung von Lernumgebungen auf eine der genannten Dimensionen der Diversität.

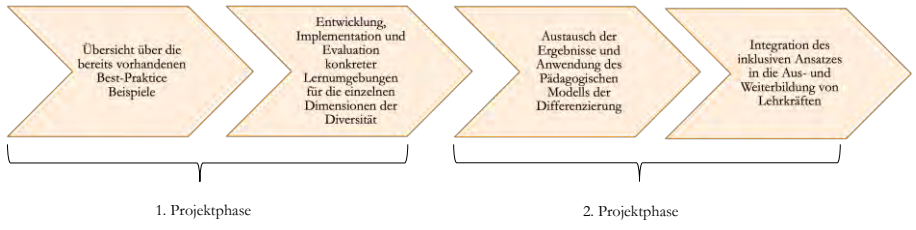


Abb. 1 Struktur des DiSSI-Projekts

In der zweiten Projektphase werden zuerst die Erfahrungen aus der ersten Phase unter den DiSSI-Partner*innen ausgetauscht und erprobte Methoden, Werkzeuge und Aktivitäten der

angesprochenen Dimensionen miteinander so verbunden, dass innovative Konzepte zur Förderung inklusiver naturwissenschaftlicher Bildung für nicht-formales Lernen entstehen. Im Fokus der Entwicklung der innovativen Konzepte stehen die Selbständigkeit und die aktive Teilhabe aller Schüler*innen. Die Ziele dabei sind (I) konkrete Praxisbeispiele zu entwickeln, zu implementieren und zu evaluieren, sodass innovative Beispiele und Konzepte für einen inklusiven Naturwissenschaftsunterricht für nicht-formales Lernen entstehen, (II) konkrete Lernumgebungen für nicht-formales Lernen zur Unterstützung von Lehrkräften anzubieten und (III) eine motivierende Lernumgebung zu schaffen, die zu einem positiveren naturwissenschaftlichen Selbstkonzept und zur aktiven Teilhabe aller beiträgt. An der Pädagogischen Hochschule Ludwigsburg werden inklusive Lernumgebungen für das Schüler*innenlabor entwickelt und umgesetzt.

Entwicklungsprozess der inklusiven Lernumgebungen für das Schüler*innenlabor

Die Entwicklung der inklusiven Lernumgebungen für das Schüler*innenlabor an der Pädagogischen Hochschule Ludwigsburg erfolgt in zwei Schritten: (i) Fokussierung auf die Dimension der sprachlichen Fähigkeiten der Schüler*innen und (ii) Erweiterung des Angebots auf alle genannten Dimensionen der Diversität. Abbildung 2 zeigt den geplanten

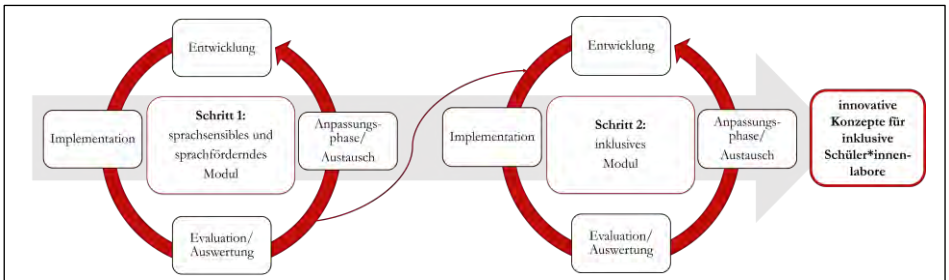


Abb. 2 Entwicklungsprozess

Entwicklungsprozess zur Generierung innovativer Konzepte für das inklusive Schüler*innenlabor. Im ersten Schritt werden Lernumgebungen mit Methoden, Werkzeugen und Aktivitäten des sprachsensiblen Unterrichts für das Schüler*innenlabor entwickelt, implementiert und evaluiert, sodass sprachsensible und sprachfördernde Module entstehen, die das selbständige Experimentieren und eine aktive Teilhabe unabhängig von sprachlichen Fähigkeiten ermöglichen. Bewährte Methoden, Werkzeuge und Aktivitäten werden schließlich im zweiten Schritt nach dem in Abbildung 3 dargestellten *„Pädagogischen Modell der Differenzierung“* so miteinander verknüpft, dass inklusive Module entstehen. Dieser zum Zweck der Entwicklung inklusiver Lernumgebungen entwickelte mehrdimensionale Ansatz des *„Pädagogischen Modells der Differenzierung“* wurde von internationalen Wissenschaftler*innen aus der Literatur für das Projekt erarbeitet. Mithilfe dieses Ansatzes kann inklusives Lernen entlang verschiedener Dimensionen der Diversität ermöglicht sowie der Lernfortschritt der einzelnen benachteiligten Gruppen gleichzeitig unterstützt werden, während die Differenzierung innerhalb einer Dimension zusätzlich möglich bleibt. Ausgehend von den Evaluationsergebnissen des zweiten Schritts, werden die konkreten Lernumgebungen angepasst und validiert, sodass sich innovative Konzepte zum Umgang mit Diversität im Schüler*innenlabor ergeben. Der gesamte Entwicklungsprozess orientiert sich an der Partizipativen Fachdidaktischen Aktionsforschung nach Eilks und Ralle (2002), bei der in

einem zyklischen Prozess eine Veränderung der erlebten Praxis durch eine enge Zusammenarbeit zwischen Forscher*innen und Praktiker*innen angestrebt wird.

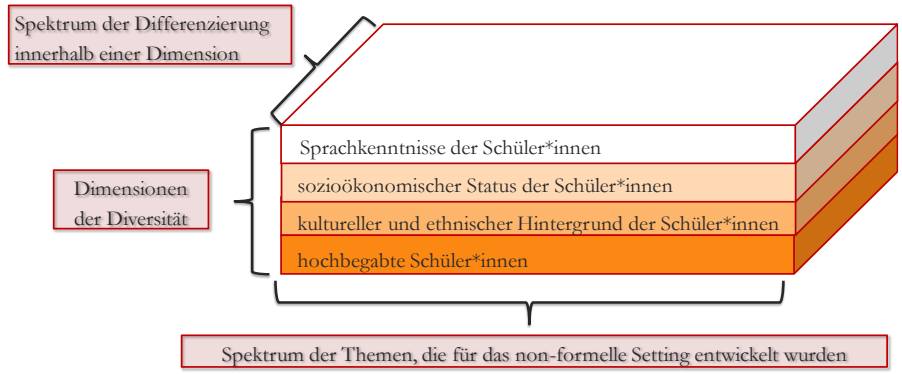


Abb. 3 Pädagogisches Modell der Differenzierung

Die Evaluation der sprachsensiblen und der inklusiven Module erfolgt durch einen Mixed-Methods Ansatz (Guest, 2013). Durch die so generierten Daten, können konkrete Aussagen über die Praktikabilität und Nutzung der angewandten Methoden, Werkzeuge und Aktivitäten sowie das Gelingen hinsichtlich der Inklusion der diversen Gruppen und des selbständigen Experimentierens der konkreten Lernumgebungen gemacht werden.

Ansätze der Konzeptentwicklung

Für das Schüler*innenlabor der Pädagogischen Hochschule Ludwigsburg werden drei sprachsensible bzw. inklusive Module zu den Themen „saure und alkalische Lösungen“ im Kontext „Pflege und Gesundheit“, „Alkohole“ im Kontext „eine Abschlussfahrt planen“ und ein Mystery zum Thema „Stoffe trennen“ entwickelt und umgesetzt. Die Gestaltung des Schüler*innenlabors und die Konzeption des Lehr- und Lernmaterials für alle Module stützen sich auf fünf gleichbleibenden Ansätzen: (i) der Einsatz gestufter Lernhilfen, (ii) das Experimentieren in kooperativen Gruppen, (iii) die Bereitstellung des Lehr- und Lernmaterials sowie die Dokumentation der Ergebnisse durch digitale Medien und (iv) der Einsatz sprachsensibler bzw. (v) inklusiver Methoden, Werkzeuge und Aktivitäten. So sollen schließlich sprachsensible/ inklusive Module für das Schüler*innenlabor entstehen, die ein selbständiges Experimentieren und eine aktive Teilhabe jeder Schülerin bzw. jeden Schülers ermöglichen. Um die Einbindung in den formalen Unterricht zu erleichtern, wird zusätzlich eine hohe Flexibilität angestrebt, die eine individuelle Anpassung der Module auf Schulform, Lerngruppe und Unterricht ermöglicht. So wird die Verortung des Besuchs im Schüler*innenlabor variabel und an den Wissensstand der Schüler*innen angepasst. Die Lehrkräfte werden durch Material und Ideen zur Vor- und Nachbereitung unterstützt.

Pandemiebedingt konnte eine Implementation und Evaluation der sprachsensiblen und sprachfördernden Lernumgebungen im Schüler*innenlabor im letzten Jahr nicht stattfinden. Eine erste Erprobung mit der Erhebung erster Evaluationsdaten ist ab Oktober 2021 geplant.

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.

Literatur

Abels, S., Koliander, B., Plotz, T. (2020). Conflicting Demands of Chemistry and Inclusive Teaching—A Video-Based Case Study. *Educ. Sci*. 2020, 10, 50

Deutsche UNESCO-Kommission e.V. (2009). Inklusion: Leitlinien für die Bildungspolitik. 3. erweiterte Auflage. *https://www.unesco.de/sites/default/files/2018-05/2014_Leitlinien_inklusive_Bildung.pdf*

Eilks, I., Ralle, B. (2002). Partizipative Fachdidaktische Aktionsforschung. Ein Modell für eine begründete und praxisnahe curriculare Entwicklungsforschung in der Chemiedidaktik. *CHEMKON*, 9, 13-18

Guest, G. (2013). Describing mixed methods research: An alternative to typologies. *Journal of Mixed Methods Research*, 7(2), 141–151. https://doi.org/10.1177/1558689812461179

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. *RISTAL*, 3 (2020), 30–45

Freya Müller[1]
Hilde Köster[1]

[1]Freie Universität Berlin

Ein Dokumentationsinstrument für die Erfassung früher naturwissenschaftlicher Potenziale im Übergangsprozess

Im Rahmen des BMBF-geförderten Forschungsverbunds *„Leistung macht Schule" (LemaS)* wird im Teilprojekt DiaMINT an der Freien Universität Berlin gemeinsam mit kooperierenden Kindertageseinrichtungen und Grundschulen ein Instrument zur Erfassung früher naturwissenschaftlicher Potenziale im Übergangsprozess entwickelt und erprobt.

Problemstellung

Schon früh sollen naturwissenschaftliche Begabungen in pädagogischen Kontexten gefördert werden (KMK, 2009). Das ist nicht zuletzt darin begründet, dass Deutschland auf einen hohen MINT-Fachkräfte Mangel blickt (BMBF, 2019). Im Elementarbereich können sich bereits domänenspezifische Begabungspotenziale bei Kindern zeigen (z.B. Fuchs, 2019). Zur Aufrechterhaltung dieser kann die institutionsübergreifende Weitergabe von Bildungsdokumentationen als Schlüsselfunktion betrachtet werden (Holling et al., 2015; Köster et al., im Druck). Bisher wird besonders der mathematische Bildungsbereich bei Dokumentationsinstrumenten für den Übergang oder hinsichtlich früher Begabungspotenziale bei Transitionen thematisiert (Bugzel, 2017; Geiling et al., 2015). Jedoch kann eine zunehmende Relevanz des naturwissenschaftlichen Bildungsbereichs festgestellt werden (BMBF, 2019; Steffensky, 2017). Zudem fehlt es an praxistauglichen Instrumenten zur Erfassung naturwissenschaftlicher Potenziale im Übergangsprozess (Köster et al., im Druck). Inwieweit diese demzufolge institutionsübergreifend dokumentiert und gefördert werden können, ist unklar.

Theoretische Rahmung

Zur Beschreibung früher (Leistungs-)Potenziale wird das multidimensionale Verständnis von Köster et al. (im Druck) herangezogen. Danach werden (Leistungs-)Potenziale „[…] als besondere domänenspezifische Kompetenzen zu einem bestimmten Zeitpunkt […]" aufgefasst, welche sich in der Performanz eines Kindes zeigen (Köster et al., im Druck, S. 3). Zudem wird nach dieser Begriffsbestimmung davon ausgegangen, dass (Leistungs-)Potenziale als Grundlage für domänenspezifische Begabungen betrachtet werden können, die dabei einen optimalen Entwicklungsrahmen benötigen und durch intra- sowie interpersonale Katalysatoren gefördert oder gehemmt werden (Käpnick, 2014). Bildungsinstitutionen im Elementar- und Primarbereich können dabei eine tragende Rolle in dem Erfassen und Fördern früher Potenziale darstellen (Holling et al., 2015). Überdies betonen Bildungspläne den pädagogischen Dokumentationsprozess mit dem Ziel, kindliche Potenziale frühestmöglich zu erkennen und institutionsübergreifend zwischen dem Elementar- und Primarbereich zu fördern (z.B. BASFI, 2012). Geht es insbesondere um den naturwissenschaftlichen Bildungsbereich formuliert die KMK (2009) zudem ausdrücklich das Fördern früher naturwissenschaftlicher Begabungen. Ausgehend von der o.g. Begriffsbestimmung wird zur Operationalisierung naturwissenschaftlicher Potenziale und nach einem pädagogisch-

inklusiven Begabungsverständnisses, folglich der naturwissenschaftliche Kompetenzbegriff herangezogen (Anders, 2013; Fraundorfer, 2019; Steffensky, 2017). Davon ausgehend, können sich naturwissenschaftliche Potenziale im Elementarbereich über besonders ausgeprägte Fähigkeiten und Fertigkeiten in Form von Anwendung naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen (Wissen über Naturwissenschaften) und einem Grundverständnis von naturwissenschaftlichen Präkonzepten (naturwissenschaftliches Wissen) zeigen (u.a. Fthenakis et al., 2009). Zudem spielen auch affektive Aspekte wie vertieftes Interesse oder Engagiertheit an naturwissenschaftlichen Phänomenen eine bedeutsame Rolle (Köster et al., 2011; Nölke, 2013). Eine zentrale Annahme, die sich demnach zur Beschreibung naturwissenschaftlicher Potenziale theoretisch stützen lässt, ist somit das Heranziehen eines mehrdimensionalen Kompetenzverständnisses, welches neben kognitiven Dimensionen auch persönlichkeitsbezogene Facetten miteinbezieht (Fuchs, 2019; Käpnick, 2014). Das Erfassen früher naturwissenschaftlicher Potenziale im Elementarbereich scheint dahingehend begründet, als das die frühe Förderung vorhandener kindlicher Ressourcen zur (Weiter-)Entwicklung domänenspezifischer Potenziale in der kindlichen Bildungsbiographie führen kann oder anderenfalls mögliche Entwicklungsvorsprünge nicht ausreichend unterstützt werden könnten (Rohrmann & Rohrmann, 2017). Hinsichtlich dem Forschungsdesiderat zum Erfassen früher naturwissenschaftlicher Potenziale in pädagogischen Kontexten bedarf es demzufolge ein Forschungsvorhaben, welches prozessorientierte Indikatoren bereitstellt und ein praxistaugliches Instrument entwickelt. Unter dieser Perspektive lautet die leitende Fragestellung für das Projektvorhaben: Nach welchen Kriterien muss ein praxistaugliches Instrument zur Erfassung und Dokumentation von naturwissenschaftlichen Potenzialen im Übergangsprozess von der Kita in die Grundschule konzipiert sein?

Forschungsvorhaben

Zur Beantwortung dieser Fragestellung wird im Rahmen eines Teilprojekts von *LemaS* ein Design-Based Research (DBR) Ansatz genutzt. Durch formative Evaluation und einer engen Verzahnung von Theorie und Praxis soll einerseits ein bildungspraktischer Nutzen und andererseits ein theoretischer Erkenntnisgewinn gewährleistet werden (Reinmann, 2005). Das qualitativ-explorative Vorhaben wird mithilfe eines iterativen Vorgehens, in mehreren Zyklen und einer Stichprobe von $N = 3$ Grundschulen und $N = 3$ vorschulischen Einrichtungen realisiert (Mandl & Kopp, 2006). Die Phasen der Instrumentenentwicklung und Erprobung sollen sich in einer Voruntersuchung (1. Bedarfsanalyse), einer Entwicklungsphase (2. Entwicklung & Optimierung - 1. & 2. Zyklus), einer Validierungsphase (3. Überprüfung & Optimierung – 3. Zyklus) und einer Finalisierungsphase (4. Optimierung & Implementation – 4. Zyklus) aufgliedern. Durch qualitative Erhebungs- und Auswertungsmethoden werden die Phasen empirischen begleitet. Dabei kommen leitfadengestützte Interview, teilnehmende Beobachtungen und Videosequenzen zum Einsatz (Diekmann, 2012; Flick, 2012; Krammer & Reusser, 2005). Für die Auswertung der Interviews wird eine qualitative Inhaltsanalyse nach Kuckartz (2018) verwendet. Auf Basis eines theoriegeleiteten Kategoriensystems sollen die Videosequenzen in der Validierungsphase ausgewertet werden (Tuma & Schnettler, 2014).

Vorläufige Ergebnisse

Im Rahmen des Projekts konnte aktuell die Voruntersuchung mit dem Fokus auf der Bedarfsanalyse abgeschlossen werden. Mithilfe einer inhaltlich-strukturierenden

Inhaltsanalyse wurden die leitfadengestützten Interviews (N = 13 päd. Fach- und Lehrkräfte) mit einer deduktiv-induktiven Kodierung ausgewertet (Kuckartz & Rädiker, 2020; Schreier, 2014). Die Sichtung des Datenmaterials ergab keine explizite Schwerpunktsetzung auf naturwissenschaftliche Potenziale. Die Bedarfsanalyse kann infolgedessen die Konzipierung eines Dokumentationsinstruments zur Erfassung früher naturwissenschaftlicher Potenziale stützen. Zudem wurde nach dem Aufbau, der Nutzbarkeit und Weitergabe der verwendeten Dokumentationsinstrumente in den pädagogischen Einrichtungen gefragt. Mittels dieser Angaben der päd. Fach- und Lehrkräfte und auf Basis der theoretischen Rahmung wurde ein erster Beobachtungs- und Dokumentationsbogen *Nawi Kids* konzipiert, in der Praxis pilotiert und erprobt. Der Bogen ist so aufgebaut, dass er durch prozessorientierte Merkmale und strukturierten Beobachtungen von kindlich-spielerischen Aktivitäten, erste Hinweise auf naturwissenschaftliche Potenziale geben kann. Neben der Potenzialerfassung regt das Instrument *NawiKids* mithilfe von Reflexionsfragen zu Gesprächen über die Beobachtungsbereiche unter den pädagogischen Fachkräften an, greift den Übergangsprozess auf, fragt nach aktuellen Kooperationen mit Grundschulen und kann eine anschlussfähige Weitergabe kindlicher Bildungsbiographien unterstützen. Entsprechend des DBR-Ansatzes befindet sich das Projekt in der Weiterentwicklung und Optimierung (2. Zyklus, S. 2) des Instruments und führt dafür leitfadengestützte Interviews mit Reflexionsfragen zum Bogen mit den Pädagog*innen durch.

Limitationen und Ausblick

Aufgrund des qualitativen Studiendesigns verfolgt das Forschungsvorhaben keinen repräsentativen Anspruch, was als Limitation gewertet werden kann. Demgegenüber kann die verzahnte Zusammenarbeit mit der pädagogischen Praxis (DBR) eine gewinnbringende Perspektive hinsichtlich der Bedarfe an einem geeigneten Instrument detailliert erfassen. Eine weiterführende Fragestellung bietet zudem das theoriegeleitete Konstrukt *naturwissenschaftliches Potenzial*, welches aus dem Kompetenzbegriff und begabungsstützenden Persönlichkeitseigenschaften abgeleitet wurde. Im Rahmen der Studie kann das Konstrukt nicht auf Validität hin untersucht und sollte demnach in weiterführenden Untersuchungen dahingehend überprüft werden. Eine weitere bedeutsame Frage ergibt sich hinsichtlich des naturwissenschaftlichen Bildungsbereichs und der Anwendung des Bogens in der pädagogischen Praxis. Inwieweit das Instrument genutzt werden kann, wenn keine explizite naturwissenschaftliche Bildung in pädagogischen Einrichtungen stattfindet, ist unklar. Um dieser Einschränkung entgegen zu wirken, wird im Rahmen des Teilprojekts ein Instrument zur Erfassung alltagsintegrierter naturwissenschaftlicher Bildung konzipiert. Durch diesen Bogen (*NawiKita*) sollen Pädagog*innen eine Sensibilisierung in Bezug auf alltagsintegrierte naturwissenschaftliche Lerngelegenheiten und dem Sammeln von Primärerfahrungen erhalten. Diese Situationen können im pädagogischen Alltag zum einen die Förderung naturwissenschaftlicher Interessen und zum anderen eine Beobachtungsgrundlage für päd. Fachkräfte darstellen (Fthenakis et al., 2009).

Literaturverzeichnis

Anders, Y. (2013). Theoretische Vorannahmen. In Y. Anders, I. Hardy, S. Pauen, J. Ramseger, B. Sodian & M. Steffensky (Hrsg.), *Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung "Haus der kleinen Forscher"* (1. Aufl., S. 20–28). SCHUBI Lernmedien AG.

BASFI. (2012). *Hamburger Bildungsempfehlungen für die Bildung und Erziehung von Kindern in Tageseinrichtungen*. Hamburg: Freie und Hansestadt Hamburg.

BMBF (Hrsg.). (2019). Mit MINT in die Zukunft! Der MINT-Aktionsplan des BMBF [Sonderheft]. Berlin.
Bugzel, J. (2017). Mathematische Potenziale im Übergang von der Kita in die Grundschule. In C. Fischer, C. Fischer-Ontrup, F. Käpnick, F.-J. Mönks & N. Neuber (Hrsg.), *Potenzialentwicklung. Begabungsförderung. Bildung der Vielfalt.: Beiträge aus der Begabungsforschung* (S. 375–380). Waxmann Verlag.
Diekmann, A. (2012). *Empirische Sozialforschung: Grundlagen, Methoden, Anwendungen* (2007. Aufl.). *Rororo*. Rowohlt-Taschenbuch-Verl.
Flick, U. (2012). *Qualitative Sozialforschung: Eine Einführung* (5. Aufl.). *Rowohlts Enzyklopädie*. Rowohlt.
Fraundorfer, A. (2019). Begabung und ‚Begabte': Unumstößliche Realität oder soziales Konstrukt? In I. Schrittesser (Hrsg.), *Begabungsförderung Revisited. Begabungsförderung als Kinderrecht im Kontext von Diversität* (S. 29–42). Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt.
Fthenakis, W. E., Wendell, A., Eitel, A. & Deutsche Telekom-Stiftung, B. (2009). *Frühe naturwissenschaftliche Bildung. Handbuch. Natur-Wissen schaffen. Band 3*. Bildungsverlag Eins.
Fuchs, M. (2019). *Alle Kinder sind Matheforscher: Frühkindliche Begabungsförderung in heterogenen Gruppen* (2. Aufl.). Klett Kallmeyer.
Geiling, U., Liebers, K. & Prengel, A. (2015). *Handbuch ILEA-T. Individuelle Lern-Entwicklungs-Analyse im Übergang. Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg.*
Holling, H., Preckel, F., Vock, M., Roßbach, H.-G., Baudson, T. G., Gronostaj, A., Kuger, S. & Schwenk, C. (2015). *Begabte Kinder finden und fördern. Ein Ratgeber für Eltern, Erzieherinnen und Erzieher, Lehrerinnen und Lehrer*. BMBF.
Käpnick, F. (2014). Fachdidaktik Mathematik. *International Panel of Experts for Gifted Education (iPEGE)(Hrsg.): Professionelle Begabtenförderung: Fachdidaktik und Begabtenförderung, ÖZBF (Eigenverlag), Salzburg*, 199–215.
KMK (2009). Empfehlung der Kulturministerkonferenz zur Stärkung der mathematisch naturwissenschaftlich-technischen Bildung: Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 07.05.2009.https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2009/2009_05_07-Empf-MINT.pdf; zuletzt geprüft am 29.10.2021
Köster, H., Mehrtens, T. & Müller, F. (im Druck). Merkmale naturwissenschaftlicher Begabung bei Kindern im Kita- und Grundschulalter: Ein Modell. In G. Weigand & Fischer, C., et al. (Hrsg.), *Leistung macht Schule. Begabung- und Begabtenförderung als Schul- und Unterrichtsentwicklung.* Wbv.
Köster, H., Waldenmaier, C. & Schiemann, N. (2011). Zur Engagiertheit von Kindern im naturwissenschaftsbezogenen Grundschulunterricht. *PhyDid B-Didaktik der Physik-Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*.
Krammer, K. & Reusser, K. (2005). Unterrichtsvideos als Medium der Aus-und Weiterbildung von Lehrpersonen. *Beiträge zur Lehrerinnen-und Lehrerbildung*, *23*(1), 35–50.
Kuckartz, U. (2018). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung* (4. Aufl.). *Grundlagentexte Methoden*. Beltz Juventa.
Kuckartz, U. & Rädiker, S. (2020). *Fokussierte Interviewanalyse mit MAXQDA: Schritt für Schritt* (1. Auflage 2020). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-31468-2
Mandl, H. & Kopp, B. (2006). *Blended Learning: Forschungsfragen und Perspektiven* (128) [Forschungsbericht, Ludwig-Maximilians-Universität München]. RIS. https://epub.ub.uni-muenchen.de/905/1/Forschungsbericht182.pdf
Nölke, C. (2013). *Erfassung und Entwicklung des naturwissenschaftlichen Interesses von Vorschulkindern* [Kiel, Christian-Albrechts-Universität, Diss., 2013, Universitätsbibliothek Kiel, Kiel]. Deutsche Nationalbibliothek.
Reinmann, G. (2005). Innovation ohne Forschung? Ein Plädoyer für den Design-Based Research-Ansatz in der Lehr-Lernforschung. *Unterrichtswissenschaft*, *33*(1), 52–69.
Rohrmann, S. & Rohrmann, T. (2017). *Begabte Kinder in der KiTa* (M. Holodynski, D. Gutknecht & H. Schöler, Hg.). Kohlhammer Verlag.
Schreier, M. (2014). Varianten qualitativer Inhaltsanalyse: ein Wegweiser im dickicht der Begrifflichkeiten. In Forum Qualitative Sozialforschung/Forum: Qualitative Social Research (Vorsitz).
Steffensky, M. (2017). Naturwissenschaftliche Bildung in Kindertageseinrichtungen. *Weiterbildungsinitiative Frühpädagogische Fachkräfte, WiFF Expertisen, Bd*, *48*.
Tuma, R. & Schnettler, B. (2014). Videographie. In N. Baur & J. Blasius (Hrsg.), *Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung* (S. 875–886). Springer Fachmedien Wiesbaden.

Albert Teichrew[1] [1]Goethe-Universität Frankfurt am Main
Jan Winkelmann[2] [2]Pädagogische Hochschule Schwäbisch Gmünd

Ein Fragebogen zum Umgang mit Modellen im Unterricht

Trotz der Popularität didaktischer Konzeptionen zum Thema *Nature of Science* (NoS) (vgl. Höttecke & Allchin, 2020; Lederman, 2007) sind bei Lehrkräften alternative Vorstellungen zur naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung verbreitet. Oft sind sie für das Thema NoS kaum sensibilisiert oder haben Schwierigkeiten, es zu unterrichten (Billion-Kramer, Lohse-Bossenz, Dörfler & Rehm, 2020). Zudem trägt der Einsatz von Unterrichtsmaterialien zur expliziten Behandlung von NoS kaum dazu bei, dass Wissenschaftsverständnis bei Lehrkräften einen ähnlichen Stellenwert im Unterricht genießt wie klassisches Fachwissen (Bartos & Lederman, 2014). Stattdessen wird eine frühzeitige, dauerhafte und kontextualisierte Auseinandersetzung mit NoS empfohlen, die bereits bei der Unterscheidung von Beobachtung und Schlussfolgerung anfängt (Akerson, Buck, Donnelly, Nargund-Joshi & Weiland, 2011).
Ein möglicher Weg ist, das Fachwissen über naturwissenschaftliche Phänomene generell in Form von theoretischen Modellen einzuführen (mentale Konstrukte, auf denen die Schlussfolgerungen beruhen), die sich im Prozess der Erkenntnisgewinnung in Experimenten bewähren (reale Phänomene, die beobachtet werden können; Teichrew & Erb, 2020). Dabei spielt vor allem das Modellverständnis der Lehrenden eine große Rolle, das sich auch in ihrer Unterrichtsplanung widerspiegelt (Windschitl & Thompson, 2006). Um den Effekt entsprechender Fortbildungen zum reflektierten Umgang mit Modellen im Unterricht zu messen, wird deshalb der Versuch unternommen, das Modellverständnis der Lehrkräfte mit einem Fragebogen zu ihrem Umgang mit Modellen im Unterricht unabhängig von konkreten Beispielen oder Fachinhalten zu erheben.

Ein **Fragebogen** mit Aussagen zu Modellen als Werkzeugen der Erkenntnisgewinnung und einem entsprechenden Umgang mit ihnen im Unterricht ermöglicht es Lehrkräften, sozial erwünschte Antworten zu geben. Deshalb wurden zunächst naive Aussagen formuliert, die Modelle als richtige und alternativlose Erklärungen – im Sinne direkter Kopien des modellierten Phänomens – im Unterricht darstellen. Beim Wort *Modell* sollten die Lehrkräfte allerdings nicht nur an bekannte wissenschaftliche Modelle wie z.B. das Atommodell denken, sondern auch an *Texte, Skizzen, Abbildungen, Gleichungen oder Simulationen*, die als Repräsentationen jeweils Ausdruck von Modellen sind. Angelehnt an die Struktur der Modellkompetenz nach Upmeier zu Belzen und Krüger (2010) wurden insgesamt 15 Aussagen formuliert (z.B. tes2: *Ich achte darauf, dass keine falschen Modelle gelehrt werden*), deren Ablehnung als Merkmal eines hohen Modellverständnisses interpretiert werden soll. Sie teilen sich dabei auf in Aussagen zum *Wesen* der im Unterricht vorkommenden Modelle (Kenntnisse über Modelle, ebd.) und zu ihrem *Einsatz* im Unterricht (Modellbildung, ebd.). Um den Effekt der Linkslastigkeit von horizontalen Likert-Skalen zu umgehen, wird die Option der Ablehnung der naiven Aussagen nicht zuerst genannt (vgl. Chyung, Kennedy & Campbell, 2018), sondern zuletzt (Rating von *stimme voll und ganz zu* [1] bis *stimme überhaupt nicht zu* [5]). Damit stehen bei der Interpretation der Ergebnisse höhere Zahlen für eine größere Ablehnung, die als Indikator für ein höheres Modellverständnis gelten soll.

In der **Pilotierung** haben Lehrkräfte mit naturwissenschaftlichen Fächern aus der Umgebung von Frankfurt am Main und Schwäbisch Gmünd den Fragebogen als Teil einer größeren Befragung zu Idealisierungen und Modellen (vgl. Winkelmann, 2019) online abgeschlossen ($N = 50$). Für die Aussagen zum Wesen (Fälle pro Item > 8) und zum Einsatz (Fälle pro Item > 5) der im Unterricht verwendeten Modelle wurden jeweils explorative Faktorenanalysen gerechnet (Extraktion mit Maximum-Likelihood-Methode und Varimax-Rotation). Es liegt in beiden Fällen eine ausreichend hohe Korrelation vor (KMO = .701, Bartlett Test: Chi Quadrat(15) = 49.58, $p < .001$; KMO = .643, Bartlett Test: Chi Quadrat(36) = 128.69, $p < .001$). Eine Überprüfung der Scree-Plots rechtfertigt die Extraktion von einmal zwei und einmal drei Faktoren, die eine Gesamtvarianz von 42 % und 56 % aufklären. Die Rotationen liefern Ergebnisse, bei denen die meisten Items nur auf einen Faktor hohe Ladungen zeigen (s. Tab. 1). Ein Item zeigt ähnlich hohe Ladungen auf zwei Faktoren (zwe3 mit $\Delta L < .20$) und wurde aus den weiteren Berechnungen ausgeschlossen. Außerdem weist F5 keine ausreichend hohe interne Reliabilität auf ($\alpha_C < .60$), sodass dieser Faktor nicht interpretiert wurde. Die Interpretation der Ergebnisse der Faktorenanalysen lieferte somit vier Faktoren (s. Tab. 2).

Tab. 1: Ergebnisse der explorativen Faktorenanalysen der Aussagen zum Einsatz (links, n = 48) und zum Wesen der Modelle im Unterricht (rechts, n = 46)

Aussage	Ladungen		ΔL
eig3	.72	-	-
eig1	.67	-	-
eig2	.59	.32	.27
alt2	-	.67	-
alt1	-	.62	-
alt3	-	.48	-
α_C	.69 (F1)	.61 (F2)	

Aussage	Ladungen			ΔL
zwe1	.75	-	-	-
zwe3	.59	-	.48	.11
zwe2	.56	-	-	-
tes3	.54	-	-	-
aen1	-	.78	.31	.47
tes2	-	.66	-	-
tes1	-	.65	-	-
aen2	-	-	.91	-
aen3	-	-	.76	-
α_C	.64 (F3)	.73 (F4)	.53 (F5)	

Anmerkungen: ΔL = Differenz der Ladungen, α_C = Cronbachs α

Tab. 2: Deskriptive Ergebnisse der vier Faktoren

	Bezeichnung	Beispielitem	*n*	*M (SD)*	95% KI
F1	Modelle entsprechen der Realität	eig3*: Ich entwickle Modelle, die genauso sind wie das Phänomen.*	50	3.23 (.75)	[3.01, 3.44]
F2	Modelle brauchen keine Alternativen	alt2*: Ich glaube, dass durch ein gutes Modell keine Fragen mehr offenbleiben.*	48	3.59 (.80)	[3.36, 3.82]
F3	Modelle dienen der Erklärung	zwe1: *Ich verwende Modelle, um zu erklären, wie es zu dem Phänomen kommt.*	48	1.67 (.44)	[1.55, 1.80]
F4	Modelle müssen richtig sein	aen1: *Ich verändere Modelle, wenn sie den Inhalt nicht richtig wiedergeben.*	50	2.49 (.91)	[2.24, 2.75]

Anmerkungen: KI = Konfidenzintervall

Die deskriptiven **Ergebnisse** deuten darauf hin, dass die Mehrheit der Lehrkräfte die Aussagen zum Wesen der Modelle (F1 und F2) eher ablehnt, was für ein hohes Modellverständnis in diesem Teilbereich steht. Das gilt allerdings nicht für die Aussagen zum Einsatz der Modelle (F3 und F4, s. Abb. 1).

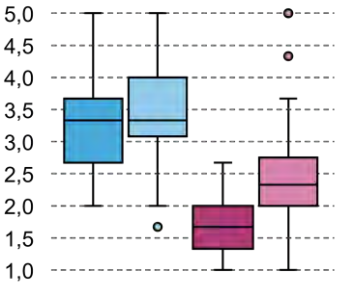


Abb. 1: Boxplots der vier Faktoren F1 (links) bis F4 (rechts)

Als ein mögliches äußeres Kriterium für das Modellverständnis der Lehrkräfte wurden u.a. die Jahre der Berufserfahrung abgefragt. Es zeigt sich jedoch, dass gerade Lehrkräfte mit mehr Berufserfahrung weniger Ablehnung gegenüber dem unreflektierten Einsatz von Modellen zur Erklärung zeigen ($n = 47$, $r = -.459$, $p < .002$, s. Abb. 2).

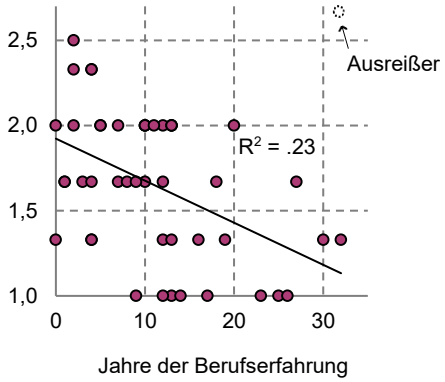


Abb. 2: Streudiagramm für Mittelwerte von F3 und den Jahren der Berufserfahrung

Zur **Diskussion** der Ergebnisse steht, inwiefern der Einsatz von Modellen zur Erklärung von Phänomenen (Erkenntnisvermittlung) der Vorstellung von Modellen als theoretische Konstrukte, deren Hypothesen überprüft werden sollten (Erkenntnisgewinnung), widerspricht. Aus unterrichtspraktischer Sicht ist das Erklären ein natürlicher Prozess, allerdings sollte eine Erklärung naturwissenschaftlicher Sachverhalte nicht den Anschein einer vollumfänglichen und abschließenden Darstellung erwecken. Gerade dieser Aspekt muss in den Aussagen des Fragebogens deutlicher hervorstechen. Auch die Verwendung von solchen absoluten Kriterien wie *richtig* und *falsch* ist zwar erkenntnistheoretisch problematisch, aber im Unterrichtskontext macht diese Unterscheidung für viele Lehrkräfte gerade im Umgang mit den Aussagen der Lernenden Sinn. Der Fragebogen wird auf Grundlage der Analysen und Rückmeldungen der Lehrkräfte überarbeitet.

Literatur

Akerson, V. L., Buck, G. A., Donnelly, L. A., Nargund-Joshi, V. & Weiland, I. S. (2011). The Importance of Teaching and Learning Nature of Science in the Early Childhood Years. *Journal of Science Education and Technology*, *20*(5), 537–549. https://doi.org/10.1007/s10956-011-9312-5

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), 1150–1184. https://doi.org/10.1002/tea.21168

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). *ZfDN*, *26*(1), 53–72. https://doi.org/10.1007/s40573-020-00112-z

Chyung, S. Y. (Yonnie), Kennedy, M. & Campbell, I. (2018). Evidence-Based Survey Design: The Use of Ascending or Descending Order of Likert-Type Response Options. *Performance Improvement*, *57*(9), 9–16. https://doi.org/10.1002/pfi.21800

Höttecke, D. & Allchin, D. (2020). Reconceptualizing nature-of-science education in the age of social media. *Science Education*, *104*(4), 641–666. https://doi.org/10.1002/sce.21575

Lederman, N. G. (2007). Nature of science: Past, present, and future. In S.K. Abell & N.G. Lederman (Hrsg.), *Handbook of research on science education* (S. 831–879). Mahwah, N.J: Lawrence Erlbaum Associates.

Teichrew, A. & Erb, R. (2020). Lernen mit Modellen und Experimenten: Von der Beobachtung zur Erkenntnis am Beispiel des Regenbogens. *MNU*, *73*(6), 481–486.

Upmeier zu Belzen, A. & Krüger, D. (2010). Modellkompetenz im Biologieunterricht. *ZfDN*, *16*, 41–57.

Windschitl, M. & Thompson, J. (2006). Transcending Simple Forms of School Science Investigation: The Impact of Preservice Instruction on Teachers' Understandings of Model-Based Inquiry. *American Educational Research Journal*, *43*(4), 783–835. https://doi.org/10.3102/00028312043004783

Winkelmann, J. (2019). Idealisierungen und Modelle im Physikunterricht. *PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*. Aachen. Verfügbar unter: http://phydid.physik.fu-berlin.de/index.php/phydid-b/article/view/938

Isabella Kollikowski[1]
Katharina Groß[1]

[1]Universität zu Köln

Eine digitale Lernumgebung zur Förderung von BNE-Lernprozessen im Chemieunterricht

Einleitung

Um die nachhaltige Entwicklung der Welt voranzutreiben und kommende Generationen für zukunftsfähiges Denken und Handeln zu befähigen, ist es notwendig, Lehr- und Lernmaterialien zu entwickeln, die das Bildungskonzept BNE (Bildung für nachhaltige Entwicklung) langfristig in die Bildungslandschaft implementieren. Charakteristisch für die Auswahl von BNE-Themen ist eine Verknüpfung von aktuellen gesellschaftsrelevanten und fachwissenschaftlichen Themen, die mehrdimensional betrachtet werden und eine Vernetzung von fachlichem und überfachlichem Wissen schaffen, welche die eigenverantwortlichen und partizipativen Lernprozesse von Schüler*innen anregt (Schreiber & Siege, 2016).
Der Chemieunterricht bietet vielfältige Möglichkeiten, dem Thema BNE angemessen zu begegnen (u.a. Linkwitz, Belova & Eilks, 2021; Zowada et al., 2019; Bohrmann-Linde & Tausch, 2019).
Eine der wichtigsten und größten Herausforderungen unserer Zeit stellt der Klimawandel dar. Als Mittel zur Einhaltung der Klimaziele werden alternativen Antriebstechniken, wie der Elektromobilität, eine große Bedeutung beigemessen. Das Wissen über Vor- und Nachteile der unterschiedlichen Antriebstechniken sowie ihre Herausforderungen und Chancen müssen deshalb auch im Chemieunterricht vermittelt werden (u.a. BMU, 2019; MSB NRW, 2019a; MSB NRW, 2019b).

Zielsetzung und Aufbau der digitalen Lernumgebung

Bisher werden BNE-Lernprozesse weitestgehend mit analogen Medien gefördert. Inhalte im Bereich BNE sind durch ihre Mehrdimensionalität jedoch sehr komplex, sodass Schüler*innen besondere Unterstützung bei der Wissensvermittlung benötigen, um die Thematik angemessen verstehen und am fachwissenschaftlichen Diskurs teilhaben zu können. Ziel des Projekts ist daher die Entwicklung einer motivierenden digitalen Lernumgebung für heterogene Lerngruppen, die ein differenziertes, selbstgesteuertes und aktives Lernen der Schüler*innen in ihrem eigenen Lerntempo ermöglicht, den kommunikativen Austausch der Schüler*innen untereinander stärkt und das Potential digitaler Medien zur Veranschaulichung komplexer Fachinhalte nutzt, um auf diese Weise neue Lernwege im Bereich BNE zu eröffnen.
Mit Blick auf dieses Ziel wird eine Lernumgebung entwickelt, die die gegenwärtigen didaktischen und medienpädagogischen Gestaltungskriterien (vgl. Mayer, 2014; Sweller, 2010; Puentedura, 2006) berücksichtigt und mit dem Programm Microsoft PowerPoint umgesetzt wird. Im Sinne eines „Click and Point“ Adventures klicken sich die Schüler*innen über Buttons selbstständig durch die Lernumgebung. Neben der digitalen Wissensvermittlung werden auch Experimente, die an Experimentierstationen analog durchgeführt werden, in die gesamte Lernumgebung eingebaut, um die Funktion der Antriebstechniken für die Schüler*innen erfahrbar zu machen.
Als **Kontext** wird der Kauf eines neuen Familienautos gewählt. Auf vier Etagen eines Autohauses werden vier verschiedene Automodelle mit unterschiedlichen Antriebstechniken vorgestellt: **Brennstoffzelle, Verbrennungsmotor, Lithium-Ionen-Akku** und **Solarzelle**.

Um der Mehrdimensionalität des Themas gerecht zu werden, erhalten die Schüler*innen über jeweils Informationen zu verschiedenen Dimensionen: **Aufbau und Funktion, Fakten-Check, Gewinnung der Rohstoffe** und **Experimente** (vgl. Abb.1). In diesem Sinne werden zu jeden Automodell ökologische, ökonomische, soziale und ethische Faktoren aufgegriffen.

Abb. 1: Elemente der digitalen Lernumgebung

Da sich die Schüler*innen mit Hilfe ihres Endgeräts selbständig durch die Lernumgebung steuern können, ist ihnen die Wahl der Reihenfolge zur Bearbeitung der vier Antriebstechniken grundsätzlich selbst überlassen. Nachdem sich die Schüler*innen mit allen vier Antriebstechniken digital und experimentell auseinandergesetzt haben, werden sie dazu aufgefordert, sich für eines der Automobile zu entscheiden und diese **Entscheidung im Sinne einer nachhaltigen Zukunft zu treffen** und auch schriftlich **zu begründen**. Im Anschluss daran erfolgt eine Gruppendiskussion über die Vor- und Nachteile der jeweiligen Antriebstechniken. Da es keine richtige oder falsche Lösung gibt, geht es insbesondere darum, bei den Schüler*innen ein Bewusstsein dafür zu schaffen, dass jede Entscheidung unter Beachtung multiperspektivischer Aspekte getroffen werden sollte.
Als **Differenzierungsmaßnahmen** werden selbsterstellte Animationen, Videos, Bilder und Grafiken eingesetzt, die wiederholt angesehen werden können. Fachbegriffe werden separat erklärt. Auch für die Durchführung und Auswertung der Experimente werden Differenzierungsmaßnahmen in Form von gestuften Lernhilfen eingesetzt. Reaktionsgleichungen sowie anspruchsvolle weiterführende Informationen können von den Schüler*innen vertiefend und bei Bedarf genutzt werden.

Pilotierung der digitalen Lernumgebung
Um erste Aussagen über die grundsätzliche Umsetzbarkeit der gleichzeitig digitalen und experimentellen Lernumgebung im Kontext Schule bzw. Chemieunterricht („usability“) machen zu können, wird diese mit 28 Schüler*innen einer Oberstufe eines Kölner Gymnasiums erprobt und bewusst offen im Hinblick auf Chancen und Herausforderungen der gesamten Lernumgebung evaluiert (vgl. Abb.2)

Abb. 2: Schritte der Untersuchung

Ergebnisse der Pilotierung
Erste Ergebnisse aus der Umsetzung der digitalen Lernumgebung werden in Tabelle 1 dargestellt.

Tab. 1: Auszug aus der inhaltsanalytischen Auswertung des halbstrukturierten Fragebogens, der teilnehmenden Beobachtung und der Dokumentenanalyse

K1 Technik: PowerPoint – Fehlerrobustheit, Steuerung
Chance: PowerPoint und Steuerung grundsätzlich bekannt *Herausforderung:* S*S wollen sich schnell durch die Lernumgebung „klicken"; Probleme bei der Nutzung der Hyperlinkstrukturen mit IPads
K2 Experimente: räumliche Gegebenheiten, Zeit, Angemessenheit des Schwierigkeitsgrads
Chance: Experimente spiegeln den fachlichen Inhalt angemessen wider; S*S motivieret das eigenständige Experimentieren *Herausforderung:* Probleme bei der Umsetzung der Experimente (u.a. Platzmangel, Ausstattung); S*S lesen Versuchsanleitungen nicht genau durch
K3 Inhalt: Angemessenheit, Darstellung, Umfang
Chance: Fachinhalt wird als angemessen herausfordernd wahrgenommen; Darbietung unterschiedlicher Informationen (Mehrdimensionalität) wird als besonders positiv hervorgehoben *Herausforderung:* S*S wünschen sich z.T. weitere Zusatzinformationen (u.a. fachlich zu Reaktionen, zur Produktion oder zu den zu erwarteten Preisentwicklungen und/oder Zulassungsbeschränkungen)
K4 Entscheidung: Wahl der Antriebstechnik
S*S erfassen zwar die Informationen aus der Lernumgebung und wägen verschiedene Argumente bei der Entscheidungshilfe ab, begründen ihre Kaufentscheidung aber mit wenigen Argumenten (v.a. Nutzung erneuerbarer Energien, lokal emissionsfrei / umweltfreundlicher, Reichweite und Preis) → Alle Schüler*innen entscheiden sich für ein Automodell, das lokal emissionsfrei ist.

Die ersten Ergebnisse zeigen, dass eine Kombination aus Wissensvermittlung im Bereich BNE mit Hilfe digitaler Medien auf der einen Seite und praktischen und eigenständigem Experimentieren auf der anderen Seite BNE-Lernprozesse bei Schüler*innen fördern kann. Insbesondere die Darbietung der digitalen Informationen in Form von Animationen, Videos und Bildern wird als sehr anschaulich und positiv wahrgenommen („*Anschauliche Erklärungen und gute Experimente*" [S2]; „*Mir hat es gefallen, dass man die Informationen digital hatte und einem zu jedem Thema Informationen zur Verfügung gestellt wurden*" [S7]) und vermag so einen Beitrag zu leisten, Schüler*innen komplexe BNE-Themen und -Inhalte zugänglich zu machen. Gleichzeitig hat sich gezeigt, dass im Sinne der Differenzierung noch stärker, d.h. individueller auf die Bedürfnisse und Wünsche der Schüler*innen eingegangen werden muss: Während sich einige Schüler*innen noch weitere vertiefende Informationen gewünscht haben, hätten andere Schüler*innen gerade beim selbstständigen Experimentieren und bei den chemisch-fachlichen Inhalten zusätzliche Hilfestellungen benötigt.

Fazit und Ausblick

Auf Grundlage der gewonnenen Erkenntnisse soll der Blick nun verstärkt auf die Einsatzmöglichkeiten digitaler Medien zur Differenzierung im Chemieunterricht gelenkt werden. Dabei soll untersucht werden, an welchen Schlüsselstellen im Chemieunterricht Differenzierungsmaßnahmen notwendig sind und wie diese konkret mit Hilfe digitaler Medien umgesetzt werden, um die Erschließung weiterer Themenfelder im Kontext BNE für heterogene Lerngruppen zu ermöglichen.

Literatur

Bohrmann-Linde & Tausch, M. (2019). Nachhaltige Chemie mit Licht – Experimentelle Zugänge in digitalen Medien. Chemkon, 28 (4), 147-154.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) (2019). klimaschutzprogramm 2030 der Bundesregierung zur Umsetzung des Klimaschutzplans 2050. Verfügbar unter: https://www.bundesregierung.de/resource/blob/974430/1679914/e01d6bd855f09bf05cf7498e06d0a3ff/2019-10-09-klima-massnahmen-data.pdf?download=1 (10.06.2021).

Linkwitz, M., Belova, N. & Eilks, I. (2021). Grüne und nachhaltige Chemie bereits im Chemieunterricht der SI? - Das Projekt "Cosmetics go green". Chemie konkret, 28, 155-161.

Mayer, R. E. (2014). The cambridge handbook of multimedia learning (2. Aufl.). Cambridge handbooks in psychology. New York: Cambridge University Press.

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

Ministerium für Schule und Bildung NRW (MSB NRW) (2019a). Leitlinie Bildung für nachhaltige Entwicklung.
Verfügbar unter: https://www.schulministerium.nrw/sites/default/files/documents/Leitlinie_BNE.pdf (10.06.2021)

Ministerium für Schule und Bildung NRW (MSB NRW) (2019b). Kernlehrplan für die Sekundarstufe I Gymnasium in Nordrhein-Westfalen – Chemie. Verfügbar unter: https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/lehrplan/198/g9_ch_klp_%203415_2019_06_23.pdf (10.06.2021)

Puentedura R. (2006). Transformation, Technology, and Education. Verfügbar unter: http://hippasus.com/rrpweblog/archives/2020/01/SAMR_A ResearchPerspective.pdf (01.08.2020)

Schreiber, J. R., & Siege, H. (2016). Orientierungsrahmen für den Lernbereich: Globale Entwicklung (2. Akt. und erweit. Aufl.). Berlin: Heenemann.

Sweller, J. (2010). Element Interactivity and Intrinsic, Extraneous, and Germane Cognitive Load. Educational Psychology Review, 22 (2), 123–138.

Zowada, C., Zuin, V., Frerichs, N. & Eilks, I. (2019). Glyphosat und grüne Pestizide - Nachhaltige Chemie und Nachhaltigkeitsbewertung im Chemieunterricht. Naturwissenschaften im Unterricht Chemie, 30 (172), 38-43l.

Katharina Flieser[1]
Karsten Rincke[1]

[1]Universität Regensburg

Textwahrnehmung von Schülerinnen und Schülern in den Naturwissenschaften
Analyse und Optimierung der wahrgenommenen Verständlichkeit eines physikalischen Sachtexts

Textverständlichkeit im Interesse der Naturwissenschaftsdidaktik

Der Umgang mit schriftlichem Textmaterial ist ein zentraler Teil des Unterrichts aller Fächer. Speziell in den Naturwissenschaften stellt die Auseinandersetzung mit Fachtexten einen wesentlichen Bestandteil des fachspezifischen Arbeitens dar (Holliday & Cain, 2012, S. 1405) und zählt daher explizit zu den prozessbezogenen Kompetenzen im Unterrichtsfach Physik (s. z.B. KMK, 2020).

Während Schülerinnen und Schüler in der Primarstufe lernen zu lesen, wird von Lernenden in der Sekundarstufe hingegen bereits erwartet, dass sie lesen um zu lernen. Es rückt also der Wissenserwerb als inhaltliches Ziel der Arbeit mit Fachtexten in den Vordergrund. Das setzt voraus, dass die Schülerinnen und Schüler den vielen expliziten und impliziten Anforderungen, die das Arbeiten mit Informationstexten mit sich bringt, gewachsen sind. Auf der expliziten Ebene stellen gerade in den Naturwissenschaften oftmals komplexe Sachstrukturen eine große kognitive Herausforderung für Schülerinnen und Schüler dar. Betrachtet man z.B. das *Construction-Integration-Model* von Walter Kintsch und Teun van Dijk (Kintsch, 1998, s. auch Lenhard, 2013, S. 20f.) oder auch Norbert Groebens Beschreibung der nötigen Teilfähigkeiten für erfolgreiches Textverständnis (Groeben 1980, Leserpsychologie, S. 18f.), wird der hohe Anforderungscharakter verstehenden Lesens deutlich: Es bedarf der Fähigkeit zu schlussfolgerndem Denken um fachtypische Kausalketten nachzuvollziehen, Behaltensprozesse im Kurzzeitgedächtnis sind nötig, um den Gesamtzusammenhang des Texts zu erfassen und mithilfe von Aktivierungsprozessen aus dem Langzeitgedächtnis werden Verknüpfungen zum Vorwissen hergestellt. Darüber hinaus stellt eine erfolgreiche fachbezogene Wissensvermittlung anhand von Texten auf impliziter Ebene hohe Ansprüche an die sprachliche Rezeptionsfähigkeit der Lesenden (s. z.B. Starauschek, 2006, S. 128) und an die Vertrautheit der Lesenden mit charakteristischen Struktur- und Sprachmerkmalen der vorliegenden Textsorte (z.B. Patterson, 2018, S. 293 oder Artelt et al., 2006, S. 16).

Für die Verständlichkeit eines Texts ist eine optimale Passung zwischen der kommunikativen Funktion und den Gestaltungsmerkmalen des Texts zentral. Die kommunikative Funktion ergibt sich dabei aus den Mitteilungsabsichten des Textautors oder der Textautorin, aus den individuellen Dispositionen der Adressaten und Adressatinnen sowie aus dem Lesezweck (Göpferich, 2008, S. 155). Die Gestaltungsmerkmale des Texts beziehen inhaltliche Aspekte sowie sprachliche Mittel der Textoberfläche mit ein.

Demzufolge ist eine mögliche Herangehensweise, um Schülerinnen und Schüler beim verstehenden Lesen zu unterstützen, eine optimierte sprachliche Textoberflächengestaltung. Als Gelingenskriterium kann einerseits der Wissenszuwachs gelten, andererseits jedoch auch die motivationale Komponente beim Lesen (Groeben, 1978, S. 80f.; Lenhard, 2013, S. 46). Indem diese Arbeit die individuelle Textwahrnehmung der Schülerinnen und Schüler fokussiert, wird eine situations- und zielabhängige Lesemotivation bedacht. Die didaktische Relevanz einer solchen Sichtweise auf die Motivation wird im Rahmenmodell zur Lernmotivation von Andreas Krapp anhand des Zusammenspiels von aktualisierter Lernmotivation und Wissenserwerb (Krapp, 1993, S. 190 f.) deutlich.

Das hier vorliegende Forschungsprojekt schreibt der subjektiven Textwahrnehmung eine mediatorische Rolle im Leseverstehensprozess zu. Es wird demnach angenommen, dass die subjektive Textwahrnehmung eine vermittelnde Position zwischen den sprachlichen Merkmalen der Textoberfläche und den üblichen Zielsetzungen der Textverständlichkeitsforschung einnimmt. Solche Ziele sind etwa Förderung der Lesekompetenz (Wild & Schilcher, 2019), kognitive Entlastung (Langer et al., 2010) oder Maximierung des Lernerfolgs (Groeben, 1978). Diese Arbeit soll dazu dienen, Einsicht in die Auswirkungen von systematischen, fachspezifischen, sprachlichen Variationen der Textoberfläche auf differenzierte Kategorien der Textwahrnehmung bei Schülerinnen und Schülern der Mittelstufe im Fach Physik zu gewinnen.

Forschungsinteresse

Für das Forschungsvorhaben stellen drei Gruppen aus sprachlichen Mitteln die unabhängigen Variablen auf der Seite der Textoberflächengestaltung dar: Es werden die Wortwahl, die Satzstruktur und der Grad der Personalisierung und der Nutzung erzählerischer Textelemente variiert. In Abhängigkeit davon werden differenzierte Aspekte der subjektiven Textwahrnehmung von Schülerinnen und Schülern und ein globaler Eindruck über die Textverständlichkeit erhoben (s. Abb. 1). Auf diese Art und Weise geht das Vorhaben den folgenden Forschungsfragen nach:

- Inwiefern beeinflussen die drei Textgestaltungsfaktoren *Wortwahl, Satzstruktur* und *Personalisierung* die differenzierten Aspekte der subjektiven Textwahrnehmung bei Schülerinnen und Schülern im Fach Physik?
- Inwiefern beeinflussen die drei Textgestaltungsfaktoren *Wortwahl, Satzstruktur* und *Personalisierung* das subjektive, globale Urteil über die Textverständlichkeit bei Schülerinnen und Schülern im Fach Physik?
- Inwiefern beeinflussen die differenzierten Aspekte der subjektiven Textwahrnehmung das subjektive, globale Urteil über die Textverständlichkeit von Schülerinnen und Schülern im Fach Physik?

Studiendesign

Die Studie wird mit Schülerinnen und Schülern der Mittelstufe an bayerischen Realschulen und Gymnasien durchgeführt. Die Lesenden haben damit die erste, dynamischere Entwicklungsphase des Leseverstehens bereits durchlaufen (Lenhard 2013, S. 39f.) und es wird davon ausgegangen, dass sie über ausreichende, grundlegende Lesefertigkeiten verfügen. Die Lesenden werden jeweils einen Einführungstext zur elektrischen Spannung lesen. Die verschiedenen Texte unterscheiden sich auf sprachlicher Ebene, jedoch (soweit trotz sprachlicher Variation möglich) nicht hinsichtlich des Inhalts. Es wurde zunächst auf Basis von in der Fachliteratur dokumentierten Textgütekriterien ein Text erstellt, von dem ausgehend acht sprachlich variierte Textversionen verfasst wurden. Die Textversionen weisen jeweils einen hohen oder niedrigen Ausprägungsgrad hinsichtlich der sprachlichen Gestaltungsmittel *Wortwahl*, *Satzbau* und *Personalisierung/erzählerische Elemente* auf. Der Versuchsplan sieht somit ein 2 x 2 x 2 – Design auf Seiten der unabhängigen Variablen vor (s. Abb. 1). Eine Expertenvalidierung der Textversionen steht aus.

Die abhängigen Variablen stellen differenzierte Aspekte der Textwahrnehmung dar. Eine breite Literaturrecherche mündete in die Konzeption eines fünf-stufigen Rating-Fragebogens, der den Eindruck der Schülerinnen und Schüler zum Text erhebt. Mithilfe einer Faktorenanalyse der Fragebogendaten sollen zunächst Kategorien der subjektiven Textwahrnehmung gebildet werden. Auf Basis dieser können dann systematische Untersuchungen zur Wirkungsweise der sprachlichen Gestaltungsmittel auf die

Abbildung 1: Illustration des Forschungsinteresses

Wahrnehmungskategorien durchgeführt werden. Begleitet wird die Erhebung von einem Test zum Wissenszuwachs. Ein identischer Prä- und Posttest wird messen, inwiefern die Schülerinnen und Schüler in der Lage sind, Informationen aus dem Text zu gewinnen und zu behalten.

Dieses Vorhaben hat zum Ziel mithilfe einer differenzierten Fokussierung der Wahrnehmungsebene genauere Einblicke in den Textverstehensprozess zu gewinnen und damit einen Beitrag dazu zu leisten, mehr über die Effekte sprachlicher Variationen zu erfahren.

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

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

Groeben, N. (1980). Leserpsychologie: Textverständnis – Textverständlichkeit. Münster: Aschendorff

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

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

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]

Louisa Morris[1,2]
Martin Hopf[1]

[1]Universität Wien
[2]Pädagogische Hochschule Wien

Energieübertragung in elektrischen Systemen mithilfe von elektromagnetischen Feldern erklären

Forschungshintergrund

Aus der fachdidaktischen Forschung ist bekannt, dass viele Schüler*innen selbst nach dem Elektrizitätslehreunterricht an beständigen Lernendenvorstellungen zu diesem Thema festhalten. Darunter finden sich auch unvollständige oder fachlich unzureichende Vorstellungen zur Energieübertragung in elektrischen Systemen (Engelhardt & Beichner, 2004; Schecker, Wilhelm, Hopf & Duit, 2018; Sefton, 2002; Trumper & Gorsky, 1993). McDermott und van Zee (1985) stellten beispielsweise fest, dass die Begriffe Energie, Strom, Leistung, Potential und Spannung häufig synonym von Schüler*innen verwendet werden. Diese Verwechslung kann zu grundlegenden Problemen beim Verständnis und der Unterscheidung der jeweiligen Konzepte führen. Auch Backhaus (1987) beschrieb Lernendenvorstellungen in diesem Zusammenhang: Einige Schüler*innen sind der Auffassung, dass Energie in den Leiterkabeln strömt, oder dass Elektronen mit Energie ‚beladen' sind und diese am Widerstand ‚abgeben'. Eng damit verknüpft ist die sogenannte ‚Verbrauchervorstellung', bei der Strom oder Energie scheinbar am Widerstand ‚aufgebraucht' wird.

Obwohl es schon einige Unterrichtskonzepte zur Elektrizitätslehre gibt, die das Thema Energie aufgreifen (Aschauer, 2017; Muckenfuß & Walz, 1997; Rückl, 1991), spielt die Energieübertragung meist nur eine geringe oder keine Rolle. In der fachdidaktischen Literatur finden sich zwar Vorschläge, wie das Thema Energieübertragung mithilfe von elektromagnetischen Feldern erklärt werden kann, es fehlen jedoch konkrete Angaben zur Umsetzung für den Unterricht (Backhaus, 1987; Sefton, 2002). Darüber hinaus gibt es amerikanisches Lehrbuch zur Physik, das sich in mehreren Kapiteln mit elektrischen Feldern in Stromkreisen befasst, die auf die Anwesenheit von Oberflächenladungen zurückgeführt werden (Chabay & Sherwood, 2007). Dieses wurde jedoch im Rahmen eines calculus-based introductory Physics course für die universitäre Ausbildung konzipiert und lässt sich daher nicht direkt für die Sekundarstufe anwenden. Der Ansatz, Oberflächenladungen zur Erklärung von Feldern heranzuziehen, findet sich auch in einigen Beiträgen in der deutschsprachigen Literatur, wobei es große Unterschiede hinsichtlich der Bedeutungszumessung dieser Oberflächenladungen gibt (Härtel, 2012; Müller, 2012).

Daraus ergibt sich eine Forschungslücke, wonach ein Unterrichtsansatz zur Energieübertragung in elektrischen Systemen für die Sekundarstufe II im deutschsprachigen Raum fehlt, um den oben beschriebenen Lernendenvorstellungen in geeigneter Weise begegnen zu können.

Forschungsziele und -design

Ziel dieses Projekts ist es, einen neuen Unterrichtsansatz für die Sekundarstufe II zu entwickeln, der Schüler*innen der 10. und11. Schulstufe die Energieübertragung in elektrischen Systemen verständlich machen soll. Insbesondere soll ein Erklärungsansatz mit elektromagnetischen Feldern untersucht werden und ein besonderer Fokus auf die Kontextualisierung gelegt werden, um die Lebenswelt der Schüler*innen miteinzubeziehen.

Forschungsfragen
Daraus leiten sich die folgenden Forschungsfragen ab:
F1: Wie sieht ein Unterrichtsansatz zur Energieübertragung in elektrischen Systemen mithilfe von elektromagnetischen Feldern aus, der Schüler*innen der Sek. II bei der Entwicklung fachlich adäquater Vorstellungen unterstützt?

F2: Inwiefern unterscheiden sich die Vorstellungen von Schüler*innen, die mit dem neuen Unterrichtsansatz unterrichtet wurden von den in der Literatur beschriebenen?

Methoden
Die Entwicklung des neuen Unterrichtskonzepts zur Energieübertragung mithilfe von EM Feldern erfolgt nach dem Design-Based-Research-Modell (Haagen-Schützenhöfer & Hopf, 2020). Im ersten Schritt wurden dazu anhand einer Literaturrecherche elementare Grundideen, sogenannte ‚Key Ideas', nach dem Modell der Didaktischen Rekonstruktion (Kattmann, Duit, Gropengiesser & Komorek, 1997) formuliert.

Diese wurden in einem nächsten Schritt dazu verwendet, einen Interviewleitfaden zu erstellen, der für Akzeptanzbefragungen herangezogen wird. Die Methode der Akzeptanzbefragung geht auf Jung (1992) zurück und wurde von Wiesner und Wodzinski (1996) weiterentwickelt. Bei einer Akzeptanzbefragung handelt es sich um ein Interview, das dem Ablauf eines Vier-Schrittes folgt. i) Zunächst erhält die oder der Interviewpartner*in eine Erklärung. Diese kann sich auf eine Key Idea beziehen oder einen Versuch beinhalten. Beispielsweise wurden den Interviewpartner*innen in der ersten Runde von Akzeptanzbefragungen ein einfacher Stromkreis, bestehend aus zwei Kabeln, einer Batterie und einem Ventilator, gezeigt. In den Stromkreis wurde eine Strommesszange gehalten, die einen positiven Wert anzeigt, sofern der Stromkreis geschlossen ist und ein Strom fließt. Dies wird mit der Anwesenheit eines Magnetfeldes um den Leiter begründet, das sich bei einem elektrischen Stromfluss um den Leiter ausbildet. Ii) Anschließend wird nach der Akzeptanz des Erklärungsmodelles gefragt („War das für dich verständlich?"). iii) Dann wird die oder der Interviewpartner*in gebeten, die Erklärung selbst zu wiederholen. Dabei wird darauf geachtet, welche Begriffe verwendet werden. iv) Zuletzt werden eine oder mehrere Aufgaben gestellt, die sich auf den Erklärungsansatz beziehen, um das tiefere Verständnis zu hinterfragen. Der Vier-Schritt wird pro Key Idea bzw. Versuch wiederholt, sodass das gesamte Interview einer ähnlichen Struktur folgt.

Bisher wurde die erste Runde von Akzeptanzbefragungen mit 7 Schüler*innen der 11. Schulstufe durchgeführt. Die Ergebnisse der Akzeptanzbefragungen werden transkribiert und mithilfe einer qualitativen Inhaltsanalyse (Kuckartz, 2016) ausgewertet. Dabei wird ein ‚Ampelsystem' verwendet, um anzuzeigen, wenn eine Aussage als fachlich korrekt (grün), beinahe korrekt (gelb) oder inkorrekt (rot) kodiert wird. Aus der Auswertung der Interviewdaten kann darauf geschlossen werden, welche Stellen der Akzeptanzbefragung für die Interviewpartner*innen problematisch sind und ob es sich um Einzelfälle handelt. Anhand dieser Informationen kann der Interviewleitfaden für die nächste Interviewrunde überarbeitet werden, indem Aufgaben oder Key Ideas adaptiert werden. Dieser zyklische Prozess des Designs und Re-Designs wiederholt sich mehrmals, wobei in jeder Runde neue Schlüsse über die Akzeptanz des Erklärungsmodells gezogen werden können.

Interviewleitfaden
Der Interviewleitfaden für die erste Runde von Akzeptanzbefragungen besteht aus 11 Key Ideas, wobei diese in drei Gruppen (K1, K2 und K3) unterteilt sind (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Übersicht der Key Ideas (Hauptkategorien)

K1	Elektrische Systeme (elektrische Gleich- und Wechselstromkreise) können Energie übertragen.
K2	Um (geschlossene) elektrische Systeme gibt es magnetische und elektrische Felder, die sich experimentell nachweisen lassen.
K3	In einem elektrischen System wird Energie durch ein elektromagnetisches Feld von der Energiequelle zum Energieumwandler übertragen.

In der ersten Gruppe wird ein Alltagsbezug hergestellt, indem verschiedene kabelgebundene Systeme (z. B. Lampe, Föhn) und kabellose Systeme (z. B. kabellose Ladestation für ein Smartphone, elektrische Zahnbürste) besprochen werden. Für die zweite Gruppe werden zwei Versuche mit den Schüler*innen durchgeführt. Die Schüler*innen erfahren, dass es ein elektrisches Feld aufgrund der Oberflächenladungen gibt, das zum Stromfluss im Inneren des Leiters beiträgt. Der Stromfluss erzeugt wiederum ein Magnetfeld um den Leiter. Für die 3. Gruppe kann der Energiefluss näherungsweise mithilfe der Linken-Hand-Regel hergeleitet werden (siehe Abbildung 1). Es wird deutlich: In einem elektrischen System wird Energie durch ein EM Feld von der Energiequelle zum Energieumwandler übertragen.

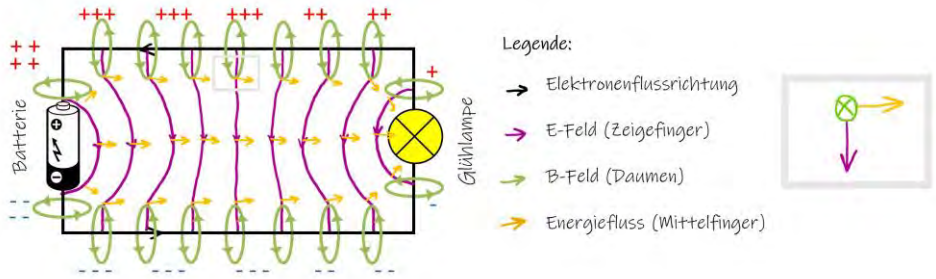


Abbildung 1: Darstellung der Energieübertragung mit elektromagnetischen Feldern mithilfe von Feldlinien gemäß Poynting (Sefton, 2002).

Aktueller Forschungsstand und Ausblick

Eine erste Auswertung der Daten zeigt, dass das Konzept insgesamt gut von den Schüler*innen aufgenommen wird. Die problematischen Passagen aus den Interviewergebnissen geben Aufschluss darauf, welche Überarbeitungen für die nächste Interviewrunde notwendig sind. So bedarf es beispielsweise noch einer Hilfestellung für die Unterscheidung des magnetischen und elektrischen Feldes. Zudem sollte das elektrische Feld in offenen Stromkreisen genauer mit den Schüler*innen besprochen werden. Zuletzt könnten alternative (3D) Darstellungsformen eine Möglichkeit bieten, das Konzept noch verständlicher zu machen.

Literaturverzeichnis

Aschauer, W. (2017). Elektrische und magnetische Felder. Dissertation. Logos Verlag Berlin GmbH.

Backhaus, U. (1987). Der Energietransport durch elektrische Ströme und elektromagnetische Felder. Praxis der Naturwissenschaften Physik, 36(3), 30. Verfügbar unter: http://www.didaktik.physik.uni-due.de/~backhaus/publicat/Energietransport.pdf

Chabay, R. W. & Sherwood, B. A. (2007). Matter & interactions (3nd ed.). Hoboken: John Wiley & Sons, Inc.

Engelhardt, P. V. & Beichner, R. J. (2004). Students' understanding of direct current resistive electrical circuits. American Journal of Physics, 72(1), 98–115. https://doi.org/10.1119/1.1614813

Haagen-Schützenhöfer, C. & Hopf, M. (2020). Design-based research as a model for systematic curriculum development: The example of a curriculum for introductory optics. Phys. Rev. Phys. Educ. Res., 16(2), 20152. https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.16.020152

Härtel, H. (2012). Voltage and Surface Charges What Wilhelm Weber already knew 150 years ago. PdN-PhyS, Vol61, 17–24.

Jung, W. (1992). Probing acceptance: A technique for investigating learning difficulties. In R. Duit, F. Goldberg & H. Niedderer (Hrsg.), Research in physics learning: theoretical issues and empirical studies. Proceedings of an international workshop held at the University of Bremen, March 4 - 8, 1991 (IPN, Bd. 131, S. 278–295). Kiel.

Kattmann, U., Duit, R., Gropengiesser, H. & Komorek, M. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion – Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung, 3, 3–18.

Kuckartz, U. (2016). Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung (Grundlagentexte Methoden, 3. Aufl.). Weinheim, Basel: Beltz Juventa.

McDermott, L. C. & Van Zee, E. H. (1985). Identifying and Addressing Student Difficulties with Electric Circuits. In R. Duit, C. v. Rhöneck & W. Jung (Hrsg.), Aspects of understanding electricity. Proceedings of an international workshop (IPN-Arbeitsberichte, Bd. 59, S. 39–48). Kiel: Schmidt und Klaunig.

Muckenfuß, H. & Walz, A. (Hrsg.). (1997). Neue Wege im Elektrikunterricht. Vom Tun über die Vorstellung zum Begriff (Unterrichtshilfen Naturwissenschaften, 2., überarb. Aufl.). Köln: Aulis-Verl. Deubner.

Müller, R. (2012). A semiquantitative treatment of surface charges in DC circuits. American Journal of Physics, 80(9), 782–788. https://doi.org/10.1119/1.4731722

Rückl, E. (1991). Feldenergie. Ein neues didaktisches Konzept. Teilw. zugl.: Hannover, Univ., Habil.-Schr., 1989 u.d.T.: Rückl, Eckhard: Zur Feldenergie im Physikunterricht. Mannheim: BI-Wiss.-Verl.

Schecker, H., Wilhelm, T., Hopf, M. & Duit, R. (Hrsg.). (2018). Schülervorstellungen und Physikunterricht. Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-57270-2

Sefton, I. M. (2002). Understanding Electricity and Circuits: What the Text Books Don't Tell You. Proceedings of the 9th Science Teachers Workshop, Sydney.

Trumper, R. & Gorsky, P. (1993). Learning about energy: The influence of alternative frameworks, cognitive levels, and closed-mindedness. Journal of Research in Science Teaching, 30(7), 637–648. https://doi.org/10.1002/tea.3660300704

Wiesner, H. & Wodzinski, R. (1996). Akzeptanzbefragungen als Methode zur Untersuchung von Lernschwierigkeiten und Lernverläufen. In R. Duit (Hrsg.), Lernen in den Naturwissenschaften (Bd. 151, S. 250–274). Kiel: IPN.

Ralf Auer[1]
Arno Pfitzner[1]
Oliver Tepner[1]

[1]Universität Regensburg

Entwicklung einer Fortbildung zu Lithium-Ionen-/ Redox-Flow-Systemen

Durch die sukzessive Einführung des neuen LehrplanPLUS in Bayern ergeben sich neue Schwerpunkte und Ansätze, die in Lehrkräfte-Fortbildungen thematisiert werden. So lässt sich der fachliche Hintergrund der Fortbildung in Bereiche der Elektrochemie einordnen, die beispielsweise in der neunten Jahrgangsstufe der Realschulen sowie der Gymnasien gefordert werden (Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung München, 2021b, 2021c). Neben der Vermittlung kognitiver Fähigkeiten und Fertigkeiten steht aber auch die Vermittlung des naturwissenschaftlichen Handelns im Vordergrund. So sollen die Schüler:innen im Verlauf ihrer Schullaufbahn verschiedene Gesichtspunkte der experimentellen Kompetenz kumulativ und ihrem Alter entsprechend erlernen (KMK, 2020; Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung München, 2021a). Diese Grundgedanken kommen auch in den amerikanischen Bildungsstandards zum Tragen (National Research Council, 1996, 2012), die Überschneidungen mit den deutschen Bildungsstandards im Bereich der Erkenntnisgewinnung aufweisen (KMK, 2005).

Theoretischer Hintergrund

Lehrkräfte-Fortbildungen
In der eineinhalbtägigen Lehrkräfte-Fortbildung geht es um die fachlichen Themen der Lithium-Ionen- und Redox-Flow-Systeme. Unter anderem wird die Wahl der Themen damit einem gewissen Alltagsbezug gerecht, da Akkumulatoren in mobilen Geräten (z.B. Smartphones, etc.) unmittelbar erfahrbar sind und das Thema Energiespeicherung aktuell in vielen Medien präsent ist. Neben fachlichen Inhalten sollen u.a. fachdidaktische Themen, wie die Förderung der experimentellen Kompetenz bei Schülerinnen und Schülern, diskutiert werden. Die Lehrkräfte werden dazu angehalten die vorgestellten Experimente durchzuführen und die verwendeten Materialien selbst anzuwenden. Neben der Möglichkeit der Teilnahme in Fortbildungszentren besteht für Lehrkräfte die Option, schulinterne Fortbildungen abzuhalten (Daus et al., 2004; Ropohl et al., 2016).

Reflexion
Unter Reflexion lässt sich ein gezieltes Nachdenken über Handlungen verstehen. Diese Handlungen werden anhand von Kriterien entweder im Einzelnen oder im Dialog mit Anderen systematisch geklärt (Wyss, 2013). Aufbauend auf diesem Gedanken wird ein Kriterienkatalog erstellt, mit dem die Reflexion der Lehrkräfte über einzelne Aspekte der Experimente und die dabei aufgetretenen Schwierigkeiten angeleitet werden soll. Ziel ist es, unter Verwendung von Selbst- und Fremdreflexion als Fördermaßnahme, die Auswirkungen auf die experimentelle Kompetenz zu erfassen.

Experimentelle Kompetenz
Eine zentrale Rolle im naturwissenschaftlichen Unterricht spielt das Experiment. Schülerinnen und Schüler sollen Fähigkeiten und Fertigkeiten erlernen, die für die Auseinandersetzung mit experimentellen Aufgaben wichtig sind (KMK, 2020; Tesch & Duit, 2004). Demzufolge ist auch die Vermittlung der experimentellen Kompetenz Aufgabe der Lehrkräfte im Unterricht (Gut-Glanzmann & Mayer, 2018). Experimentelle Kompetenz

umfasst alle Fähigkeiten und Fertigkeiten, die notwendig sind, um ein Experiment planen, durchführen und im Anschluss daran die gesammelten Daten auswerten und interpretieren zu können (Schreiber et al., 2016). In zahlreichen Modellierungen wird eine Einteilung des experimentellen Prozesses in drei Phasen vorgenommen. Eine Übersicht über diese bieten Emden und Sumfleth (2012) und, in Erweiterung daran, Emden et al. (2016). Der Experimentierprozess verhält sich dabei nicht linear, sondern kann als zyklischer Prozess aufgefasst werden (Klahr, 2000; Schreiber et al., 2016; Walpuski, 2006). Aufbauend auf dieser Phasierung des Experimentierprozesses können weitere Teilkompetenzen, die in den einzelnen Phasen auftreten, unterschieden werden (Hammann, 2004; Klahr & Dunbar, 1988; Maiseyenka et al., 2011; Meier & Mayer, 2014; Schreiber et al., 2009). Trotz der unterschiedlichen Entwicklungsansätze der Autoren:innen lassen sich Gemeinsamkeiten herausarbeiten, wie beispielsweise die Generierung von Hypothesen, die Planung und der Aufbau von Versuchen sowie die nachfolgende Verarbeitung von Messdaten. Diese Überlegungen sollen als Grundlage dieser Studie dienen und knüpfen an Telser (2019) an.

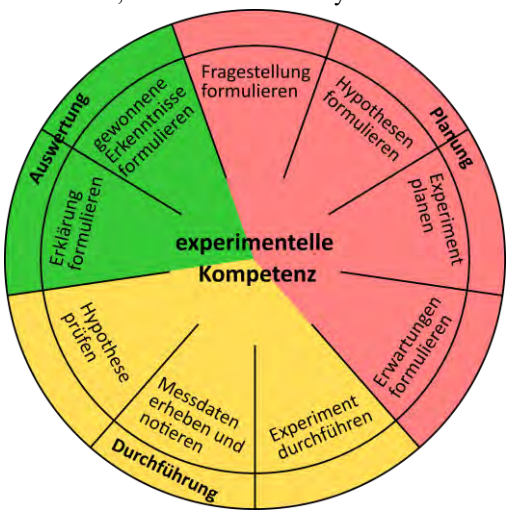


Abb. 1: Teilaspekte der experimentellen Kompetenz (verändert nach Telser (2019))

Fortbildungsdesign

Schwerpunkte des Projektes sind die Förderung der experimentellen Kompetenz von Lehrkräften sowie des damit verbundenen Fachwissens zu Themen von Lithium-Ionen- und Redox-Systemen. Neben diesen beiden Aspekten soll die Reflexion von zuvor erhobenem Videomaterial als Fördermaßnahme der experimentellen Kompetenz dienen.

Zur Beantwortung der Frage, ob das Fachwissen der Lehrkräfte im Rahmen einer eineinhalbtägigen Fortbildung zu Theorien und Experimenten aus den Bereichen der Lithium-Ionen- und Redox-Flow-Systeme gefördert werden kann, kommen Messinstrumente zur Erhebung des Fachwissens in einem Prä-Post-Follow-Up-Design zum Einsatz. Diese umfassen Items aus beiden fachlichen Schwerpunkten der Fortbildung und werden am Anfang und am Ende der Fortbildung sowie sechs Monate nach Ende der Fortbildung erhoben. Die Testitems werden zu den jeweiligen Zeitpunkten in einer variierenden Reihenfolge abgefragt. Die Förderung des Fachwissens zu beiden Teilbereichen wird in zwei separaten Einheiten im Laufe der Fortbildung behandelt und dient auch als Grundlage für die daran anschließenden Experimente.

Die Messung der experimentellen Kompetenz erfolgt durch Videographie der Lehrkräfte bei der Durchführung von Realexperimenten. Dabei sollen die Lehrkräfte in Partnerarbeit ausgewählte Versuche zur Elektrochemie behandeln. Da hierbei das notwendige Fachwissen keinen Einfluss nehmen soll, werden schulrelevante Experimente ausgewählt, deren fachlicher Hintergrund den Lehrkräften bereits bekannt sein müsste. Die Erhebung der experimentellen Kompetenz erfolgt an vier Messzeitpunkten, die jeweils am Anfang und am Ende der Fortbildungstage zu verorten sind. Die Videos durchlaufen im Anschluss an die Fortbildungsmaßnahme eine doppelte Kodierung durch zwei Kodierer:innen, wobei die Videos turnbasiert kodiert und die experimentellen Probleme der Lehrkräfte sowie die Dauer

der einzelnen Versuchsphasen erhoben werden. Eine abnehmende Dauer der Phasen sowie die Reduzierung der Fehler beim Experimentierprozess werden als gelungene Intervention interpretiert (Telser, 2019). Die Förderung der experimentellen Kompetenz erfolgt an zwei Fortbildungsabschnitten. Zum einen wird das gewonnene Videomaterial durch die Lehrkräfte reflektiert, zum anderen wenden die Lehrkräfte die Fördermaßnahmen der experimentellen Kompetenz bei Schülerinnen und Schülern selbst an.
Um einen Vergleich zwischen Fremd- und Selbstreflexion und die Auswirkungen auf die experimentelle Kompetenz der Lehrkräfte zu schaffen, werden die am Ende des zweiten Kurstages erhobenen Videodaten herangezogen. Ein Teil der Fortbildungsteilnehmer:innen wird darum gebeten, ihre Videomaterialien bis zum zweiten Fortbildungstag zu sichten. Dafür erhalten die Lehrkräfte die eigenen Videodaten sowie einen Kriterienkatalog, anhand dessen die Videos reflektiert werden. In der zweiten Gruppe wird das Videomaterial von speziell geschulten Kodierern:innen mithilfe eines Kriterienkatalogs ausgewertet. Im Anschluss daran wird den Lehrkräften eine individuelle Rückmeldung gegeben. Zur Messung der Auswirkung dieses Vorgehens werden zu Beginn des zweiten Kurstages die Lehrkräfte erneut videographiert und die Fehler und Zeiten im Vergleich zum Prätest analysiert.

Ausblick

Im Frühjahr 2022 soll die Präpilotierung des Projektes beginnen. Dabei werden die Fortbildungsinhalte sowie die entwickelten Testinstrumente und Materialien an einem Kurs mit 14 Studierenden überprüft. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse werden anschließend zur Überarbeitung genutzt. Die darauffolgende Pilotierung wird Mitte des kommenden Jahres stattfinden. Hierzu wird Lehrkräften des Gymnasiums und der Realschule ein Fortbildungsangebot gestellt. Aus den Daten der Präpilotierung sowie der Pilotierung werden Anregungen zur Überarbeitung gezogen, sodass Ende des kommenden Jahres die Hauptstudie beginnen kann.
Aufbauend auf dem in der Fortbildung vermittelten Fachwissen sollen die Auswirkungen der Fortbildungsmaßnahme auf das Fachwissen der Schülerinnen und Schüler untersucht werden. Dazu wird ein Wissenstest generiert, der in verschiedenen Klassen nach der Durchführung einer Lernsequenz zu Lithium-Ionen- und Redox-Flow-Systemen erhoben wird. Den Lehrkräften werden die Materialien und die Experimentierkästen zur Durchführung der Unterrichtssequenz zur Verfügung gestellt.

Literatur

Daus, J., Pietzner, V., Höner, K., Scheuer, R., Melle, I., Neu, C., Schmidt, S. & Bader, H. J. (2004). Untersuchung des Fortbildungsverhaltens und der Fortbildungswünsche von Chemielehrerinnen und Chemielehrern. CHEMKON, 11(2), 79–85. https://doi.org/10.1002/ckon.200410007

Emden, M., Koenen, J. & Sumfleth, E. (2016). Fördern im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung: Experimentieren im Inquiry-Ansatz. In J. Koenen, M. Emden & E. Sumfleth (Hrsg.), Ganz In - Materialien für die Praxis. Chemieunterricht im Zeichen der Erkenntnisgewinnung (S. 9–18). Waxmann.

Emden, M. & Sumfleth, E. (2012). Prozessorientierte Leistungsbewertung: Zur Eignung einer Protokollmethode für die Bewertung von Experimentierprozessen. Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht, 65(2), 68–75.

Gut-Glanzmann, C. & Mayer, J. (2018). Experimentelle Kompetenz. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung (S. 121–140). Springer Berlin Heidelberg.

Hammann, M. (2004). Kompetenzentwicklungsmodelle: Merkmale und ihre Bedeutung - dargestellt anhand von Kompetenzen beim Experimentieren. Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht, 57(4), 196–203.

Klahr, D. (2000). Exploring science: The cognition and development of discovery processes. MIT Press.

Klahr, D. & Dunbar, K. (1988). Dual Space Search During Scientific Reasoning. Cognitive Science, 12(1), 1–48. https://doi.org/10.1207/s15516709cog1201_1

KMK. (2005). Beschlüsse der Kultusministerkonferenz: Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss - Beschluss vom 16.12.2004. Luchterhand.

KMK. (2020). Bildungsstandards im Fach Chemie für die Allgemeine Hochschulreife: Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 18.06.2020. Carl Link.

Maiseyenka, V., Nawrath, D. & Schecker, H. (2011). Modellbasierte Diagnose und Förderung experimenteller Kompetenz. In D. Höttecke (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Bildung als Beitrag zur Gestaltung partizipativer Demokratie: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Potsdam 2010 (Bd. 31, S. 507–509). LIT-Verl.

Meier, M. & Mayer, J. (2014). Selbständiges Experimentieren: Entwicklung und Einsatz eines anwendungsbezogenen Aufgabendesigns. Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht, 67(1), 4–10.

National Research Council. (1996). National Science Education Standards. National Academies Press. https://doi.org/10.17226/4962

National Research Council. (2012). Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas. National Academy Press. https://doi.org/10.17226/13165

Ropohl, M., Schönau, K. & Parchmann, I. (2016). Welche Wünsche und Erwartungen haben Lehrkräfte an aktuelle Forschung als Gegenstand von Fortbildungsveranstaltungen? CHEMKON, 23(1), 25–33. https://doi.org/10.1002/ckon.201610256

Schreiber, N., Theyßen, H. & Schecker, H. (2009). Experimentelle Kompetenz messen?! PhyDid A - Physik und Didaktik in Schule und Hochschule, 3(8), 92–101.

Schreiber, N., Theyßen, H. & Schecker, H. (2016). Process-Oriented and Product-Oriented Assessment of Experimental Skills in Physics: A Comparison. In N. Papadouris, A. Hadjigeorgiou & C. P. Constantinou (Hrsg.), Insights from Research in Science Teaching and Learning (S. 29–43). Springer International Publishing.

Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung München. (2021a, 15. Juni). LehrplanPLUS - Gymnasium - 11 - Chemie - Fachlehrpläne. https://www.lehrplanplus.bayern.de/fachlehrplan/gymnasium/11/chemie

Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung München. (2021b, 15. Juni). LehrplanPLUS - Gymnasium - 9 - Chemie - Fachlehrpläne. https://www.lehrplanplus.bayern.de/fachlehrplan/gymnasium/9/chemie/ch-ntg

Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung München. (2021c, 15. Juni). LehrplanPLUS - Realschule - 9 - Chemie - Fachlehrpläne. https://www.lehrplanplus.bayern.de/fachlehrplan/realschule/9/chemie/wpfg1

Telser, V. (2019). Erfassung und Förderung experimenteller Kompetenz von Lehrkräften im Fach Chemie: Studien zum Physik- und Chemielernen: Band 282. Logos Verlag.

Tesch, M. & Duit, R. (2004). Experimentieren im Physikunterricht – Ergebnisse einer Videostudie. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 10, 51–69.

Walpuski, M. (2006). Optimierung von experimenteller Kleingruppenarbeit durch Strukturierungshilfen und Feedback. Studien zum Physik- und Chemielernen: Bd. 49. Logos Verlag.

Wyss, C. (2013). Unterricht und Reflexion: Eine mehrperspektivische Untersuchung der Unterrichts- und Reflexionskompetenz von Lehrkräften. Empirische Erziehungswissenschaft: Bd. 44. Waxmann.

Martin Steinbach[1]
Carolin Eitemüller[1]
Maik Walpuski[1]

[1] Universität Duisburg-Essen

Kompetenzmodellierung in der organischen Chemie

Theoretischer Hintergrund:

Mit einer Abbruchquote von 43 % belegt das Studienfach Chemie in Deutschland bezogen auf den Studienabbruch einen der obersten Plätze (Heublein et al., 2017). Dass vor allem naturwissenschaftliche Studiengänge von hohen Abbruchquoten betroffen sind, ist bereits seit Jahrzehnten bekannt. Dieser Umstand sorgt unter anderem für Prognosen, die in Zukunft einen wachsenden Mangel an Absolventen der MINT-Studiengänge für Deutschland voraussagen (Koppel & Plünnecke, 2009). Während zum Zweck der Evaluation und Optimierung von Bildungsprozessen im sekundären Bildungsbereich Kompetenzmodellierungen und -messungen eingesetzt werden (PISA, TIMSS), kommt dieses Vorgehen auf Hochschulebene bisher nur vereinzelt zum Einsatz. Für das Studienfach Chemie liegen derzeit kaum Kompetenzmodellierungen vor. Dabei birgt der Einsatz der Kompetenzdiagnostik auch auf universitärer Ebene großes Potential. Zum einem lässt sich administratives Steuerungswissen auf Systemebene generieren und zum anderem lassen sich Studierende und Lehrende in Lehr-Lernprozessen zielgerichtet unterstützen (Pant, 2013).
Da es sich bei Kompetenzen um kontextspezifische kognitive Leistungsdispositionen handelt, die sich funktional auf Situationen und Anforderungen in bestimmten Domänen beziehen (Klieme & Leutner, 2006), müssen diese fachbezogen vorgenommen werden. Dabei lässt sich eine Domäne wie die Chemie nicht durch ein einzelnes Kompetenzmodell abbilden, sondern die Fachstruktur muss in entsprechenden Modellen Berücksichtigung finden. Da innerhalb des Studienfachs Chemie vor allem die organische Chemie von Studierenden als besonders herausfordernd wahrgenommen wird (Eticha & Ochonogor, 2015) liegt der Fokus in dieser Studie auf der Entwicklung und Überprüfung eines Kompetenzmodells für die organische Chemie.

Ziele und Forschungsfragen:

Im Zentrum der Studie steht die Entwicklung eines theoretischen Kompetenzstrukturmodells für den Teilbereich der organischen Chemie auf Hochschulebene. Dazu sollen zunächst für die organische Chemie spezifische Aufgabenmerkmale identifiziert und als Teildimensionen der organisch-chemischen Kompetenz in ein Kompetenzstrukturmodell überführt werden. In einem nächsten Schritt soll der Einfluss der spezifischen Aufgabenmerkmale auf die Aufgabenschwierigkeit bestimmt werden. Aus diesen Überlegungen ergeben sich folgende Forschungsfragen:

FF1: Welche spezifischen Aufgabenmerkmale lassen sich für die organische Chemie identifizieren?
FF2: Welchen Einfluss haben die spezifischen Aufgabenmerkmale auf die Aufgabenschwierigkeit von Leistungstestaufgaben in der organischen Chemie?

Studiendesign und –methode:

Um mögliche schwierigkeitserzeugende Merkmale in organisch-chemischen Aufgaben zu identifizieren werden zunächst zwei Ansätze verfolgt. Zum einen findet eine Aufgabenanalyse von Klausuraufgaben statt und zum anderen wird einschlägige Literatur auf spezifische Merkmale hin untersucht. Bei der Aufgabenanalyse werden bereits bewertete Klausuraufgaben nach der Taxonomie von Anderson und Krathwohl (2001) zunächst auf Basis allgemeiner, fachunspezifischer Merkmale nach Schwierigkeit kategorisiert. Diese theoretische Einstufung wird anschließend mit der empirischen Lösungshäufigkeit der Aufgaben in Klausuren verglichen. Insbesondere Aufgaben, die eine große Diskrepanz in der Passung aufweisen, werden auf zusätzliche fachspezifische Schwierigkeitsmerkmale untersucht.
Die identifizierten Schwierigkeitsmerkmale werden genutzt um ein Kompetenzmodell für die organische Chemie zu entwickeln. Als Grundlage der Konstruktion dient das ESNaS Kompetenzmodell (Walpuski et al., 2010), welches eine dreidimensionale Struktur aufweist, die sich in der Vergangenheit zur Abbildung naturwissenschaftlicher Kompetenzen als fruchtbar erwiesen hat (Mayer & Wellnitz, 2014). Zur Operationalisierung des entwickelten Modells werden für jede Zelle der sich aus dem Modell ergebenen dreidimensionalen Matrix zwischen 10 und 15 Testitems konstruiert. Das entwickelte Testinstrument wird bei Studierenden eines Grundlagenmoduls der organischen Chemie im Zuge einer Pilotierung erprobt. Da aus testökonomischen Gründen nicht jeder Studierende jedes Item bearbeiten kann, wurde bei der Wahl eines Testdesigns ein Multi-Matrix-Design mit Ankeritems ausgewählt. Die gewonnenen Daten sollen auf Basis eines geeigneten Modells der Item-Response-Theorie ausgewertet werden. Für die Auswertung der Daten soll daher das Rasch-Modell Verwendung finden, da es Personen- und Aufgabenmerkmale auf einer Achse abbilden kann. Im Zuge der Pilotierung wird das Testinstrument mit Hilfe des wMNSQ-Werts auf seine Rasch-Homogenität hin überprüft (Bond & Fox, 2007). Nach einer Distraktorenanalyse werden Items mit schlechten OPC´s (Option Propability Curves) überarbeitet oder aus dem Testinstrument entfernt.
Das überarbeitete Testinstrument kommt im Zuge der Hauptstudie erneut zum Einsatz. Für die Datenerhebung der Hauptstudie sind $N > 100$ Antworten pro Item geplant. Um den Zusammenhang zwischen den spezifischen Aufgabenmerkmalen und der Komplexität der Aufgaben zu bestimmen werden Rangkorrelationen nach Spearman gerechnet. Darüber hinaus wird mit Hilfe von Regressionsanalysen die spezifische Varianz der einzelnen Schwierigkeitsmerkmale bestimmt (Moosbrugger, 2011).

Erste Ergebnisse:

Zur Beantwortung der ersten Forschungsfrage ergab die Literaturrecherche, dass in der organischen Chemie Repräsentationen unterschiedlichster Art eine große Rolle spielen (Hoffmann & Laszlo, 1991; Wu & Shah, 2004). Repräsentationen in der organischen Chemie werden genutzt, um Informationen über Moleküle oder den Ablauf von Reaktionen einfacher zugänglich zu machen. Zur Kompetenz von Studierenden in der organischen Chemie gehört daher unter anderem, diese Repräsentationen lesen und deren Aussage verstehen zu können. Für die Entwicklung des Kompetenzstrukturmodells wurde daher das Aufgabenmerkmal der

visuellen Repräsentation abgeleitet. Im Zuge der Aufgabenanalyse von Klausuraufgaben der organischen Chemie konnte darüber hinaus festgestellt werden, dass sich vor allem Aufgaben häufen, die den konkreten Verlauf von Reaktionsmechanismen thematisieren. Um der hohen Bedeutung von Reaktionsmechanismen im Kompetenzmodell Rechnung zu tragen wurde das Merkmal des mechanistischen Denkens abgeleitet. Dabei wird mechanistisches Denken definiert als die Fähigkeit Reaktionsmechanismen als eine Form des übergeordneten Konzeptwissens unter der Verwendung von kognitiv einfacher strukturiertem Wissen wie Fakten- oder Zusammenhangswissen zu lösen (vgl. Machamer et al., 2000). Die Überlegungen aus der Vorstudie münden im Kompetenzstrukturmodell aus Abbildung 1.:

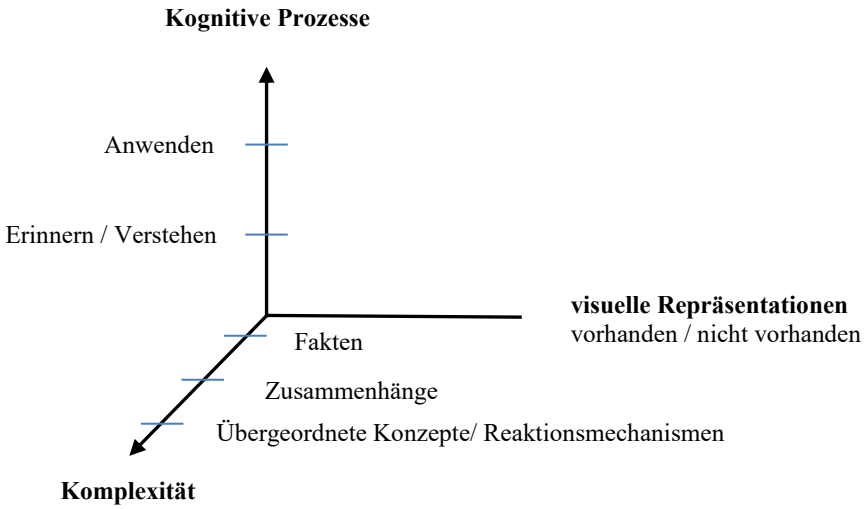


Abbildung 1.: Kompetenzstrukturmodell für die organische Chemie in der Hochschule

Zur Beantwortung der zweiten Forschungsfrage wird das Kompetenzstrukturmodell gegenwärtig durch die Konstruktion von Testitems operationalisiert. Erste Pilotierungsdaten des Testinstruments werden im Frühjahr 2022 vorliegen.

Literatur:

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 et al.: Addison Wesley Longman.

Bond, T. G., & Fox, C. M. (2007). Applying the Rasch model: Fundamental measurement in the human sciences (2nd ed.). London: Lawrence Erlbaum.

Eticha, A. T. & Ochonogor, C. E. (2015). Assessment of undergraduate chemistry students' difficulties in organic chemistry. ISTE International Conference on Mathematics, Science and Technology Education 2015. Kruger National Park, South Africa.

Heublein, U. et al. (2017). Zwischen Studienerwartungen und Studienwirklichkeit. (S. 24-28) Forum Hochschule. 2017,01. Hannover.

Hoffmann, R. & Laszlo, P. (1991). Darstellungen in der Chemie – Die Sprache der Chemiker. In: Angew. Chem. 103, (S. 1-16).

Klieme, E. & Leutner D. (2006). Kompetenzmodelle zur Erfassung individueller Lernergebnisse und zur Bilanzierung von Bildungsprozessen. In: Zeitschrift für Pädagogik 52(6) (S. 876–902).

Koppel, O. & Plünnecke, A. (2009). Fachkräftemangel in Deutschland. Bildungsökonomische Analyse, politische Handlungsempfehlungen, Wachstums- und Fiskaleffekte, (S. 13-26).

Machamer, P., Darden, L. & Craver, C. F. (2000) Thinking about mechanisms, In: Philosophy of Science, 67, (S. 1- 25).

Mayers, J. & Wellnitz N. (2013). Die Entwicklung von Kompetenzstrukturmodellen. In: D. Krüger, I. Parchman & H. Schecker (Hrsg.) Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung, (S. 19-31).

Moosbrugge, H. (2011). Lineare Modelle. Regressions- und Varianzanalysen. (4. Aufl.). Hans Huber

Pant, H.A. (2013). Wer hat einen Nutzen von Kompetenzmodellen? In: Zeitschrift für Erziehungswissenschaft 16, (S. 71-79).

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.

Wu, H. K. & Shah, P. (2004). Exploring visuospatial thinking in chemistry learning. In: Science Education, 88, (S. 465-492).

Patricia Kühne[1]
Julian Heeg[1]
Sarah Hundertmark[1]

[1]Leibniz Universität Hannover

Entwicklung und Erprobung eines E-Learning-Konzeptwechseltextes zu „Lösevorgängen“

Ausgangslage und Zielsetzung

Lernendenvorstellungen nehmen im Chemieunterricht eine zentrale Rolle ein und sind eine ausführlich erforschte Thematik (Baalmann et al., 2004; Duit, 2009; Gropengießer & Marohn, 2018). Im Rahmen einer konstruktivistischen Sichtweise gelten Lernendenvorstellungen als Lernausgangslage bzw. Lernmittel für einen erfolgreichen Unterricht (Baalmann et al., 2004). Denn ohne die Kenntnisse über das Verständnis und die Gedanken der Lernenden über ein Sachgebiet ist eine Gestaltung eines Lehr-Lernprozesses nicht zielführend möglich (Duit, 1999). Zwar gibt es für den Umgang mit Lernendenvorstellungen im Unterricht unterschiedliche Ansätze (Beerenwinkel, 2006; Guzzetti et al., 1997; Marohn, 2008a; Steininger & Lembens, 2011; Stenzel & Eilks, 2005), allerdings wird häufig kritisiert, dass trotz umfangreicher Erkenntnisse aus jahrzehntelanger Forschung zu Lernendenvorstellungen und deren Diagnose im Unterricht nur wenig praxisnahe bzw. direkt anwendbare Umsetzungen für den Unterricht existieren (Egbers & Marohn, 2013). Ein Ansatz für den Umgang mit Lernendenvorstellungen sind Konzeptwechseltexte (Beerenwinkel, 2006; Guzzetti et al., 1997). Diese Textsorte stellt ein Lehr-Lern-Material dar, welches bewusst alternative Lernendenvorstellungen aufgreift, die vor dem Hintergrund wissenschaftlich anerkannter Vorstellungen widerlegt werden. So werden die Lernenden gezielt zur Erweiterung ihrer bisherigen Vorstellungen angeleitet, wodurch sie ein Konzeptwechsel in Richtung fachlich angemessener Vorstellungen durchlaufen (Egbers & Marohn, 2013). Die Konzeptwechseltexte unterscheiden sich von Studie zu Studie besonders bezüglich der verwendeten Textsorten (Beerenwinkel et al., 2011). Bisher sind Konzeptwechseltexte allerdings nur in analoger Form zu finden. Digital unterstützende Texte werden zunehmend populärer (Grospietsch & Mayer, 2021). Ein E-Learning-Konzeptwechseltext bietet im Gegensatz zu den rein analogen Texten das Potential, verschiedene Modalitäten und unterschiedliche Elemente zielführend zu kombinieren (Mayer, 2014).

Daher wird in diesem Beitrag die Entwicklung und Erprobung einer E-Learning-Konzeptwechseleinheit auf ILIAS durchgeführt. Da der Fokus auf der Digitalisierung eines Konzeptwechseltextes liegt, bilden hierfür bestehende analoge Konzeptwechseltexte zum Thema Lösevorgänge die Grundlage (Egbers, 2009; Egbers und Marohn, 2013).

Für den vorliegende Beitrag wird aufgrund der Entwicklung einer Intervention, der Forschungsansatz des Design-Based-Researchs (McKenney & Reeves, 2012) gewählt. Mit Hilfe dieses Forschungsansatzes wird eine instruktionale Hilfestellung entwickelt, die gleichermaßen für die Diagnose wie auch Bewusstmachung und Weiterentwicklung von alternativen Lernendenvorstellungen genutzt werden kann.

Das theoriegeleitete Ziel besteht darin, die Evaluationsergebnisse der Intervention zu nutzen, um zu überprüfen, ob Lernendenvorstellungen mithilfe einer E-Learning-Konzeptwechseleinheit wirklich veränderbar sind: Inwiefern werden durch die hier entwickelte E-Learning-Konzeptwechseleinheit Veränderungen der Lernendenvorstellungen initiiert?

Vorgehensweise

Das Ziel des Design-Based-Research-Ansatzes ist die Verbindung der Entwicklung einer innovativen Lösung für praktische Bildungsprobleme mit der Gewinnung wissenschaftlicher Erkenntnisse. Durch das Design ergibt sich ein iterativer, zyklischer Forschungs- und Entwicklungsprozess. Dabei wird das Vorgehen durch Phasen (Vorbereitungsphase, Design-Experiment und retrospektive Analyse) beschrieben. In der Phase des Design-Experimentes ergeben sich zwei Zyklen (Mesozyklus 1 und 2), die aufeinander aufbauen. In jedem Zyklus werden die Schritte der Analyse/Expolration, Design/Konstruktion und Evaluation/Reflexion durchlaufen. Evaluationsergebnisse werden in das Design des folgenden Zyklus aufgenommen und somit wird die Intervention kontinuierlich weiterentwickelt (McKenney & Reeves, 2012).

Vorbereitungsphase

Die entwickelte E-Learning-Einheit zum Thema Lösevorgänge basiert auf dem erstellten Konzeptwechseltext von Egbers (2009), welcher im Laufe der Zeit überarbeitet und teilweise weiterentwickelt wurde (Egbers & Marohn, 2013). In der Vorbereitungsphase wurden diese Konzeptwechseltexte als E-Learning-Einheit umgestaltet. Das bedeutet, dass der Inhalt auf eine Online-Plattform (ILIAS) adaptiert wurde. Hierfür bilden die inhaltliche Analyse der analogen Konzeptwechseltexte und die theoretischen Aspekte bezüglich der typischen Struktur und Kriterien von Konzeptwechseltexten (Beerenwinkel, 2006) sowie multimediale Gestaltungsprinzipien (Mayer, 2014), die Grundlage für die Entwicklung der E-Learning-Einheit.

Eingeleitet wird der Konzeptwechseltext durch ein alltagsnahes Beispiel (Nudeln kochen). Anschließend gliedert sich der Konzeptwechseltext in vier Untereinheiten, die innerhalb jeder Untereinheit eine kombinierte Nutzung von Multiple-Choice-Aufgaben, Erklärvideos sowie Texten aufweist (Link):

1. Was bedeutet *lösen* im chemischen Sinne?
2. Was passiert auf Teilchenebene, wenn Natriumchlorid in Wasser gelöst wird?
3. Was passiert auf Teilchenebene, wenn Glucose in Wasser gelöst wird?
4. Worauf bezieht sich die Regel „Ähnliches löst sich in Ähnlichem“?

Design-Experiment

Aus der bisher theoretisch hergeleiteten E-Learning-Konzeptwechseleinheit stellt sich nun die Frage nach der fachlichen Vollständigkeit, der methodischen Umsetzung und dem exemplarischen Einsatz mit den Lernenden. Somit sollen im Mesozyklus 1 Potentiale und Verbesserungsmöglichkeiten der E-Learning-Konzeptwechseleinheit ermittelt werden.

Hierfür werden zwei Interviews mit einer fachdidaktischen und einer schulpraktischen Expertin bezüglich der gestalterischen und inhaltlichen Umsetzung sowie dem Einsatz im Unterricht durchgeführt und qualitativ inhaltsanalytisch ausgewertet (u.a. Gropengießer, 2008). Neben den Potentialen (gelungene gestalterische und inhaltliche Umsetzung, Inhalte sind unterrichtsrelevant, individuelles Lernen, hohe Eigenaktivität und hohes motivationales Potential) konnten auch Verbesserungsmöglichkeiten (Formulierungen der Begrifflichkeiten *polar* und *unsymmetrischer Molekülbau* in der Einheit „Ähnliches löst sich in Ähnlichem“, fehlender „advance organizer“ und eine fehlenden Thematik :endotherme und exotherme Lösevorgänge) ermittelt werden, um die E-Learning-Konzeptwechseleinheit zu optimieren.

Nachdem die E-Learning-Konzeptwechseleinheit durch die Evaluation mit der fachdidaktischen und schulpraktischen Expertin im ersten Mesozyklus weiterentwickelt werden konnte, wurde anschließend die E-Learning-Einheit mithilfe von Lernenden im zweiten Mesozyklus erprobt. Durch die Erprobung der Einheit mit Lernenden sollen indirekt Verbesserungsmöglichkeiten aufgedeckt und Rückschlüsse auf die Wirksamkeit der E-Learning-Konzeptwechseleinheit gezogen werden.
Um dies beantworten zu können wurden Vorstellungen über die Themenbereiche „Was passiert auf Teilchenebene, wenn Natriumchlorid bzw. Glucose in Wasser gelöst wird?“ sowohl vor als auch nach Bearbeitung der zwei Untereinheiten ermittelt.
Dies erfolgt durch elf leitfadengestützte Interviews mit Lernenden (Jhrg. 10/11) und einer anschließend qualitativ inhaltsanalytischen Auswertung (u.a. Gropengießer, 2008).
Die Ergebnisse einer ersten exemplarischen Analyse der Interviews in Bezug auf eine Untereinheit („Lösevorgang Salz in Wasser“) zeigen, dass die vorhandenen Lernendenvorstellungen in der E-Learning-Einheit adressiert und Veränderungen eingeleitet werden. Lediglich die Lernendenvorstellung *Lösen als chemische Reaktion* bleibt bei drei (CEV03, KAN24, HHL20) Lernenden in der Untereinheit „Lösevorgang Salz in Wasser“ weiterhin bestehen. In der Einheit „Lösevorgang von Zucker in Wasser“ liegt der Schwerpunkt auf dem Wiederlegen der Alternativvorstellung *Lösevorgang als Bindungsbruch*. Aus den erhobenen Alternativvorstellungen der Lernenden zeigt sich, dass die Einheit hier nicht die individuellen Vorstellungen der Lernenden thematisiert und aufgreift. Die ermittelten Vorstellungen der Lernenden zeigen deutlich, dass sie den Lösevorgang von Salz in Wasser auf den Lösevorgang von Zucker in Wasser übertragen haben und damit auch ihre Vorstellungen zum Lösevorgang. Obwohl die Alternativvorstellungen der Lernenden in der Einheit nicht aufgegriffen werden, zeigt sich aus den Ergebnissen, dass diese auch hier keine wesentlichen Schwierigkeiten für die Lernenden zur Folge haben und eine Vorstellungsveränderung eingeleitet werden kann. Ein weiteres zentrales Ergebnis der Auswertung der Interviews ist, dass die Lernenden insbesondere den Nutzen der multimedialen Inhalte (Videos, Kombination Text und Bild) für ihren Lernprozess betonen.

Retrospektive Analyse

Der Beitrag zeigt auf, dass es von großem Nutzen für die Lernenden in ihrem Lernprozess ist, die analogen Konzeptwechseltexte zu digitalisieren. In diesem Beitrag konnte ein E-Learning-Konzeptwechseltext zu Lösevorgängen entwickelt werden, mit dem es möglich ist, Lernendenvorstellungen zu diagnostizieren und Veränderungen einzuleiten.
Der Beitrag zeigt auch Entwicklungspotentiale für weiterführende Forschungen bezüglich der Optimierung der E-Learning-Konzeptwechseleinheit auf. Zur vollständigen Weiterentwicklung der E-Learning-Konzeptwechseleinheit ist aktuell geplant, zum einen die restlichen Untereinheiten, wie in Mesozyklus 1 dargestellt, zu evaluieren und zum anderen die hinzugefügte Untereinheit „endotherme und exotherme Lösevorgänge“ in ihrer multimedialen Gestaltung weiterzuentwickeln. Ferner ist geplant, die E-Learning-Einheit auch mit Lernenden anderer Jahrgänge (5-9) zu evaluieren, um die Wirksamkeit auch in dieser Zielgruppe zu untersuchen. Des Weiteren ist geplant, Reihenfolgeneffekte bei der Bearbeitungsreihenfolge der Untereinheiten zu untersuchen.

Literatur

Baalmann, W., Frerichs, V., Weitzel, H., Gropengießer, H., & Kattmann, U. (2004). Schülervorstellungen zu Prozessen der Anpassung – Ergebnisse einer Interviewstudie im Rahmen der Didaktischen Rekonstruktion. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *10*, 7–28.

Beerenwinkel, A. (2006). *Fostering conceptual change in chemistry classes using expository texts*. Fachbereich Bildungswisenschaften. Bergische Universität Wuppertal.

Beerenwinkel, A., Parchmann, I. & Gräsel, C. (2011). Conceptual change texts in chemistry teaching: A study on the particle model of matter. *International Journal of Science and Mathematics Education*, *9* (5), 1235–1259.

Duit, R. (1999). Conceptual Change Approaches in Science Education. In W. Schnotz, S. Vosniadou & M. Career (Eds.), *New Perspectives on Conceptual Change* (S. 263-282). Pergamon, Oxford UK: Elsevier.

Duit, R. (2009). *STCSE – Bibliography students and teachers conceptions and science education*. Kiel: IPN – Leibniz Institute for Science Education.

Duit, R. & Treagust. D. F, (1998). Learning in Science – From Behaviourism Towards Social Constructivism and Beyond. In B. J. Fraser & K. G. Tobin (Eds.), *International Handbook of Science Education. Dordrecht*: Kluwer Academic Publishers.

Egbers, M. (2009). *Entwicklung eines Konzeptwechseltextes zum Thema „Lösevorgang und Löslichkeit“*. Masterarbeit. Leibniz Universität Hannover.

Egbers, M. & Marohn, A. (2013). Konzeptwechseltexte – eine Textart zur Veränderung von Schülervorstellungen. *CHEMKON*, *20* (3), 119–126. https://doi.org/10.1002/ckon.201310200.

Gropengießer, Harald (2008). Qualitative Inhaltsanalyse in der fachdidaktischen Lehr-Lernforschung. In P. Mayring und M. Gläser-Zikuda (Eds.), *Die Praxis der Qualitativen Inhaltsanalyse*: Beltz Weinheim, 172–189.

Gropengießer, H. & Marohn, A. (2018). Schülervorstellungen und Conceptual Change. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Eds.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 49 – 67.

Grospietsch, F. & Mayer, J. (2021). Angebot, Nutzung und Ertrag von Konzeptwechseltexten zu Neuromythen bei angehenden Biologielehrkräften. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*. https://doi.org/10.1007/s40573-021-00127-0

Guzzetti, B. J., Williams, W. O., Skeels, S. A. & Wu, S. M. (1997). Influence of Text Structure on Learning Counterintuitive Physics Concepts. *Journal of Research in Science Education*, *34* (7), 701-719.

Marohn, A. (2008a). MAROHN, „Choice2learn“ – eine Konzeption zur Exploration und Veränderung von Lernervorstellungen im Naturwissenschaftlichen Unterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *14*, 57-83.

Mayer, R. E. (2014). *The Cambridge handbook of multimedia learning,* Cambridge handbooks in psychology (Vol. 2). Cambridge: Cambridge University Press.

McKenney, S. & Reeves, T. C. (2012). *Conducting Educational Design Research.* London, New York: Routledge.

Steininger, R. & Lembens, A. (2011). Concept Cartoons zum Thema Redoxreaktionen. Erfahrungen und Anregungen für den Einsatz im Unterricht. *Praxis der Naturwissenschaften - Chemie in der Schule, 60* (3), 26–31.

Stenzel, R. & Eilks, I. (2005). Gesprächsanlässe schaffen mit Concept Cartoons. *Praxis der Naturwissenschaften - Chemie in der Schule*, *54* (8), 44–47.

Hagen Schwanke[1]
Thomas Trefzger[1]

[1]Lehrstuhl für Physik und ihre Didaktik – Universität Würzburg

Entwicklung und Evaluierung der AR-Applikation „Magneto“

Kurzfassung
Ziel dieses Projektes ist die Entwicklung von Augmented-Reality(AR)-Applikationen. Mit deren Hilfe kann die reale Lernumgebung bzw. das Realexperiment gezielt mit computergenerierten Informationen überblendet werden. Die Sekundarstufe I bietet in der 9. Jahrgangsstufe in Bayern zum Thema der Elektrizitätslehre viele Experimente zur Anwendung einer augmentierten Lernumgebung. Dabei sollen die in diesem Projekt entwickelten Applikationen hauptsächlich die Modelle der magnetischen Felder sichtbar machen. In diesem Beitrag wird der Prozess der Entwicklung und Evaluierung einer AR-Applikation am Beispiel der App „Magneto“ vorgestellt werden. Die Evaluation wird mittels einer Mixed-Methods-Studie durchgeführt. Dabei kommt der quantitative System Usability Score (SUS) nach Brooke und das qualitative Usability Konzept nach Nestler zum Einsatz. Mittels der interaktionsbezogenen Technikaffinität (Affinity for Technology Interaction (ATI)) soll zudem auf einen möglichen Zusammenhang der individuellen Technikaffinität der Probanden und deren Bewertung der Usability bezüglich der App eingegangen werden.

Vorhaben
Die Entwicklung einer AR-Applikation kann als kontinuierlicher Kreisprozess gesehen werden. Zu Beginn steht die Auswahl der passenden Experimente. Dabei ist es von Vorteil, die technische Umsetzung bereits mit einzubeziehen, da nicht jeder Versuch dafür geeignet ist. Ein wichtiger Punkt bei der Auswahl ist z.B. die Geschwindigkeit des Versuchsablaufs, da statische Vorgänge im Allgemeinen besser erkannt werden können. Dann folgen die Programmierung und Erstellung der Applikation. Die Usability spielt hierfür eine große Rolle. Diese Benutzerfreundlichkeit wird in verschiedene Kategorien unterteilt, wie z.B. Nutzen, Intuitivität, Einprägsamkeit, Erlernbarkeit und die persönliche Einstellung. Alle diese Eigenschaften, sollten im Sinne des Nutzers sein, sodass dieser die Applikation akzeptiert und nutzen wird. Um die Usability erheben zu können, gibt es z.B. das Qualitative Usability Konzept. Mit diesem standardisiertem qualitativen Leitfadeninterview werden die Probanden befragt. Durch die vielen verschiedenen Kategorien und Antworten der Probanden kann eine anschließende Anpassung der Applikation oder aber auch die Auswahl eines anderen Versuches geschehen. Somit würde man den Kreis erneut durchlaufen.

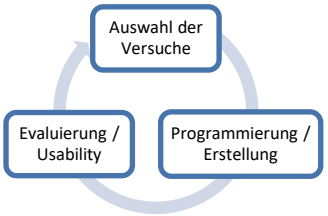


Abb. 1: Durchlaufene Prozesse bei der Entwicklung und Evaluierung der Applikation

Konstrukt der Usability
Bei der Entwicklung der Applikation ist die Usability von entscheidender Bedeutung. Diese wird in der ISO 9241-11 wie folgt definiert: *„The extent to which a product can be used by specified users to achieve specified goals with effectiveness, efficiency and satisfaction in a specified context of use” (Bevan et al. 2015, S. 144).*

Somit besteht die Usability aus drei Elementen. Das Element der Effektivität bezeichnet die Genauigkeit und Vollständigkeit, mit der ein Benutzer ein bestimmtes Ziel erreichen kann. Die Komponente der Effizienz stellt das Kosten-Nutzen-Verhältnis dar, indem sie den notwendigen Aufwand mit der Genauigkeit und Vollständigkeit der Zielerreichung in Relation setzt. Als dritten Teil wird die Zufriedenheit gesehen, welche eher subjektive Kriterien fokussiert und in der ISO-Norm 9241-11 als die Freiheit von Beeinträchtigungen und als eine allgemein positive Einstellung gegenüber der Systemnutzung definiert ist (Sarodnick und Brau 2016, S. 37).

Für die Bewertung der Effektivität und Effizienz müsste eine Gruppe ohne Hilfsmittel von AR die gestellten Aufgaben bearbeiten und danach eine vergleichende Bewertung der Ergebnisse zu der Treatmentgruppe vollzogen werden. Dieses Vorgehen ist in der jetzigen Phase noch nicht vorgesehen, sodass sich deshalb nur auf die Zufriedenheit der Nutzer konzentriert wird. Diese Zufriedenheit der Nutzer kann sowohl quantitativ mit dem System Usablitiy Scale (kurz: SUS) (Brooke 1996) als auch qualitativ mit dem qualitativen Usability Konzept (Nestler et al. 2011) geschehen. Quantitative Erhebungen bieten durch ihre standardisierte Durchführung einen Vergleich zu den getätigten Aussagen. Qualitative Erhebungsformen der Usability haben den Vorteil, dass diese eine individuelle Sicht der Probanden auf das System zulassen (Nestler et al. 2011). Dieser subjektive Eindruck des Systemnutzers kann jedoch auch einen Einfluss auf die Usability haben (Franke et al. 2019; Wessel 2018). Haben die Probanden ein Problem bei der Verwendung erfahren, generalisieren manche davon dies auf die ganze Applikation. Auf diese Weise werden die Aussagen des qualitativen Usability Konzepts negativ beeinflusst, da durch die Kodierung ein schlechterer Usabilityscore erzielt wird.

Aus diesem Grund wurde die Evaluierung der AR-Applikation in beiden Erhebungsformen durchgeführt und zusätzlich die interaktionsbezogene Technikaffinität erhoben (kurz: ATI – Affinity for Technology Interaction) (Attig et al. 2018). Die Bewertungen der Usability wurde anschließend in Korrelation zur ATI betrachtet. In dieser Phase waren zwei Fragen wesentlich. Zum einen stellte sich die Frage, ob sich das Usability Konzept zur Berechnung eines Usability Scores eignet, welcher mit dem Score aus dem quantitativen SUS übereinstimmt. Zum anderen, ob technisch affine ProbandInnen in beiden Erhebungsformen einen höheren Usability Score für die Applikation vergeben.

Entwicklung der Applikation „Magneto“

Eine genauere Darstellung der Vorgänge wäre zu umfangreich, sodass in diesem Abschnitt nur Eckpunkte angegeben werden. Wie bereits in der Einleitung erwähnt, stellt bei der Auswahl des Versuches die Versuchsablaufgeschwindigkeit das größte Problem dar. Hinzu kommt eine teils mangelhafte Erkennung der Targets, welche die Grundfläche im Raum definiert und die vorliegende Lernumgebung identifiziert. Diese Problematik sollte sich jedoch durch die fortschreitende Entwicklung immer präziserer Kameraobjektive auf der Hardware- und fortlaufenden Updates auf der Softwareseite bald lösen lassen. Für das Entwickeln einer Applikation wurden im Wesentlichen die drei Programme Unity3D, Vuforia und Blender benutzt. Somit ist eine Applikation entstanden, welche dem Nutzenden die Möglichkeit bietet, einen Versuch der sechs verschiedenen Lernstationen zum Thema Magnetismus auszuwählen. Diese Thematik wird in Bayern ab dem Schuljahr 2022/23 in der 10. Klasse behandelt (Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung 2020). Von den Versuchen wurden bis zum jetzigen Zeitpunkt nur die Versuche der Station *Magnetfeldlinien* und der *Versuch von Oersted* evaluiert. Dafür wurden pro Versuch jeweils fünf ProbandInnen akquiriert. Die Evaluierung der anderen Versuchsteile ist in Planung.

Evaluierung der Applikation

Das Zeitfenster bei allen ProbandInnen beträgt 45 Minuten und setzt sich aus vier verschieden Abschnitten zusammen.

Einführung (ca. 8 min): Zu Beginn der Datenerhebung erhalten die ProbandInnen einen Fragebogen zu ihrer Person und den Test mit 9 Items für die interaktionsbezogene Technikaffinität. Auf Nachfrage, ob die Thematik bekannt ist, wurde bei Bedarf ein kurzes Video abgespielt. In diesem ist der reale Ablauf des Versuches zu sehen. Neben einer kurzen fachlichen Erklärung sollen die ProbandInnen bei ihrem Wissensstand abgeholt werden und der Fokus auf den bevorstehenden Aufgabenteil gelegt werden.

Arbeitsphase (ca. 15 min): In der darauffolgenden Phase bearbeiten die ProbandInnen eine Station mit den dafür entwickelten Aufgaben. Dabei müssen sie auch die entsprechende Applikation benutzen. In den 15 Minuten dieser Phase bleibt auch genug Zeit, dass die ProbandInnen sich zu Beginn mit der App vertraut machen können.

SUS (ca. 2 min): Mittels des quantitativen System Usability Score wird mit 10 Items ein Usabilitywert erzeugt. Dieser wird mit dem Ergebnis der qualitativen Umfrage ins Verhältnis gesetzt. Aufgrund der kurzen Ausfülldauer wird mit dem Ergebnis eine Tendenz der Benutzerfreundlichkeit erzeugt.

Qualitative Usabilityumfrage (ca. 20 min): Abschließend wird das Interview durchgeführt. mit den 19 Fragen (vgl. Schwanke und Trefzger 2021) sollen Aspekte aufgegriffen werden, welche durch den Kurztest nicht erfasst werden können. Durch die persönliche Befragung kann individuell auf die Probleme der Tester eingegangen werden. Nach Abschluss des Interviews ist die Datenerhebung abgeschlossen.

Vorläufige Ergebnisse

Neben einer Vielzahl von kleinen Anmerkungen und Verbesserungsvorschlägen ist durch das Usabilitykonzept ein Wert erzeugt worden, welcher mit dem Wert aus dem SUS verglichen wird. Dabei konnte festgestellt werden, dass beide Werte miteinander korrelierten (vgl. Abb.2). Zusätzlich erhält man bei der Auswertung eine genaue Aufspaltung der einzelnen Kategorien. Diese Aufspaltung bietet einen Wert pro Haupt- und Unterkategorie. Trägt man diese grafisch auf, so konnten deutliche Unterschiede zwischen den beiden getesteten Applikationen festgestellt werden. So konnte für den Versuch von Oersted durch die Antworten der ProbandInnen der Wert für die Zufriedenheit durch eine mangelnde Interaktion mit dem Versuch erklärt werden. Für die Applikation Magnetfeldlinien hingegen ist klar geworden, dass ein massiver Kritikpunkt die teilweise mangelhafte Erkennung des Targets war. Dies spiegelte sich im Wert für die Zuverlässigkeit im Usabilitykonzept wider. Zwischen ATI und dem erzeugtem Usabilitywert konnte ein mittelstarker linearer Zusammenhang festgestellt werden. Im Zuge dessen reihen sich die vorläufigen Ergebnisse in die Prognosen ein, welche bereits Attig et al. damit erklärten, dass „Personen mit hohem ATI-Score mit mehr Neugier und Exploration versuchen sollten, die Fehlfunktion zu beheben“ (Attig et al. 2018, S. 7).

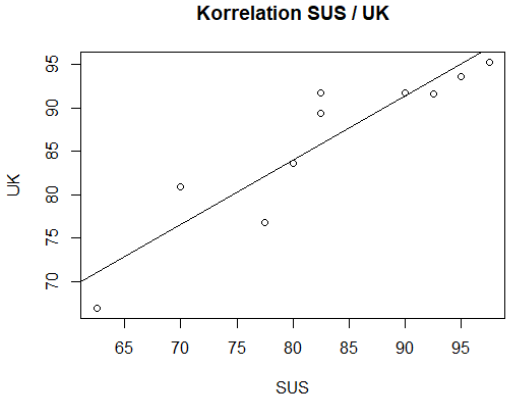


Abb. 2: Aufgetragene Daten des SUS und des Usabilitykonzepts

Literaturverzeichnis

Attig, Christiane; Mach, Sebastian; Wessel, Daniel; Franke, Thomas; Schmalfuß, Franziska; Krems, Josef (2018): Technikaffinität als Ressource für die Arbeit in Industrie 4.0. In: Professur Arbeitswissenschaft und Innovationsmanagment (Hg.): Interact Conference. Innovation der Innovation - Neu Gedacht, Neu Gemacht. Chemnitz, 28.06.2018-29.06.2018. Technische Universität Chemnitz. Band 3.

Bevan, Nigel; Carter, James; Harker, Susan (2015): ISO 9241-11 Revised: What Have We Learnt About Usability Since 1998? In: Masaaki Kurosu (Hg.): Human-computer interaction. Design and evaluation ; 17th international conference, HCI International 2015, Los Angeles, CA, USA, August 2 - 7, 2015 ; proceedings, part I, Bd. 9169. Cham: Springer (Lecture notes in computer science Information systems and applications, incl. Internet/web, and HCI, 9169). Online verfügbar unter https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-319-20901-2_13.

Brooke, John (1996): SUS - A quick and dirty usability scale. In: Patrick 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]. London: Taylor & Francis, S. 189–194.

Franke, Thomas; Attig, Christiane; Wessel, Daniel (2019): A Personal Resource for Technology Interaction: Development and Validation of the Affinity for Technology Interaction (ATI) Scale. In: *International Journal of Human–Computer Interaction* 35 (6), S. 456–467. DOI: 10.1080/10447318.2018.1456150.

Nestler, Simon; Artinger, Eva; Coskun, Tayfur; Yildirim-Krannig, Yeliz; Schumann, Sandy; Maehler, Mareike et al. (2011): Assessing qualitative usability in life-threatening, time-critical and unstable situations. GMS Medizinische Informatik, Biometrie und Epidemiologie; 7(1):Doc01; ISSN 1860-9171 / GMS Medizinische Informatik, Biometrie und Epidemiologie; 7(1):Doc01; ISSN 1860-9171. DOI: 10.3205/mibe000115.

Sarodnick, Florian; Brau, Henning (2016): Methoden der Usability Evaluation. Wissenschaftliche Grundlagen und praktische Anwendung. 3., unveränderte Auflage. Bern: Hogrefe. Online verfügbar unter http://elibrary.hogrefe.de/9783456955971.

Schwanke, Hagen; Trefzger, Thomas (2021): Entwicklung von AR-Applikationen für die Elektrizitätslehre der Sekundarstufe I. In: H. Grötzebauch und J. Grebe-Ellis (Hg.): PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur virtuellen DPG-Frühjahrstagung 2021, S. 421–426. Online verfügbar unter http://www.phydid.de/index.php/phydid-b/article/view/1166.

Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung (2020): LehrplanPLUS. Fachlehrplan - Gymnasium Physik. Hg. v. Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung. Online verfügbar unter https://www.lehrplanplus.bayern.de/schulart/gymnasium/fach/physik/inhalt/fachlehrplaene, zuletzt geprüft am 05.11.2020.

Wessel, Daniel (2018): Warum Technik-Enthusiasten zu positives Feedback geben - und wie man das aufdeckt. Unter Mitarbeit von Rainer Gibbert. Hg. v. produktbezogen.de. Online verfügbar unter https://www.produktbezogen.de/wie-man-zu-positives-feedback-aufdeckt/.

Markus Obczovsky[1]
Thomas Schubatzky[1]
Claudia Haagen-Schützenhöfer[1]

[1]Universität Graz

Erkennen Studierende lernförderliche Aspekte von Unterrichtkonzepten?

Ausgangslage

Die Entwicklung von Unterrichtskonzepten (oder Unterrichtskonzeptionen) und zugehöriger Unterrichtsmaterialien ist eine zentrale Aufgabe fachdidaktischer Forschung. Der Einsatz vieler materialgestützter Unterrichtskonzepte im Unterricht führt zu einer besseren Performanz der Schüler und Schülerinnen (z.B.: Burde 2018; Haagen-Schützenhöfer 2017). Innovative, evidenzbasierte Unterrichtsmaterialien schaffen es aber oft nicht in die breite Verwendung an Schulen, oder werden oftmals nur heuristisch oder bruchstückhaft verwendet. (Breuer et al. 2020; Breuer 2021; Boesen et al. 2014).

Einer der möglichen Gründe dafür könnte sein, dass (angehende) Lehrkräfte die lernförderlichen Aspekte der Unterrichtskonzepte in den bereitgestellten Unterrichts-materialien – alle Materialien, die der Lehrkraft beim Planen und Ausführen des Unterrichts helfen (Stein et al. 2007) – nicht erkennen. Wenn Lehrkräfte Unterricht basierend auf diesen Unterrichtskonzepten planen, nehmen sie die Rolle eines „active designer[s]“ von Unterricht ein (Remillard 2005), die ein nutzerorientiertes Lernangebot (vgl. Schrader und Helmke 2008) gestalten sollen. Eine Voraussetzung für das Gestalten eines solchen Lernangebots ist, die lernförderlichen Aspekte in den bereitgestellten Unterrichtsmaterialien zu erkennen.

Forschungsfragen

Im Zuge eines Dissertationsvorhabens soll daher eruiert werden, wie Studierende im Lehramtsstudium Physik Unterrichtsmaterialien zu einem Unterrichtskonzept analysieren und wie folglich eine Lehr-Lernumgebung gestaltet werden kann, um eine systematische und vertiefte Auseinandersetzung mit und Reflexion über Unterrichtsmaterialien zu unterstützen.

In der hier vorgestellten Studie geht es um die Entwicklung eines Erhebungsinstruments, um herauszufinden, welche lernförderlichen Aspekte eines Unterrichtskonzepts Studierende im Zuge ihrer Analyse in den bereitgestellten Unterrichtsmaterialien erkennen. Dabei geht es um jene lernförderlichen Aspekte eines Unterrichtskonzeptes, denen die Entwickler:innen dieses Unterrichtskonzepts – basierend auf lokalen Lehr-Lerntheorien und empirischen Evidenzen – seine „Effektivität“ in Bezug auf die Zielvariable (z.B.: konzeptuelles Verständnis, Interesse am Fach) zuschreiben. Diese werden im Folgenden als Essentielle Features bezeichnet. Sie sind gewissermaßen die Konkretisierungen der Überlegungen (=Rationale), die die Entwicklung des Unterrichts-konzepts leiteten (z.B.: eine bestimmte Repräsentationsform von Licht) und manifestieren sich in unterschiedlicher Form in den Unterrichtsmaterialien (z.B. in einer konkreten schematischen Abbildung). Diese Essentiellen Features können in verschiedene Dimensionen (z.B.: Repräsentationsformen, Modelle, Elementare fachliche Inhalte, …) unterteilt werden.

Die folgenden Forschungsfragen sind daher von Interesse:

- Welche Elemente oder Aspekte des Unterrichtsmaterials nehmen Studierende als lernförderlich oder wichtig in Hinblick auf die Erreichung der adressierten Ziele des Lehrplans bzw. des Unterrichts wahr? (F1)
- Wie gut gelingt es ihnen, die Essentiellen Features des Unterrichtskonzepts in den Unterrichtsmaterialien zu erkennen und deren Rationale zu identifizieren? (F2)
- Welchen Fokus in Hinblick auf die Dimensionen Essentieller Features legen Studierende beim Analysieren der Unterrichtsmaterialien? (F3)

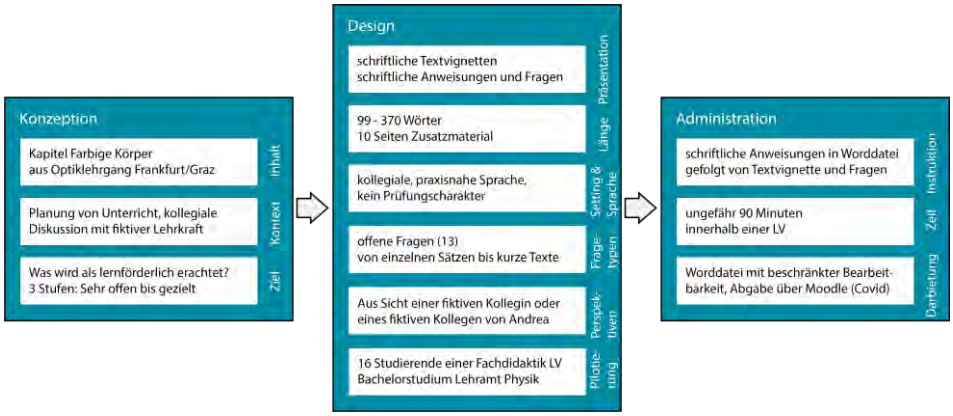
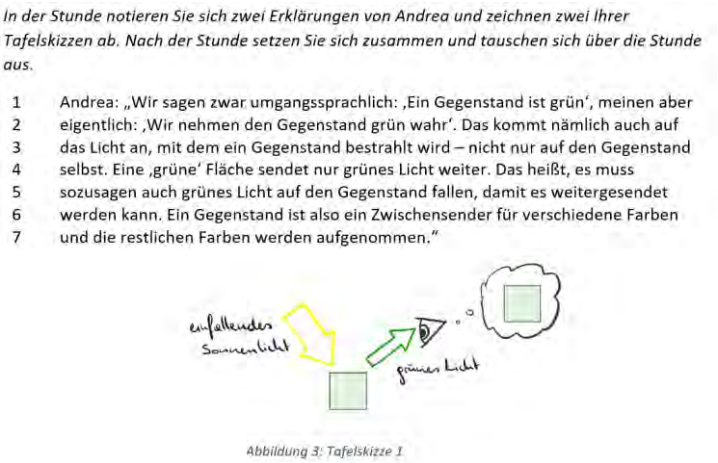


Abb. 1: Vignettenentwicklung nach Skilling und Stylianides (2020), Kurzfassung

Erhebungsinstrument

Um die Forschungsfrage zu beantworten, wurde ein dreiteiliges Erhebungsinstrument mit Textvignetten nach dem Rahmenmodell zur Entwicklung von Vignetten nach Skilling und Stylianides (2020) entwickelt (siehe Abb. 1). Die Studierenden sollen mithilfe von Textvignetten in die Rolle einer fiktiven Lehrkraft versetzt werden und in kollegialer Weise mithilfe offener Fragen mit der fiktiven Kollegin Andrea über ein Kapitel der Unterrichtsmaterialien zur Frankfurt/Grazer Optikkonzeption (Haagen-Schützenhöfer 2016) reflektieren. Das realitätsnahe und kollegiale Setting soll dabei unterstützen, für die Studierenden eine Distanz zu einer Prüfungssituation herzustellen.

Im ersten Teil des Erhebungsinstruments sollen die Studierenden Andrea mithilfe eines Teils des Kapitels „Farbige Körper“ rückmelden, welche Elemente des Kapitels dazu beitragen, die Ziele des österreichischen Lehrplans zu erreichen. Im zweiten Teil sollen die Studierenden Andrea ein Feedback zur Passung ihrer Unterrichtsplanung und dem Kapitel „Farbige Körper“ geben, auf dem die Unterrichtsplanung basiert, um herauszufinden, auf welche Aspekte der Planung die Studierenden achten. Der dritte Teil stellt eine Nachbesprechung einer Hospitation der zuvor geplanten Stunde von Andrea nach. Mit gezielten Fragen zu einzelnen Darstellungen und Erklärungen der Optikmaterialien (siehe Abb. 2) soll herausgefunden werden, welche Aspekte darin die Studierenden als lernförderlich wahrnehmen.



In der Stunde notieren Sie sich zwei Erklärungen von Andrea und zeichnen zwei ihrer Tafelskizzen ab. Nach der Stunde setzen Sie sich zusammen und tauschen sich über die Stunde aus.

Andrea: „Wir sagen zwar umgangssprachlich: ‚Ein Gegenstand ist grün‘, meinen aber eigentlich: ‚Wir nehmen den Gegenstand grün wahr‘. Das kommt nämlich auch auf das Licht an, mit dem ein Gegenstand bestrahlt wird – nicht nur auf den Gegenstand selbst. Eine ‚grüne‘ Fläche sendet nur grünes Licht weiter. Das heißt, es muss sozusagen auch grünes Licht auf den Gegenstand fallen, damit es weitergesendet werden kann. Ein Gegenstand ist also ein Zwischensender für verschiedene Farben und die restlichen Farben werden aufgenommen.“

Abbildung 3: Tafelskizze 1

Abb. 2: Ausschnitt aus Textvignette 3

Auswertung
Die Antworten auf die offenen Fragen zu den Textvignetten werden mithilfe der inhaltlich strukturierenden Inhaltsanalyse nach Kuckartz (2018) analysiert. Im Zuge dessen werden Kategorien jener Aspekte erstellt, die Studierende für lernförderlich in Hinblick auf die Erreichung der Lehrplanziele halten. Diese induktiv entwickelten Kategorien werden zu Beantwortung der Forschungsfrage F1 herangezogen. Um die Forschungsfragen F2 und F3 beantworten zu können, werden jene gefundenen Kategorien mit den Essentiellen Features des Kapitels „Farbige Körper“ aus der untersuchten Unterrichtskonzeption verglichen. Zur Bestimmung dieser Essentiellen Features werden zuerst deduktiv von drei Expert:innen (inkl. Entwicklerin) der Arbeitsgruppe unabhängig voneinander die Essentiellen Features dieses Kapitels mithilfe der Schülermaterialien zu diesem Kapitel und der Literatur zur Entwicklung der Frankfurt/Optiker Unterrichtskonzeption (Haagen-Schützenhöfer und Hopf 2020; Haagen-Schützenhöfer 2016) abgeleitet und anschließend abgeglichen und ausverhandelt. In einem letzten Schritt werden die induktiven Kategorien der Studierenden mit den Essentiellen Features abgeglichen, um F2 und F3 zu beantworten.

Pilotierung
Das Erhebungsinstrument wurde in einer Fachdidaktik Lehrveranstaltung des Bachelor-studiums Lehramt Physik mit 16 Studierenden getestet, um den Antwortraum auszuloten und Missverständnisse und Unklarheiten zu entdecken. Zudem wurde für eine zusätzliche Validierung das Erhebungsinstrument von 3 Studienassistent:innen im Masterstudium Lehramt Physik und 3 Expert:innen der Arbeitsgruppe getestet. Einzelne Anweisungen werden klarer formuliert, zum Beispiel, dass die Nennung elementarer fachlicher Inhalte in ganzen Sätzen erfolgen soll, um den Interpretationsspielraum der Antworten zu reduzieren.

Ausblick
Das Ziel des Dissertationsvorhabens ist neben der Beantwortung der beschriebenen Forschungsfragen auch die zyklische Entwicklung einer Lehr-Lernumgebung für Studierende, in der sie Lernen sollen Unterrichtsmaterialien zu Unterrichtskonzeptionen systematisch zu analysieren. Die Entwicklung folgt dabei einem Ansatz von Design-Based Research (Barab 2014). Dabei sollen neben der Entwicklung einer prototypischen Lehr-Lernumgebung auch Einblicke in Wirkmechanismen der Features dieser Lehr-Lernumgebung gewonnen werden. Im Zuge dessen sollen Theorien zu lokalen Lehr-Lernprozessen (domain theories), sowie dem Design (design frameworks) und der Methodologie der Entwicklung (design methodology) einer solchen Lehr-Lernumgebung entwickelt werden (Edelson 2002).
Das in diesem Text beschriebene Erhebungsinstrument soll dabei einerseits vor den einzelnen Zyklen der Lehr-Lernumgebung Einblicke in den Prozess (da 3-stufig) der Analyse von Unterrichtsmaterialien geben und andererseits nach der Lehr-Lernumgebung eine mögliche Veränderung der analytischen Herangehensweise von Studierenden aufzeigen. Dabei handelt es sich nicht um ein Instrument, um die Lehr-Lernumgebung quantitativ zu evaluieren, sondern um einen tieferen Einblick in die Anfangs- und Endpunkte der Lernprozesse der Studierenden zu erhalten. Ein zusätzlicher Einblick in die Lernprozesse der Studierenden soll durch Hospitationen der Lehrveranstaltung und durch nachträgliche Interviews einzelner Studierender erzielt werden.

Literatur

Barab, S. (2014). Design-Based Research. The Cambridge Handbook of the Learning Sciences, Second Edition, 151–170.

Boesen, J., Helenius, O., Bergqvist, E., Bergqvist, T., Lithner, J., Palm, T. & Palmberg, B. (2014). Developing mathematical competence: From the intended to the enacted curriculum. The Journal of Mathematical Behavior, 33, 72–87.

Breuer, J., Vogelsang, C. & Reinhold, P. (2020). Implementation und Nutzung von Unterrichtsmaterialien im schulischen Unterricht. Eine Bestandsaufnahme der mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächer. PhyDid (1/19), 12–22.

Breuer, Judith (2021). Implementierung fachdidaktischer Innovationen durch das Angebot materialgestützter Unterrichtskonzeptionen. Fallanalysen zum Nutzungsverhalten von Lehrkräften am Beispiel des Münchener Lehrgangs zur Quantenmechanik. Berlin: Logos Berlin (Studien zum Physik- und Chemielernen, 314).

Burde, Jan-Philipp (2018). Konzeption und Evaluation eines Unterrichtskonzepts zu einfachen Stromkreisen auf Basis des Elektronengasmodells: Logos Verlag Berlin. Online verfügbar unter https://zenodo.org/record/1320127.

Edelson, D.C. (2002). Design Research: What We Learn When We Engage in Design. Journal of the Learning Sciences, 11 (1), 105–121.

Haagen-Schützenhöfer, C. (2016). Lehr- und Lernprozesse im Anfangsoptikunterricht der Sekundarstufe I. Kumulierte Habilitationsschrift. Universität Graz, Graz.

Haagen-Schützenhöfer, C. (2017). Development of Research Based Teaching Materials: The Learning Output of a Course for Geometrical Optics for Lower Secondary Students. In Thomas Greczyło & Ewa Dębowska (Hg.), Key competences in physics teaching and learning. Wrocław, 2017: Springer, 105–116.

Haagen-Schützenhöfer, C. & Hopf, M. (2020). Design-based research as a model for systematic curriculum development: The example of a curriculum for introductory optics. Physical Review Physics Education Research, 16 (2), 20152.

Kuckartz, Udo (2018). Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung. 4. Auflage. Weinheim, Basel: Beltz Juventa (Grundlagentexte Methoden). Online verfügbar unter http://ebooks.ciando.com/book/index.cfm?bok_id/2513416.

Remillard, J.T. (2005). Examining Key Concepts in Research on Teachers' Use of Mathematics Curricula. Review of Educational Research, 75 (2), 211–246.

Schrader, F.-W. & Helmke, A. (2008). Determinanten der Schulleistung. In M.K.W. Schweer (Hg.), Lehrer-Schüler-Interaktion. Inhaltsfelder, Forschungsperspektiven und methodische Zugänge. 2., vollständig überarbeitete Auflage. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften / GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden, 285–302.

Skilling, K. & Stylianides, G.J. (2020). Using vignettes in educational research: a framework for vignette construction. International Journal of Research & Method in Education, 43 (5), 541–556.

Stein, M.K., Remillard, J.T. & Smith, M. (2007). How curriculum influences student learning. In F.K. Lester (Hg.), Second handbook of research on mathematics teaching and learning. Greenwich: Information Age Pub, 319–369.

Patricia Breunig[1]
Karsten Rincke[1]

[1]Universität Regensburg

Erklärvideos im Flipped Classroom: Multimediales Lernen im Physikunterricht

Motivation

Erklärvideos sind im Netz in großer Vielfalt verfügbar. Hierdurch wird zwar ein möglicherweise adressatengerechtes Bildungsfernsehen ermöglicht, jedoch bleibt die fachliche Überprüfung der Inhalte meist Betrachter:innen überlassen (Dorgerloh & Wolf, 2020). Bisherige Forschung konnte zeigen, dass einige der meistgeklickten „YouTube"-Videos zu physikalischen Inhalten fachliche Fehler enthalten und so Schülerfehlvorstellungen sogar noch verstärken können (Kulgemeyer & Wittwer, 2021). In Zeiten, in denen über 50% der Jugendlichen „YouTube"-Videos für schulische Belange für wichtig oder sehr wichtig halten (Rat für kulturelle Bildung, 2019), kann dies den Lernfortschritt von Schüler:innen negativ beeinflussen.

Erklärvideos und Flipped Classroom in der Physikdidaktik

Findeisen et al. (2019) definieren Erklärvideos als „eigenproduzierte, kurze Filme, in denen Inhalte, Konzepte und Zusammenhänge erklärt werden […] mit der Intention, beim Betrachter ein Verständnis zu erreichen bzw. einen Lernprozess auszulösen." In einem Framework für Qualitätskriterien von Erklärvideos empfiehlt Kulgemeyer (2019) unter anderem die Thematisierung von Schülerfehlvorstellungen und die Verwendung einer Anwendung. Findeisen et al. (2019) sprechen sich für die Benutzung eines „Whiteboard-Stils" aus. Weiterhin legen Guo et al. (2014) die Beschränkung der Videolänge auf maximal sechs Minuten nahe. Clark & Mayer (2016) sowie Mayer et. al (2020) beschreiben Medien-Prinzipien, deren Anwendung dabei unterstützt, Medien wie das Erklärvideo für Lernende optimal zu gestalten. Neben der Erfüllung von Qualitätskriterien und der Beachtung von Gestaltungsempfehlungen ist auch die Einbettung in den Unterricht von Bedeutung, damit das Erklärvideo ein hochwertiges Instruktionsmedium für das Lernen darstellt (Wolf, 2018). Das FALKE-digital[1] Projekt sieht hierbei die Methode „Flipped Classroom" vor. Abeysekera & Dawson (2015) charakterisieren diese Form des Unterrichts mithilfe dreier Kernelemente:

- Überwiegender Teil der Inhaltsvermittlung im außerschulischen bzw. häuslichen Umfeld
- Nutzung der Unterrichtszeit für aktivierende und kooperative Lernformen
- Bearbeitung von vor- und nachbereitenden Aufgaben durch die Schüler:innen

Bisherige Untersuchungen zum *Flipped Classroom* im Physikunterricht sind vielversprechend. So konnte Finkenberg (2018) in seiner Studie einen höheren Lernzuwachs, ein besseres Selbstkonzept und eine gesteigerte Hausaufgabendisziplin gegenüber der Kontrollgruppe feststellen.

---

[1] FALKE-digital (Fachspezifische Lehrkraftkompetenzen im Erklären – digital) bezeichnet als Maßnahme des Gesamtprojekts L-DUR ein interdisziplinäres Forschungsprojekt der Universität Regensburg. L-DUR wird im Rahmen der gemeinsamen Qualitätsoffensive Lehrerbildung von Bund und Ländern aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01JA2010 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autor:innen.

Ein Vorteil der Methode *Flipped Classroom* ist das Lernen im eigenen Tempo. Die individuelle Steuerung der Videos (Stoppen, Zurückspulen usw.) ist dabei für den Lernerfolg von großer Bedeutung (Dorgerloh & Wolf, 2020).

Forschungsinteresse

Die Qualität von Erklärvideos wird von mehreren Faktoren beeinflusst. In diesem Forschungsprojekt sollen Videos hinsichtlich der Merkmale „Schülerfehlvorstellungen" und „Anwendungsbeispiele" variiert werden. Beide Aspekte können Lernende fordern und so den Lernprozess fördern. Jedoch können sie Lernende gegebenenfalls auch überfordern und so das Gegenteil bewirken. In der Sicherungsphase des Physikunterrichts bietet es sich oft an, ein Anwendungsbeispiel zu thematisieren (Wackermann & Priemer, 2013). Hierdurch sollen Schüler:innen motiviert und dem Erlernten Sinn gegeben werden. Doch nicht immer ist dieser Rahmen für den Wissenserwerb geeignet, sodass die Gefahr einer Überforderung besteht. Thematisiert man Schülerfehlvorstellungen in Erklärvideos explizit und deklariert diese für falsch, so können die Videos lernwirksamer sein, wie Muller (2008) in seinen Studien zeigen konnte. Allerdings gaben die Studierenden in der Studie an, dass sie beim Betrachten der Schülerfehlvorstellungsvideos größere mentale Anstrengung empfanden. Dies könnte sich ungünstig auf den Lernerfolg von unaufmerksamen oder lernschwächeren Schüler:innen auswirken. Unter Umständen wird ihnen nicht bewusst, dass die Inhalte des Videos mit ihrem (Vor-)Wissen in Konflikt stehen. Im Gegensatz zu Muller konnte eine Zulassungsarbeit zum ersten Staatsexamen am Lehrstuhl der Didaktik der Physik der Universität Regensburg keinen Unterschied beim Lernzuwachs zwischen Erklärvideos mit Anwendungsbeispiel und Videos mit Schülerfehlvorstellungen feststellen. Allerdings änderten die Schüler:innen, welche das Schülervorstellungsvideo gesehen hatten, statistisch signifikant ihre Antwortoption im Prä-Post-Vergleich. Nicht zwingend zur Richtigen, aber anscheinend erfolgte eine Art des Umdenkens. Eine zusätzliche Schwierigkeit stellt die sogenannte „Verstehensillusion" dar. Diese beschreibt das Phänomen, dass Schüler:innen im Glauben sind, ein Konzept verstanden zu haben, obwohl dies nicht der Fall ist. Da die Schüler:innen aus ihrer Sicht keine weitere Instruktion mehr benötigen, sind sie gegebenenfalls im Unterricht nicht mehr aufmerksam (Kulgemeyer & Wittwer, 2021). Daher ist auch von Bedeutung, wie Schüler:innen ihr eigenes Lernen erleben. Schmidt-Borcherding & Drendel (2021) unterteilen das Lernerleben in drei verschiedene Aspekte: Kognitive Belastung, die Einschätzung des persönlichen Lernerfolgs („Jugdement of Learning"), sowie die Einschätzung von Präsentationsmodalitäten des Erklärvideos, wie Dauer und Geschwindigkeit.

Neben diesen Faktoren sollen im FALKE-digital Projekt auch „Tracking-Daten" der Schüler:innen zur Videonutzung und -steuerung erhoben werden, um Rückschlüsse daraus zu ziehen, welche Videovariation für das Lernen und Lernerleben der Schüler:innen günstiger sein kann. Zusätzlich sollen außerdem das Antwortverhalten sowie die Sicherheit in die gegebenen Antworten berücksichtigt werden, was sich in folgenden Forschungsfragen formulieren lässt:

- Wie sollen Erklärvideos inhaltlich strukturiert werden, um Schüler:innen optimal beim Lernen zu unterstützen? Ist eine Behandlung eines Anwendungsbeispiels oder die Thematisierung von Schülerfehlvorstellungen zu empfehlen? Und inwiefern werden Schüler:innen durch unterschiedlich strukturierte Videos gefordert?

- Wie verändert sich das Antwortverhalten der Schülerinnen und Schüler im Verlauf der Intervention? In welcher Weise bewirkt die Art des Videos ein Umdenken hinsichtlich des zu erlernenden Wissens? Und wie hat die Art des Videos Einfluss auf die Konfidenz in die gegebenen Antworten?

Studiendesign und Erhebungsinstrumente

Die Untersuchung ist als Prä-Post-Follow-Up Design geplant. Angestrebt wird eine Stichprobe von 300 bis 600 Schüler:innen, welche in vier vom Ablauf her identischen Unterrichtseinheiten mit der Methode *Flipped Classroom* unterrichtet werden. Dabei erfolgt innerhalb einer Klasse die Aufteilung in zwei Gruppen: Gruppe „A“ (Zusatzteil Anwendungsbeispiel) und Gruppe „S“ (Zusatzteil Schülerfehlvorstellung). Der Hauptteil mit Erklärungen der physikalischen Inhalte ist in beiden Gruppen identisch. Auch in Dauer und Gestaltung unterscheiden sich die Video-Variationen nicht. Im Anschluss an die Videos werden die Schüler:innen gebeten, kurze Aufgabenstellungen zum Inhalt zu bearbeiten und Items zum Lernerleben zu beantworten. Im darauffolgenden Präsenzunterricht werden die Schüler:innen gemeinsam in der Klasse von ihrer Physiklehrkraft unterrichtet. Dabei findet jeweils zu Beginn der Stunde der Post-Test in Form eines kurzen Wissenstests statt. Nach Abschluss der insgesamt vier Unterrichtseinheiten erfolgt im Abstand von drei Monaten der Follow-Up-Test. Die Items des Wissenstests sind bei Prä-, Post- und Follow-Up-Test identisch. Die Erklärvideos sind in eine Moodle-Umgebung eingebettet, mithilfe derer die Tracking-Daten der Schüler:innen aufgenommen werden, um ergänzend zu den explizit erhobenen Test- und Fragebogendaten Analysen zur Nutzung der Medien durchführen zu können. Als Erklärgegenstände wurden alltagsnahe physikalische Themen aus der Anfangsoptik ausgewählt: Der Sehvorgang, die Streuung von Licht, Lichtfarben und Körperfarben. Bisherige Untersuchungen zu Erklärvideos bzw. zur Methode *Flipped Classroom* wurden überwiegend mit Inhalten aus der Mechanik oder der Quantenmechanik durchgeführt und fokussierten sich auf ältere Schüler:innen und Studierende (Finkenberg, 2018; Kulgemeyer, 2019; Muller, 2008). Des Weiteren kommt das Thema „Licht und Farbe“ in niedrigeren Jahrgangsstufen ohne eine Form von Mathematisierung aus und ist gut zu visualisieren. Die Erhebungsinstrumente für die Kontrollvariablen wurden gemeinsam im Projekt FALKE-digital entwickelt. Für die Erhebung des Lernzuwachses wurde literaturgestützt ein Wissenstest mit 16 vier-stufigen Items konstruiert. Zunächst wird nach einer Vorhersage gefragt: „Was wird passieren?“. In einer weiteren Stufe sollen die Schüler:innen ihre Antwort begründen. Hier wird das tiefere physikalische Verständnis abgefragt, wobei die Distraktoren bekannte Schülerfehlvorstellungen abdecken (Teichrew & Erb, 2019). Um die Änderung im Antwortverhalten präziser zu untersuchen, sollen die Schüler:innen nach jeder Frage auf einer fünf-stufigen Skala angeben, wie sicher sie sich bei der Beantwortung waren. Um Boden- und Deckeleffekte zu vermeiden, werden die Erklärvideos sowie die zugehörigen Fragen im Wissenstest im Verlauf der Intervention inhaltlich anspruchsvoller. Anhaltspunkte für die Schwierigkeit geben dabei Arbeiten von Teichrew & Erb (2019), Haagen-Schützenhöfer (2017) und eine erste Pilotierung mit Studierenden an der Universität Regensburg.

Ausblick

Derzeit erfolgt die Finalisierung der Erklärvideos, sodass diese gemeinsam mit der Moodle-Plattform und den Unterrichtsmaterialien im kommenden Winter und Frühjahr 2021/2022 erprobt werden können. Die Datenerhebung soll im Sommer 2022 stattfinden.

Literatur

Abeysekera, L., & Dawson, P. (2015). Motivation and cognitive load in the flipped classroom: Definition, rationale and a call for research.

Clark, R. C., & Mayer, R. E. (2016). E-Learning and the Science of Instruction (1. Aufl.). John Wiley & Sons, Ltd. https://doi.org/10.1002/9781119239086

Dorgerloh, S., & Wolf, K. D. (Hrsg.). (2020). Lehren und Lernen mit Tutorials und Erklärvideos. Beltz.

Findeisen, S., Horn, S., & Seifried, J. (2019). Lernen durch Videos – Empirische Befunde zur Gestaltung von Erklärvideos. MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung, 2019, 16–36. https://doi.org/10.21240/mpaed/00/2019.10.01.X

Finkenberg, F. (2018). Flipped Classroom im Physikunterricht [Universität Würzburg]. https://opus.bibliothek.uni-wuerzburg.de/frontdoor/index/index/docId/16414

Guo, P. J., Kim, J., & Rubin, R. (2014). How video production affects student engagement: An empirical study of MOOC videos. Proceedings of the First ACM Conference on Learning @ Scale Conference, 41–50. https://doi.org/10.1145/2556325.2566239

Haagen-Schützenhöfer, C. (2017). Students' conceptions on white light and implications for teaching and learning about colour. Physics Education, 52(4), 044003. https://doi.org/10.1088/1361-6552/aa6d9c

Kulgemeyer, C. (2019). Qualitätskriterien zur Gestaltung naturwissenschaftlicher Erklärvideos (S. 285–288).

Kulgemeyer, C., & Wittwer, J. (2021). When Learners Prefer the Wrong Explanation: Misconceptions in Physics Explainer Videos and the Illusion of Understanding. https://doi.org/10.31234/osf.io/q36zf

Mayer, R. E., Fiorella, L., & Stull, A. (2020). Five ways to increase the effectiveness of instructional video. Educational Technology Research and Development, 68(3), 837–852. https://doi.org/10.1007/s11423-020-09749-6

Muller, D. A. (2008). Designing Effective Multimedia for Physics Education. University of Sydney, Australia. https://www.sydney.edu.au/science/physics/pdfs/research/super/PhD(Muller).pdf

Rat für kulturelle Bildung. (2019). Jugend/Youtube/Kulturelle Bildung 2019. https://www.rat-kulturelle-bildung.de/publikationen/studien

Schmidt-Borcherding, F., & Drendel, L. (2021). Erklärvideos in der digitalen Hochschullehre: Welche Rolle spielen Sprecherpräsenz und Kohärenz für Lernerleben und Lernerfolg? 10.

Teichrew, A., & Erb, R. (2019). Entwicklung und Evaluation eines zweistufigen Testinstruments für Schülervorstellungen zur Anfangsoptik.

Wackermann, R., & Priemer, B. (2013). Tiefenstrukturen im Physikunterricht mit Schülerexperimenten. In S. Bernholt (Hrsg.), Inquiry-based Learning—Forschendes Lernen (S. 218–220). IPN-Verlag.

Wolf, K. D. (2018). Videos statt Lehrkraft? Computer + Unterricht - Lernen und Lehren mit digitalen Medien, 109, 4–7.

Julia Gaffron[1]
Martin Gröger[1]

[1]Universität Siegen

Kinder experimentieren gerne, viele Lehrkräfte aber offenbar nicht – Eine Fallstudie zur Durchführung von Experimenten im Sachunterricht

Einleitung

Wenn im Sachunterricht der Grundschule Versuche durchgeführt werden, sind die Kinder hochmotiviert bei der Sache. Kinder lieben das Experimentieren! Dabei spielt es keine Rolle, ob die durchzuführenden Versuche eher aus dem Bereich der Chemie, Physik oder Biologie kommen, sie im Rahmen einer Unterrichtsreihe zu einem sachunterrichtlichen Thema integriert sind oder es sich um das „Experiment der Woche" handelt. Experimente sind eindeutig ein Motor für Motivation, der auch in der weiterführenden Schule noch trägt (vgl. Frischknecht-Tobler & Labudde, 2013, S. 144; Reiners, 2017, S. 105).

Nicht nur motivational, sondern auch didaktisch sowie lerntheoretisch lässt sich das Experimentieren im Sachunterricht legitimieren: Eine Anleitung (richtig) lesen, das Material selbst auswählen, Vermutungen äußern, den Versuch durchführen, das genaue Beobachten und auch das Dokumentieren im Forscherprotokoll sind Fachmethoden im naturwissenschaftlichen Unterricht (und Sachunterricht), die von Kindern im Rahmen dieses Unterrichts auf ihren individuellen Niveaus bearbeitet und geleistet werden können (vgl. Grygier & Hartinger, 2009). Die Suche nach den richtigen Erklärungen und das Verstehen dessen, was bei den beobachteten Phänomenen passiert, treibt die Kinder meist auch an, weiter zu forschen und eigenen weiterführenden Fragen nachzugehen, wenn sie tatsächlich im Sachunterricht viele Experimente durchführen und von einer Lehrkraft unterrichtet werden, die ihnen das ermöglicht.

Die Realität spricht jedoch oft eine andere Sprache: Die eigenen langjährigen Erfahrungen als Grundschullehrerin, Fachleiterin am ZfsL Siegen und Moderatorin in der Lehrkräftefortbildung für das Fach Sachunterricht lassen vermuten, dass das Experimentieren im Sachunterricht längst noch nicht, trotz aller Bemühungen und Entwicklungen, in allen Grundschulen in der Unterrichtsplanung Platz findet, obwohl der Lehrplan NRW die Durchführung von Versuchen explizit fordert (vgl. Ministerium für Schule und Bildung, 2021, S. 189). Pointiert formuliert: Kinder experimentieren gerne, viele Lehrkräfte aber offenbar nicht.

Ziele und Forschungsfrage

MÖLLER (2004) verdeutlicht, dass die tatsächliche Unterrichtsdurchführung bei naturwissenschaftlichen Themen stark abhängig ist von der eigenen Motivation, dem Professionswissen und dem Fähigkeitsselbstkonzept der Lehrkräfte. Wenn naturwissenschaftliche Themen unterrichtet werden, dann handelt es sich meist um biologische Themen. Die Inhalte der sogenannten harten Fächer Physik und Chemie werden dagegen von Lehrkräften nur unterdurchschnittlich oft unterrichtet. SCHMIDT (2015) zeigt, dass fehlendes Professionswissen, fachfremdes Unterrichten, eine negative eigene Lernbiografie, wenig Interesse und Motivation sowie eine unzureichende Ausstattung bzw. ein hoher Vorbereitungs- und Materialaufwand als Gründe für die Unterrepräsentanz naturwissenschaftlicher Inhalte im Sachunterricht genannt werden. Obgleich sich MÖLLER (2004) und SCHMIDT (2015) in ihren Studien auf den naturwissenschaftlichen Unterricht an sich beziehen und nicht explizit auf

den Einsatz von Experimenten im Sachunterricht, kann man vermuten, dass die Ergebnisse der Studien auch auf das Experimentieren als Fachmethode im Sachunterricht übertragbar sind.
Im Rahmen einer explorativen Interventionsstudie untersuchen wir, ob es im Verlauf der zweiten Phase (Vorbereitungsdienst) möglich ist, durch gezielte Maßnahmen angehende Lehrkräfte stärker für das Experimentieren im Sachunterricht zu gewinnen. Die Forschungsfrage lautet: Kann eine explizite Intervention zum Experimentieren im Sachunterricht am Beispiel Sprudelgas das Interesse, das Fähigkeitsselbstkonzept, die Selbstwirksamkeit bzw. das Professionswissen von Lehramtsanwärter/-innen im Vorbereitungsdienst langfristig stärken?

Intervention „Experimentieren mit Sprudelgas“
Konkret sind drei Veranstaltungstermine zu je 120 Minuten angesetzt. Neben dem fachlichen Input zum Thema „Sprudelgas“ und dem fachmethodischen Input zum Experimentieren liegt der Fokus darauf, möglichst eigenständig viele Versuche kennenzulernen und auszuprobieren. Sich dabei selbst in der Rolle der Kinder wiederzufinden und die Experimente (mit und ohne Anleitung) durchzuführen, ermöglicht es den Lehramtsanwärterinnen und Lehramtsanwärtern, Lernchancen und auch Lernhindernisse authentisch-handelnd zu erkennen. Ein Wechsel zurück in die Rolle der Lehrkraft und somit zur Lernbegleitung der Kinder eröffnet die Chance einer vertieften fachdidaktischen Reflexion. Diese Form des pädagogischen Doppeldeckers (vgl. Widulle 2009, S. 76f.), der einen ständigen Perspektivenwechsel erfordert und damit auch ein hohes Maß an Flexibilität und Reflexionsvermögen, hat sich in der Ausbildung bewährt (vgl. Abels 2011, S. 124f.). Damit die Intervention einerseits ausreichend Gelegenheit zum praktischen Experimentieren und Entdecken bietet, andererseits aber genügend Zeit zu Verfügung steht, um dem hohen Anspruch an die Reflexion über die fachdidaktische und fachmethodische Unterrichtsplanung und Unterrichtsdurchführung gerecht zu werden, sind die drei Veranstaltungstermine nach dem *cognitive apprenticeship*-Ansatz (vgl. Collins, Brown & Newman, 1989) geplant und strukturiert.

Forschungsdesign
In der explorativen Interventionsstudie nutzen wir einen Mixed-Methods-Ansatz, bei dem die Daten zunächst quantitativ erfasst und im Nachgang qualitativ vertieft werden. Die Konzepte Interesse, Fähigkeitsselbstkonzept, Selbstwirksamkeit und Professionswissen werden quantifizierend mit einer Kombination aus bereits validierten, geschlossenen Fragebögen mit Rating-Skalen von JANSSEN (2015, S. 181ff.) und MÉZES (2016, S. 238ff.) in einem Pre-Post-Design erhoben. Thematisch wird das Interesse an Experimenten (schulisch und außerschulisch) erfragt. Weitere Items beziehen sich auf die Selbsteinschätzung des bereits vorhandenen Professionswissens und die Selbstwirksamkeitserwartung bzw. das Fähigkeitsselbstkonzept. Der Pre-Test enthält in Anlehnung an SCHMIDT (2015, S. 206ff.) zusätzliche Fragen zum (naturwissenschaftlichen) Ausbildungshintergrund der Lehramtsanwärterinnen und Lehramtsanwärter.
Der Pre-Post-Vergleich ermöglicht einerseits, die Wirksamkeit der Intervention „Experimentieren mit Sprudelgas“ bezogen auf die Treatment-Gruppe auszuwerten. Darüber hinaus gestattet er auch eine Einzelfallbetrachtung. Die Follow-up-Befragung und die Interviews nach zwei Jahren vermögen nicht nur Langzeiteffekte zu erheben, sondern auch bezogen auf den Einzelfall Potenzial und Grenzen der Intervention zu identifizieren. Fakultative qualitative Interviews im Anschluss dienen als Bausteine einer Kontextanalyse zur Explikation des Po-

tenzials der gesamten Intervention und gestatten nach Ablauf von etwa zwei Jahren Aussagen über eine langfristige Entwicklung und/oder Veränderung von Interesse, Fähigkeitsselbstkonzept, Selbstwirksamkeit und Professionswissen bezüglich des Experimentierens in der Grundschule.

Erste Ergebnisse

Die quantitative Auswertung der Fragebögen entlang der Merkmale Interesse, Fähigkeitsselbstkonzept, Selbstwirksamkeit und Professionswissen erfolgt mit insgesamt neun Skalen. Über die gesamte Stichprobe hinweg ergeben sich bei fünf Skalen zum Professionswissen und Interesse kaum Effekte. Bei vier Skalen sind dahingegen signifikante stark positive Effekte zu verzeichnen (siehe Tabelle):

Signifikanz und Effektstärken (N = 15)
Vier von neun Skalen zeigen signifikante Effekte

Skala	Signifikanz	Effektstärke	Auswertung
Interesse beim Experimentieren	p = 0,005**	r = 0,69	starker positiver Effekt
Persönliche Herausforderung beim Experimentieren	p = 0,024*	r = 0,57	starker positiver Effekt
Selbstwirksamkeit bzgl. des Unterrichtens	p = 0,005**	r = 0,70	starker positiver Effekt
Selbstwirksamkeit beim Experimentieren	p = 0,009**	r = 0,65	starker positiver Effekt

Eine fallweise Auswertung im Pre-Post-Vergleich nach der Intervention identifiziert „Profiteur/-innen“, „Nicht-Profiteur/-innen“ und „Wider-Erwarten-Typen“. Die Analyse der Follow-Up-Befragung nach zwei Jahren bestätigt weitgehend die Typenbildung, zeigt aber auch „Auffälligkeiten“ und liefert so Interviewkandidat/-innen (N = 3) zur Explikation des Potenzials und der Grenzen der Intervention.

Erste Ergebnisse der qualitativen Interviews deuten an, dass die Interventionsmaßnahme teilweise erst retrospektiv als exemplarische Lerngelegenheit (Methode, Material) identifiziert wird. Dies kann erklären, warum sich kaum Effekte beim Professionswissen zeigen. Die starken Effekte bei der Selbstwirksamkeit werden teilweise damit begründet, dass die Intervention als Katalysator eines Experimentalunterrichts diente. Eigenverantwortlicher Unterricht ohne Ausbildungsdruck steigert teilweise ebenfalls die Selbstwirksamkeit.

Über alle Typen hinweg zeigt sich, dass Interesse, Fähigkeitsselbstkonzept und Selbstwirksamkeit im Schulalltag bezogen auf einen Experimentalunterricht jedoch nur mittelbar moderierende Variablen sind. Die vorgefundene Schulrealität (Schulprofil und -curriculum, Materialausstattung, Kollegium, pädagogische Ausrichtung) stellt dagegen eine stark moderierende Variable dar, die noch genauer ausdifferenziert werden muss. Bislang zeigt sich:

- Trotz großem Interesse, tragfähigem Fähigkeitsselbstkonzept und positiver Selbstwirksamkeit wird Experimentalunterricht zwar als wünschenswert empfunden, aber nicht praktiziert, wenn die vorgefundene Schulrealität als hinderlich angesehen wird.
- Eine Passung von positiver naturwissenschaftlicher Bildungsbiografie, hohem Interesse und vorgefundenem MINT-Schulprofil begünstigt dagegen einen Experimentalunterricht.

Literatur

Abels, S. (2011). LehrerInnen als „Reflective Practitioner“. Reflexionskompetenz für einen demokratieförderlichen Naturwissenschaftsunterricht. Wiesbaden: VS Verlag.

Collins, A.; Brown, J. S. & Newman, S. E. (1989). Cognitive apprenticeship. Teaching the crafts of reading, writing, and mathematics. In: L. B. Resnick (Hrsg.). Knowing, learning, and instruction. Hillsdale, NJ: Erlbaum, S. 453-494.

Frischknecht-Tobler, U. & Labudde, P. (2013). Beobachten und Experimentieren. In: P. Labudde (Hrsg.). Fachdidaktik Naturwissenschaft. 1.-9. Schuljahr. 2., korr. Aufl. Bern: Haupt, S. 133-148.

Grygier, P. & Hartinger, A. (2009). Gute Aufgaben Sachunterricht. Naturwissenschaftliche Phänomene begreifen. Berlin: Cornelsen.

Janssen. M. (2015). Mit biologischen Inhalten Brücken zur Chemie bauen. Entwicklung und Erprobung eines Seminars für Sachunterrichtsstudierende. Siegen: Universität Siegen, Dissertation.

Mézes, Ch. (2016). Zur Motivation beim Experimentieren im Physikunterricht. Schwäbisch Gmünd: Pädagogische Hochschule, Dissertation.

Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.) (2021). Lehrplan für die Primarstufe in Nordrhein-Westfalen. Fach Sachunterricht. Verfügbar über: https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/lehrplan/292/ps_lp_su_einzeldatei_2021_08_02.pdf [Zugriff: 7.10.2021]

Möller, K. (2004). Naturwissenschaftliches Lernen in der Grundschule. Welche Kompetenzen brauchen Grundschullehrkräfte? In: H. Merkens (Hrsg.). Lehrerbildung: IGLU und die Folgen. Wiesbaden: Springer, S. 65-84.

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

Schmidt, M. (2015). Professionswissen von Sachunterrichtslehrkräften. Zusammenhangsanalyse zur Wirkung von Ausbildungshintergrund und Unterrichtserfahrung auf das fachspezifische Professionswissen im Unterrichtsinhalt „Verbrennung“. Berlin: Logos.

Widulle, W. (2009). Handlungsorientiert Lernen im Studium. Arbeitsbuch für soziale und pädagogische Berufe. Wiesbaden: VS Verlag.

Jana Biedenbach[1]
Verena Spatz[1]

[1]Technische Universität Darmstadt

Experimentiersettings als Vignetten zur Evaluation von Handlungswissen

Im Rahmen der Projekte MINT^{plus} und MINTplus[2] wurde das Lehramtsstudium an der Technischen Universität Darmstadt neu strukturiert, beispielsweise durch die Einführung des Vernetzungsbereichs oder gestufter Praxisphasen (Bruder & Kümmerer, 2019). Aufgrund neu geschaffener Elemente wie dem Vernetzungsbereich war eine Neukonzeption zahlreicher Veranstaltungen notwendig, von denen eine das Modul „Erkenntnisgewinnung in den Naturwissenschaften“ ist. Neben einer fundierten Entwicklungsarbeit ist auch eine differenzierte Evaluation des Moduls von Bedeutung, da es sich bei der Veranstaltung um ein neu erdachtes Modulkonzept handelt, dessen Verstetigung auf Basis einer zielorientierten Neu- und Weiterentwicklung beruhen soll.
Ein Forschungsansatz, der gleichermaßen die Neuentwicklung und auch die systematische Evaluation mit dem Ziel einer schrittweisen Verbesserung des Moduls im Blick hat, ist der Design-Based-Research-Ansatz (Wilhelm & Hopf, 2014). Dieser Forschungsansatz erfordert auf das Design abgestimmte Evaluationsinstrumente, um die für die Weiterentwicklung relevanten Aspekte zielgerichtet zu erfassen. Dieser Beitrag stellt die Entwicklung des Forschungsinstruments zur Erfassung des prozeduralen Wissens bezüglich des Unterrichtens der KMK-Kompetenz „Erkenntnisgewinnung“ (KMK, 2004) vor.

Überblick über das Modul „Erkenntnisgewinnung“ in den Naturwissenschaften

Bevor die Entwicklung des Forschungsinstruments vorgestellt wird, soll zuerst ein kurzer Überblick über die Methodik und Inhalte des neu entwickelte Moduls „Erkenntnisgewinnung in den Naturwissenschaften“ gegeben werden. Das Modul besteht im Wesentlichen aus drei Teilen: einem Grundlagenseminar, in dem didaktische Theorien und praktische Unterrichtskonzepte zur KMK-Kompetenz „Erkenntnisgewinnung“ (KMK, 2004) erarbeitet werden, einem Projekt, in dem ein Schulprojekt zur Förderung dieser Kompetenz entwickelt wird, und einem Reflexionsteil, der sich aus dem modulbegleitenden Portfolio und dem damit verbundenen Reflexions- und Abschlussgespräch zusammensetzt.
Aufgrund der Corona-Pandemie mussten bis zum Sommersemester 2021 alle Modulerprobungen methodisch als Online-Veranstaltung erfolgen. Das bedeutet, dass das Grundlagenseminar in einer Mischung aus Selbsterarbeitung über Moodle und Meetings per Zoom stattfand. Das Schulprojekt konnte nur erarbeitet, jedoch nicht in der Schule erprobt werden.
Inhaltlich beschäftigen sich die Studierenden im Seminar zunächst mit fachdidaktischen Modellen zur Erkenntnisgewinnung sowie den einzelnen Facetten „Naturwissenschaftliche Untersuchungen“, „Modelle“ (Straube, 2016) und „Nature of Science“ (Höttecke, 2008). Außerdem werden praktische Ideen zur Vermittlung dieser Facetten sowie zum inklusiven Experimentieren oder zum Einbinden von Experimenten in Prüfungen präsentiert. Auch die Diskussion um integrierten naturwissenschaftlichen Unterricht ist ein wichtiger inhaltlicher Bestandteil des Seminars. Das anschließende Projekt umfasst die Entwicklung einer 90-minütigen Einheit zu einem selbstgewählten Thema aus den Naturwissenschaften für Schüler:innen der Jahrgangsstufen 6 bis 8.

Evaluation des Wissenszuwachses durch das Modul

Bei der Evaluation des Moduls soll unter anderem geprüft werden, ob das Modul einen Wissenszuwachs bezüglich des Unterrichtens der KMK-Kompetenz „Erkenntnisgewinnung" zur Folge hat. Wissen kann nach Stelter et. al. (2015) in zwei Teilbereiche unterteilt werden, die folgendermaßen definiert sind: „Deklaratives Wissen ist Faktenwissen, welches Informationen beinhaltet und diese in einen übergeordneten Zusammenhang stellt", wohingegen „prozedurales Wissen […] die Fähigkeit zur Umsetzung und Anwendung von Wissen bei der Lösung von Routineaufgaben [ist]." Beide Teilbereiche lassen sich kaum mit einem Forschungsinstrument erfassen, weswegen zwei verschiedene Methoden bei der Evaluation des Moduls angewendet werden, um beide Wissensbereiche getrennt zu evaluieren.

Das deklarative Wissen wird über Concept Maps erfasst, die die Studierenden zum Modulthema „Erkenntnisgewinnung in den Naturwissenschaften" in einem Prae-Post-Design erstellen. Dabei konnte im ersten Moduldurchlauf im Sommersemester 2020 bereits ein Wissenszuwachs bezüglich des Begriffswissens zum Modulthema gemessen werden (Tampe & Spatz, 2021).

Für die Evaluation des prozeduralen Wissens ist eine systematische Erfassung des Wissens im Kontext einer Anwendungssituation notwendig. Eine Möglichkeit, solche Kontexte im Rahmen eines Evaluationsinstrumentes zur Verfügung zu stellen, sind Vignetten. Nach Schweinberger (2019) handelt es sich bei solchen zur Evaluation eingesetzten Vignetten unter anderem um die „Darstellung einer Situation aus dem Berufsalltag, anhand der Handlungsmöglichkeiten erarbeitet und begründet werden können". Ein Teilziel des Design-Bases-Research-Projektes ist es also, für die Seminarevaluation geeignete Vignetten zu entwickeln. Dieser Prozess wird im Folgenden detaillierter dargestellt.

Entwicklung der handlungsorientierten Vignetten

Zunächst ist es notwendig, das grundlegende Design für die Vignetten festzulegen. Dieses sollte im Sinne der Evaluation der Modulziele möglichst gut auf diese abgestimmt sein. In der Modulbeschreibung ist ein zentrales Kompetenzziel des Moduls folgendermaßen formuliert: „Die Studierenden können nach dem Modul begründet Experimentiersettings für Lernende planen". Daher wurden als Vignetten genau solche Experimentiersettings gewählt, die die Studierenden analysieren sollen und abgestimmt auf eine Lerngruppe umplanen sollen. Die Experimentiersettings bestehen dabei jeweils aus einem Experimentierkasten mit verschiedenen Experimentiermaterialien und zugehörigen Arbeitsblättern. Es wurden insgesamt neun Experimentiersettings und drei Lerngruppen entwickelt, die frei miteinander kombinierbar sind, sodass insgesamt 27 Kombinationen möglich sind.

Den Experimentiersettings liegt ein theoretisches 3×3-Design zu Grunde (siehe Abb. 1). Für jedes der drei naturwissenschaftlichen Fächer Biologie, Chemie und Physik wurde je ein geschlossenes, ein halboffenes und ein geschlossenes Experimentiersetting (Hofer et. al., 2016; Höttecke, 2008; Mayer & Ziernek, 2006) entwickelt. Die drei Lerngruppen wurden abgestuft nach Leistungsstärke erstellt: lernschwach, durchschnittlich und lernstark.

Nach der Entwicklung dieses theoretischen Modells wurden in einem Brainstorming passende Themen und Experimente für die Experimentiersettings gesammelt. Aus diesen wurden schließlich neun ausgewählt und eine erste Version erstellt. Diese erste Version wurde Expert:innen aus den Fachdidaktiken Biologie, Chemie und Physik vorgelegt und gemeinsam mit diesen bezüglich fachlicher Richtigkeit und didaktisch-methodischer Aspekte überarbeitet. Die überarbeitete Version stellt die aktuelle Version der Vignetten dar, mit der die Modulevaluation durchgeführt wird.

Abb. 1: Überblick über die Vignetten: a) Experimentiersettings, b) Lerngruppe

Um die Auseinandersetzung der Studierenden mit den einzelnen Vignetten vergleichbar zu machen, wurde ein Begleitfragebogen erstellt, durch den die Bearbeitung der Vignetten durch die Studierenden systematisiert wird. Der Fragebogen umfasst drei wesentliche Elemente.
Zunächst soll der Öffnungsgrad der unterschiedlichen Experimentierschritte (Baur et. al., 2020) auf einer kontinuierlichen Skala von offen bis geschlossen unabhängig von der zugeteilten Lerngruppe eingeschätzt werden. Anschließend werden die inhaltlichen und kompetenzorientierten Lernziele sowie mögliche Schwierigkeiten bei der Durchführung im Unterricht immer noch unabhängig von der Lerngruppe jeweils als offene Antwort eingeschätzt. Erst im letzten Schritt wird die Lerngruppe hinzugenommen und die Studierenden sollen in einem offenen Antwortformat angeben, mit welchen Änderungen sie das Arbeitsmaterial des Experimentiersettings an die Lerngruppe anpassen würden.
Diese Auseinandersetzung mit den Vignetten ähnelt Handlungen bei der Auswahl und Anpassung von Unterrichtsmaterial für Schüler:innenexperimente, denn auch hier werden meist vorhandene Unterrichtsideen zunächst analysiert und anschließend an die eigene Lerngruppe angepasst. Somit fordern die Vignetten eine berufsfeldnahe, auf das Modulziel bezogene Handlung heraus, die sich zur Evaluation des Moduls eignet.

Ausblick

Um die Vignetten als Evaluationsinstrument einsetzen zu können, ist neben der bisher vorgestellten Entwicklung eine Validierung notwendig. Diese wird über das Einbeziehen von Lehrpersonen realisiert. Anhand deren Expertise wird eine „Expertenlösung“ erstellt, die mit der Leistung der Studierenden verglichen wird und so diese bewertbar macht.
Die Vignetten werden im Rahmen des Moduls in einem Prae-Post-Design eingesetzt, das heißt die Studierenden bearbeiten zwei Vignetten zu Beginn des Moduls und zwei weitere zum Abschluss. Zudem werden zwei Vignetten von Studierenden bearbeitet, die das Modul nicht besuchen, um eine Kontrollgruppe zu realisieren.

Literatur

Bruder, R.; Kümmerer, B. (2019). Mathematik verbindet. Ein neuer Vernetzungsbereich für das gymnasiale Lehramt im Darmstädter Projekt MINT^{plus} in der Qualitätsoffensive Lehrerbildung. In: GDM-Mitteilungen, 107, S. 27-32.

Hofer, E., Abels, S. & Lembens, A. (1). Forschendes Lernen und das 5E Modell. PLUS LUCIS (2016), S. 4.

Höttecke, D. (2008). Forschend entdeckender Physikunterricht. Ein Überblick zu Hintergründen, Chancen und Umsetzungsmöglichkeiten entsprechender Unterrichtskonzeptionen. Unterricht Physik, 21(119), S. 4-6.

Höttecke, D. (2008). Was ist Naturwissenschaft? Physikunterricht über die Natur der Naturwissenschaften. Unterricht Physik, 19 (103), 4 11.

Kultusministerkonferenz (2004): Bildungsstandards im Fach Biologie/Chemie/Physik für den Mittleren Schulabschluss. (Beschluss der KMK vom 16.12.2004).

Mayer, J.; Ziernek, P. (2006). Offenes Experimentieren. Unterricht Biologie, 30 (317), S. 4-12.

Schweinberger, K.: Vignetten oder die Frage: Was würden Sie an dieser Stelle tun? - In: Journal für LehrerInnenbildung 19 (2019) 2, S. 92-97.

Stelter, A.; Goldhammer, F.; Naumann, J.; Rölke, H.: Die Automatisierung prozeduralen Wissens. Eine Analyse basierend auf Prozessdaten - In: Stiller, J.; Laschke, C. (Hrsg.): Berlin-Brandenburger Beiträge zur Bildungsforschung 2015. Herausforderungen, Befunde und Perspektiven interdisziplinärer Bildungsforschung. Frankfurt, M., Lang 2015, S. 111-131.

Straube, P. (2016). Modellierung und Erfassung von Kompetenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung bei (Lehramts-)Studierenden im Fach Physik. Dissertation. Logos Verlag Berlin GmbH.

Tampe, J.; Spatz, V. (2021): Evaluation eines interdisziplinären Seminars zur Erkenntnisgewinnung. In: GDCP, Jahrestagung in Wien, 41 (2020), S. 141-144.

Wilhelm, T.; Hopf, M. (2014). Design Forschung. In: D. Krüger, I. Parchmann, H. Schecker (Hrsg.), Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung. Berlin: Springer Spektrum, S. 31-42.

Benedikt Gottschlich[1]
Jan-Philipp Burde[1]
Liza Dopatka[2]
Verena Spatz[2]
Thomas Schubatzky[3]
Claudia Haagen-Schützenhöfer[3]
Lana Ivanjek[4]
Martin Hopf[5]
Thomas Wilhelm[6]

[1]Universität Tübingen
[2]TU Darmstadt
[3]Universität Graz
[4]TU Dresden
[5]Universität Wien
[6]Universität Frankfurt

Feedback aus der Schulpraxis zu Kontexten des EPo-EKo-Projekts

Hintergrund

Bereits seit Jahrzehnten kommen Studien zu dem Ergebnis, dass es Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe I vielfach nicht gelingt, ein grundlegendes Verständnis für die Zusammenhänge im einfachen Stromkreis zu entwickeln (Rhöneck, 1986; McDermott & Shaffer, 1992; Burde, 2018). Im Rahmen des Design-Based-Research-Projekts „Elektrizitätslehre mit Potenzial – Elektrizitätslehre mit Kontexten“ (EPo-EKo) wurden deshalb verschiedene Unterrichtskonzepte zur elementaren Elektrizitätslehre entwickelt, die entlang der Stränge EPo und EKo beforscht werden (Wilhelm et al., 2018; Haagen et al., 2019). Die Motivation für den kontextstrukturierten Ansatz stammt aus der Erkenntnis, dass das Sachinteresse weniger von den physikalischen Inhalten abhängt, sondern vielmehr von den Kontexten positiv beeinflusst wird, in deren Rahmen die Inhalte auftreten (Hoffmann et al., 1998; Rost et al., 1999; Langeheine et al., 2001). Außerdem ist die Frage, wie sich ein dezidiert kontextbasiertes Unterrichtskonzept auf das konzeptionelle Verständnis der Lernenden auswirkt, bislang weitgehend ungeklärt (Bennett et al., 2007; Taasoobshirazi & Carr, 2008). Diese Frage ist insofern von Relevanz, als dass die Einbindung von Kontexten in den Physikunterricht seit 2004 in den KMK-Beschlüssen verankert ist (KMK, 2004). Allerdings existieren bislang nur wenige erprobte Unterrichtskonzepte und -materialien, auf welche Lehrkräfte für eine kontextstrukturierte Einführung in die Elektrizitätslehre zurückgreifen können (Dopatka et al., 2019). Ein Beispiel hierfür stellen allerdings die Ausarbeitungen von Dopatka et al. (2020b, 2020a) dar, die eine kontextstrukturierte Aufgabensammlung in Form eines Arbeitshefts bieten. Im Rahmen des EKo-Projekts entstehen darauf aufbauend Schülertexte im Schulbuchformat, die vergleichbar zu den Ausarbeitungen zum EPo- und EPo-EKo-Konzept sind.

Abb. 1: Aktueller Status der Erhebungen im Rahmen des Gesamtprojekts EPo-EKo

Die ersten Datenerhebungen im Rahmen des EKo-Strangs erfolgten mit Beginn des Schuljahres 2021/22 in Baden-Württemberg (Abb. 1). Die im EPo-Strang beteiligten Lehrkräfte haben hingegen bereits zwei von drei Durchgängen absolviert. Der dritte Durchgang konnte pandemiebedingt noch nicht stattfinden. Das zur Verfügung gestellte EPo-EKo-Konzept wurde von den Lehrkräften trotzdem verwendet, allerdings überwiegend im Rahmen von Wechsel- bzw. Fernunterricht. Der Einsatz des EPo-EKo-Konzepts wurde genutzt, um durch Befragungen von beteiligten Lehrkräften und Lernenden Rückmeldungen zur Arbeit mit den Kontexten zu erhalten. Tabelle 1 gibt einen Überblick über die Kontexte und die Bewertung durch Lehrkräfte bzw. Lernende, wobei die Mittelwerte indikativer Natur sind. Weiterführende Ausführungen zu den Kontexten finden sich in Burde et al. (2020) und Gottschlich et al. (2021).

Rückmeldungen von Lehrkräften

Die Befragung der Lehrkräfte, die das EPo-EKo-Konzept im Unterricht einsetzten, erfolgte gegen Ende des Schuljahres 2019/20 im Rahmen einer Masterarbeit (Häßner, 2020). Von den n = 12 Lehrkräften, welche an einer quantitativen Befragung teilnahmen (siehe Tab. 1), konnten fünf Lehrkräfte für ein vertiefendes leitfragengestütztes Online-Interview gewonnen werden. Nach deren Angaben wurde das breite Angebot an flexibel einsetzbaren Kontexten insgesamt wertgeschätzt, wobei der Zeitaufwand für die Einarbeitung in einzelne Kontexte als recht hoch angesehen wurde. Während eine Mehrheit unter den Lehrkräften die Kontexte gegenüber dem EPo-Konzept aus dem vorherigen Durchgang als Bereicherung ansah, wiesen vereinzelt Lehrkräfte darauf hin, dass nicht alle Ausarbeitungen der Kontexte die Schülerinnen und Schüler gleichermaßen motivieren konnten. Eine detailliertere Diskussion der Rückmeldungen der Lehrkräfte findet sich in Burde et al. (2021).

Schulnote Lehrkräfte (n = 12)	**Kontext (zugeordneter Fachinhalt)** *(Die Kontexte „Fußball“ und „Türklinke“ werden nur im EPo-EKo- und nicht im EKo-Konzept verwendet.)*	**Schulnote Lernende (n = 8)**
2,1	Autoscooter (Energieübertragung in Stromkreisen)	2,3
2,2	*Fußball (Luftströmungen als Folge von Druckunterschieden)*	2,9
1,6	*Türklinke (Der elektrische Druck)*	1,8
2,1	Zitteraal (Spannung)	1,7
2,5	Nebelschlussleuchte (Stromstärke)	2,6
2,0	Geoelektrik (Widerstand)	2,3
2,2	Weidezaun (Parallelschaltung)	2,2
2,9	Reizstrombehandlung (Reihenschaltung)	2,3
1,9	Reiseföhn (ohmsches Gesetz)	2,2

Tab. 1: Arithm. Mittel der von Lehrkräften bzw. Lernenden vergebenen Schulnoten auf die Frage „Mit welcher Schulnoten bewerten Sie / bewertest Du insgesamt den Kontext?“

Rückmeldungen von Lernenden

Die Befragung von Schülerinnen und Schülern (n = 8) der Jahrgangsstufen 7 und 8 aus insgesamt vier Klassen verschiedener Gymnasien, welche im Schuljahr 2020/21 mit dem EPo-EKo-Konzept unterrichtet wurden, fand im Rahmen von Online-Interviews im April und Mai 2021 statt (siehe Tab. 1). In der qualitativen Befragung der Lernenden wurde deutlich, dass retrospektiv überwiegend die für das Elektronengasmodell charakteristischen Abbildungen

und fachlichen Inhalte im Gedächtnis der Schülerinnen und Schüler verblieben. Die Kontexte hingegen wurden als wenig prägend empfunden und konnten nur in Einzelfällen noch mit den physikalischen Fachinhalten in Verbindung gebracht werden. Das Layout und die Präsentation der Kontexte wurden allerdings überwiegend als attraktiv und motivierend empfunden. In Bezug auf allgemeine Verbesserungspotenziale des Konzepts wurde vielfach angeregt, die Verständlichkeit von Aufgabenstellungen – insbesondere bei Aufgaben mit Kontextbezug – durch klarere Formulierungen zu erhöhen.

Konsequenzen für das Gesamtprojekt EPo-EKo

Die Konsequenzen aus der Befragung von Lehrkräften und Lernenden wurden für die Überarbeitung sowohl des EPo-EKo- als auch des neu entwickelten EKo-Konzepts berücksichtigt. Insbesondere wird das bereits existierende EPo-EKo-Schulbuch in einer überarbeiteten Version neu aufgelegt und den weiterhin beteiligten Lehrkräften aus dem EPo-Strang für den dritten und letzten Durchgang zur Verfügung gestellt. Besonders die Rückmeldungen der Lernenden legen nahe, dass trotz der zur Verfügung gestellten Materialien die Kontextstrukturierung bislang nicht in allen Fällen leitend für die Gestaltung des Unterrichts war. Aus diesem Grund werden zwei Anpassungen vorgenommen: Einerseits wird der strukturgebende Charakter der Kontexte im Schulbuch in Anlehnung an den Modified-Anchored-Instruction-Ansatz (Müller et al., 2010) durch grafisch hervorgehobene Leitfragen und -antworten in jedem Kapitel unterstrichen. Andererseits werden kontextbezogene digitale Zusatzmaterialien entwickelt und den Lehrkräften zur Verfügung gestellt, welche die Umsetzung der Kontextstrukturierung erleichtern sollen. Eine weitere zentrale Schlussfolgerung aus den Befragungen ist, dass die Auswahl der Kontexte erhalten bleibt. Zwar äußerten sowohl Lehrkräfte als auch Lernende Kritik in Bezug auf die Umsetzung mancher Kapitel, allerdings wurde keiner der Kontexte konsistent von Lehrkräften und Lernenden als ungeeignet empfunden. Es wurde in der Überarbeitung vielmehr Wert darauf gelegt, dass an entsprechenden Stellen sprachliche und inhaltliche Verständnishürden beseitigt werden.

Ausblick

Zum Zeitpunkt der Einreichung dieses Artikels kann davon ausgegangen werden, dass das Schuljahr 2021/22 nicht von umfassenden pandemiebedingten Unterbrechungen des regulären Schulbetriebs betroffen sein wird. Deshalb ist geplant, die Erhebungen im Rahmen des EPo-EKo-Projekts nach zweijähriger Pause wie ursprünglich geplant fortzusetzen (Wilhelm et al., 2018; Haagen et al., 2019). Wie in Abbildung 1 dargestellt, wird dabei zum einen die Evaluierung des EPo-EKo-Konzepts mit Lehrkräften aus Bayern, Hessen und Wien/Niederösterreich der EPo-Strang abgeschlossen. Andererseits beginnen gleichzeitig in Zusammenarbeit mit Lehrkräften aus Baden-Württemberg die Erhebungen im EKo-Strang. Diese Lehrkräfte unterrichten die elementare Elektrizitätslehre zunächst in ihrer gewohnten Art und Weise, bevor sie ihren Unterricht mit anderen Klassen auf Basis des kontextstrukturierten EKo-Konzepts gestalten. Ziel hierbei ist es, Hinweise auf den Einfluss der kontextstrukturierten Unterrichtsgestaltung auf Interesse, Selbstkonzept und Konzeptverständnis zu gewinnen. Unter Einbezug der Erhebungen im EPo-Strang soll zudem untersucht werden, ob der Einfluss der Kontextstrukturierung im traditionellen Unterricht (EKo) sich vom Einfluss der Kontextstrukturierung bei Benutzung des Elektronengasmodells (EPo-EKo) unterscheidet.

Danksagung

Der Deutschen Telekom Stiftung sei für die finanzielle Unterstützung des Projekts gedankt.

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. https://doi.org/10.1002/sce.20186

Burde, J.-P. (2018). *Konzeption und Evaluation eines Unterrichtskonzepts zu einfachen Stromkreisen auf Basis des Elektronengasmodells*. *Studien zum Physik- und Chemielernen: Bd. 259*. Logos-Verlag. https://doi.org/10.30819/4726

Burde, J.-P., Dopatka, L., Spatz, V., Hopf, M., Wilhelm, T., Schubatzky, T., Haagen-Schützenhöfer, C. & Ivanjek, L. (2020). Ein kontextstrukturiertes Unterrichtskonzept mit Potenzial. In *PhyDid-B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung, 2020* (S. 227–233).

Burde, J.-P., Häßner, F., Dopatka, L., Spatz, V., Schubatzky, Wilhelm, T., Hopf, M., Schubatzky, T., Haagen-Schützenhöfer, C. & Ivanjek, L. (2021). Die Kontextorientierung im EPo-EKo-Konzept aus Sicht der Lehrkräfte. In *PhyDid-B - Didaktik der Physik Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung, 2021* (S. 315–320).

Dopatka, L., Keursten, F. & Spatz, V. (2020a). *Elektrizitätslehre in Kontexten - Band 1: Vom einfachen Stromkreis bis zur elektrischen Stromstärke*. Brigg Verlag.

Dopatka, L., Keursten, F. & Spatz, V. (2020b). *Elektrizitätslehre in Kontexten - Band 2: Vom elektrischen Widerstand bis zum qualitativen Zusammenhang elektrischer Größen*. Brigg Verlag.

Dopatka, L., Spatz, V., Burde, J.-P., Wilhelm, T., Ivanjek, L., Hopf, M., Schubatzky, T. & Haagen-Schützenhöfer, C. (2019). Erste Lehrkräfterückmeldungen zum Unterrichtsmaterial von EKo: Elektrizitätslehre in Kontexten. In *PhyDid-B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung, 2019* (S. 161–166).

Gottschlich, B., Burde, J.-P., Dopatka, L., Spatz, V., Schubatzky, T., Haagen-Schützenhöfer, C., Ivanjek, L., Wilhelm, T. & Hopf, M. (2021). Konzeption eines Forschungsprojekts zu kontextbasiertem traditionellen Unterricht zu einfachen Stromkreisen. In *PhyDid-B - Didaktik der Physik Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung, 2021* (S. 327–332).

Haagen, C., Burde, J.-P., Hopf, M., Spatz, V. & Wilhelm, T. (2019). Using the Electron Gas Model in Lower Secondary Schools—A Binational Design-Based Research Project. In E. McLoughlin & P. van Kampen (Hrsg.), *Springer eBook Collection. Concepts, Strategies and Models to Enhance Physics Teaching and Learning* (S. 3–12). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-18137-6_1

Häßner, F. (2020). *Das Unterrichtskonzept EPo-EKo aus Sicht der Lehrkräfte* [Masterarbeit, Universität Tübingen].

Hoffmann, L., Häußler, P. & Lehrke, M. (1998). *Die IPN-Interessenstudie Physik*. IPN Kiel.

Langeheine, R., Häußler, P., Hoffmann, L., Rost, J. & Sievers, K. (2001). Strukturelle Veränderungen des Physikinteresses von der 7. zur 9. Jahrgangsstufe. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, *33*(1), 20–29. https://doi.org/10.1026//0049-8637.33.1.20

McDermott, L. & Shaffer, P. (1992). Research as a guide for curriculum development: An example from introductory electricity. Part I: Investigation of student understanding. *American Journal of Physics*, *60*(11), 994–1013.

Müller, A., Kuhn, J., Müller, W. & Vogt, P. (2010). „Modified Anchored Instruction“ im Naturwissenschaftlichen Unterricht: Ein Interventions- und Forschungsprogramm. In D. Höttecke (Hrsg.), *Entwicklung naturwissenschaftlichen Denkens zwischen Phänomen und Systematik. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung 2009* (S. 149–151). LIT-Verlag.

Rhöneck, C. von (1986). Vorstellungen vom elektrischen Stromkreis und zu den Begriffen Strom, Spannung und Widerstand. *Naturwissenschaften im Unterricht - Physik 34*, *13*, 10–14.

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. https://doi.org/10.1026//0049-8637.31.1.18

Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland. (2004). *Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10)*. Wolters Kluwer Deutschland.

Taasoobshirazi, G. & Carr, M. (2008). A review and critique of context-based physics instruction and assessment. *Educational Research Review*, *3*(2), 155–167. https://doi.org/10.1016/j.edurev.2008.01.002

Wilhelm, T., Burde, J.-P., Spatz, V., Haagen-Schützenhöfer, C. & Hopf, M. (2018). Elektronengasmodell und Kontextorientierung - ein binationales Projekt. In C. Maurer (Hrsg.), *Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht - normative und empirische Dimensionen, Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Regensburg 2017* (S. 772–775). Universität Regensburg.

Büşra Tonyali[1]
Mathias Ropohl[1]
Julia Schwanewedel[2]

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

Feedbackbasierte Fördermaßnahme zum Einsatz von Repräsentationen

Theoretischer Hintergrund

Im Chemieunterricht dienen Repräsentationen als wichtiges Medium der Wissensvermittlung. Dabei werden nicht nur fachspezifische und komplexe Repräsentationen eingesetzt, sondern mehrere, unterschiedliche Formen gleichzeitig als multiple externe Repräsentationen (meR) miteinander kombiniert (Krey & Schwanewedel, 2018). Ohne entsprechende Kompetenzen von Lehrkräften zur Nutzung und Gestaltung von meR ist ein Kompetenzzuwachs seitens der Lernenden kaum möglich (Kozma & Russell, 1997). Angehende Lehrkräfte müssen mit Blick auf meR repräsentationsbezogenes Fachwissen und fachdidaktisches Wissen erlangen (McElvany & Willems, 2012). Untersuchungen zeigen jedoch, dass angehende Lehrkräfte über ein geringes repräsentationsbezogenes Wissen 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 und Überzeugungen 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 dem Hintergrund wird eine Unterstützungsmaßnahme entwickelt, die Lehramtsanwärter:innen (LAA) 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 Ausbildung 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 Lehrkraft 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 LAA zu meR mithilfe einer feedbackgestützten Intervention fördern lassen. Entsprechend werden folgende Forschungsfragen untersucht:

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?

Methodisches Vorgehen

Die Interventionsstudie im Prä-Post-Kontrollgruppendesign wurde als Moodle-basiertes Online-Selbstlernmodul in den Vorbereitungsdienst in 19 Seminarstandorten in NRW implementiert und bei einer Gesamtstichprobengröße von $N = 98$ LAA (73 % LAA mit einem abgeschlossen Lehramtsstudium und 27 % Seiten- bzw. Quereinsteiger:innen) erprobt. Um Interaktionseffekte zu untersuchen, wurde das Feedback zwischen den drei Untersuchungsgruppen systematisch variiert: *1. internes und externes, 2. internes, 3. kein Feedback*. Beide Feedbackvarianten wurden anhand eines entwickelten Bewertungsbogens standardisiert generiert. Die Erhebung der Hauptstudie fand zwischen Juni 2020 und März 2021 statt.

Die Intervention ist in drei Sitzungen à 90 Minuten unterteilt, welche strukturell gleich aufgebaut sind und in einem Abstand von sieben Tagen absolviert werden (*Tab. 1*). Im ersten Schritt erstellen die LAA ein Arbeitsblatt anhand eines vorgegebenen Lernziels sowie Text- und Bildelementen. Anschließend bewertet jede Testperson ihr Arbeitsblatt mittels Bewertungsbogen (internes Feedback). In der folgenden Interventionssitzung erhalten die Testpersonen für ihr Arbeitsblatt einen ausgefüllten Bewertungsbogen von Seiten der Studienerhebung (externes Feedback). Zuletzt vergleichen die Testpersonen beide Feedbacks miteinander und versuchen in der nächsten Sitzung eine bessere Bewertung zu erhalten. Der Zyklus aus Arbeitsblattgestaltung, Feedback und Reflexion wird insgesamt dreimal durchgeführt. Übergeordnetes chemisches Thema der Intervention ist das Inhaltsfeld „Stoffe und Stoffgemische“, welches in der Jahrgangsstufe 7 unterrichtet wird.

Tab. 1: 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. Feedback	Erstellen eines ABs	Generieren von int. Feedback	Reflexion mittels ext. Feedback	Erstellen eines ABs	Generieren von int. Feedback

Als abhängige Variablen wurden im Prä- (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 (Tonyali, Ropohl & Schwanewedel, 2020). Hierzu wurden $N = 50$ Lehramtsstudierende von den Universitäten Dortmund, Duisburg-Essen und Köln befragt, welche sich im Masterstudium befanden.

Als Kontrollvariablen wurden das allgemeine fachliche und fachdidaktische Wissen sowie Merkmale zum Ausbildungshintergrund erhoben (Tonyali et al., 2020). Alle Messungen wurden in die Lernplattform Moodle implementiert und online durchgeführt.

Beide Feedbackarten werden anhand eines kriteriengeleiteten Bewertungsbogens generiert, welcher in einer Vorstudie pilotiert wurde (Tonyali et al., 2020). Der Bewertungsbogen enthält verschiedene fachdidaktische und kognitionspsychologische Kriterien, die bei der Gestaltung 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.

Vorläufige Ergebnisse

Das Testinstrument zu den Überzeugungen zu der Wichtigkeit von Repräsentationen für das Lernen von Chemie (fünfstufige Likert-Skala 0-4, 19 Items, α =.80, r = .24-.53) weist im Posttest eine gute Reliabilität auf. Die Itemtrennschärfen liegen ebenso in einem guten Bereich. Verglichen mit den Testkennwerten aus der Pilotierung (14 Items, α = .62, r = .09-.52) ist eine deutliche Verbesserung der Kennwerte erkennbar.

Tab. 2: Mittelwerte (M) und Standardabweichungen (SD) zu den Überzeugungen

	Prätest	**Posttest**
Gesamtstichprobe	M = 3.01, SD = .33	M = 3.18, SD = .34
Internes und externes Feedback	M = 3.01, SD = .36	M = 3.14, SD = .37
Internes Feedback	M = 3.12, SD = .32	M = 3.24, SD = .31
Kein Feedback	M = 3.17, SD = .31	M = 3.15, SD = .33

Die Gesamtstichprobe weist im Prätest bereits positive Überzeugungen zu Repräsentationen auf, welche im Posttest signifikant höher liegen (t(97) = -2.74, p = .007). Bei der Varianzanalyse im Prätest sind keine signifikanten Unterschiede zwischen den Untersuchungsgruppen messbar. Im Prä-Post-Vergleich der Untersuchungsgruppen zeigt sich eine signifikante Zunahme der Überzeugungen in den Gruppen IE (t(31) = -2.60, p = .014) und I (t(31) = -2.33, p = .026). Die Veränderung in der Kontrollgruppe ist nicht signifikant (t(33) = .39, p = .70). Die Zunahme der Überzeugungen vom Prä- zum Post-Messzeitpunkt unterscheidet sich zwischen den Gruppen IE und I ebenso nicht signifikant.

Diskussion und Ausblick

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass der Einsatz des Bewertungsbogens − unabhängig von internem und externem oder nur internem Feedback − positive Effekte auf die Überzeugungen der LAA hat. Jedoch sollte beachtet werden, dass Überzeugungen zeitlich stabil und schwer zu verändern sind, sodass eine Follow-up-Befragung wichtige Zusatzinformationen liefern würde.

Im nächsten Schritt werden die übrigen abhängigen Variablen und Kontrollvariablen ausgewertet sowie eine Analyse nach bi- und multivariablen Zusammenhängen durchgeführt, sodass die vollständigen Forschungsergebnisse ab Anfang/Mitte 2022 verfügbar sein werden.

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.

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.

Merten Dahlkemper[1,2]
Pascal Klein[2]
Andreas Müller[3]
Sascha Schmeling[1]
Jeff Wiener[1]

[1]CERN, Genf
[2]Universität Göttingen
[3]Universität Genf

Feynman-Diagramme als multiple Repräsentationen

In Kooperation zwischen dem CERN, der Universität Göttingen und der Universität Genf werden forschungsbasierte Lehr-Lernmaterialien zur Teilchenphysik entwickelt. Der Fokus liegt hierbei darauf herauszufinden, ob und wenn ja, unter welchen Umständen Feynman-Diagramme ein Werkzeug sein können, Inhalte der Teilchenphysik an Oberstufenschüler:innen zu vermitteln.

Kontext

Nicht zuletzt seit der Entdeckung des Higgs-Teilchens im Jahr 2012 ist die Elementarteilchenphysik ein in der Öffentlichkeit häufig nachgefragtes Thema. In den letzten Jahren wurde es außerdem in zahlreichen deutschen Bundesländern in den Lehrplan der Physik aufgenommen. Gleichzeitig gibt es innerhalb der teilchenphysikdidaktischen Gemeinde Debatten darüber, welche Inhalte wie unterrichtet werden sollten (vgl. Passon & Zügge, 2020).

Insbesondere zur Behandlung der Feynman-Diagramme (FD) gibt es kontroverse Meinungen. Seitdem diese Ende der 1940er-Jahre eingeführt wurden, haben sie sich zu einem beinahe unverzichtbaren Werkzeug in der Teilchenphysik und später auch anderen Gebieten entwickelt (Kaiser, 2005). Diese Diagramme sind eine Form der Notation um die Entwicklungsterme in der perturbativen Behandlung der Quantenfeldtheorie intuitiv verständlich aufzuschreiben. Sie stellen also Beiträge zur Wahrscheinlichkeitsamplitude quantenfeldtheoretischer Prozesse dar. Innerhalb der Didaktik herrscht insbesondere Uneinigkeit darüber, wie stark auf die ursprüngliche Bedeutung der FD eingegangen werden sollte. Das Spektrum der Positionen reicht dabei von einer Einführung der FDs als Raum-Zeit-Diagramm (Jones, 2002) über eine mathematische Motivation (Woithe et al., 2017) bis hin zur oben erwähnten Beschreibung als Beitrag zur Wahrscheinlichkeitsamplitude (Allday, 1997; Passon et al., 2020). Einen anderen Ansatz wählen Hoekzema et al. (2005) mit einer reduzierten Form der Feynman-Diagramme, die sie „reaction diagrams“ nennen, um damit Erhaltungssätze und Symmetrien in der Teilchenphysik zu erklären. Die von den Forscher:innen entwickelten Lehr-Lernmaterialien wurden an Schulen eingesetzt und erhielten positives Feedback von Lehrpersonen. Insbesondere wurde der Ansatz mit der reduzierten Form der Feynman-Diagramme als verständlicher als ein vorhergehender Text mit herkömmlichen Feynman-Diagrammen beurteilt. Im vorliegenden Projekt verfolgen wir diesen Ansatz weiter, indem wir Bereiche der Teilchenphysik identifizieren, in denen eine didaktische Rekonstruktion von Feynman-Diagrammen zum Verständnis beiträgt.

Forschungshintergrund

Der theoretische Rahmen dieses Projekts lässt sich folgendermaßen beschreiben. Zum einen wird basierend auf dem Modell der didaktischen Rekonstruktion (Duit et al., 2012) eine Synthese der fachlichen Klärung sowie der Lernendenperspektiven durchgeführt. Der

Designprozess von Lehr-Lernmaterialien bedient sich anschließend der Forschung zu multiplen Repräsentationen. Maßgeblich ist dabei das DeFT-Framework („*De*sign, *F*unctions, *T*asks“, (Ainsworth, 2006; Opfermann et al., 2017) und die „Cognitive Theory of Multimedia Learning“ (CTML, Mayer, 2005). Zusätzlich kommt das Framework der „Sozialen Semiotischen Ressourcen“ (SSR, Airey & Linder, 2017) zum Tragen.
Während die CTML basierend auf Annahmen zu kognitiven Prozessen beim Lernen Hinweise zur effektiven Organisation von Bild und Text gibt, geht das DeFT-Framework darauf ein, wie multiple Repräsentationen verwendet werden sollten um bestimmte Funktionen zu erfüllen. Das Framework der SSR wiederum unterscheidet bei multiplen Repräsentationen generell zwischen disziplinärem Gebrauchswert und didaktischem Nutzwert und gibt Hinweise, wie der disziplinäre Gebrauchswert für Lernende zugunsten des didaktischen Nutzwertes reduziert werden kann. Basierend auf diesem Hintergrund stellen wir uns die folgenden Leitfragen:
- Welcher didaktische Nutzwert kann Feynman-Diagrammen zugeschrieben werden?
- Wie können Feynman-Diagramme für Jugendliche sinnvoll zugänglich gemacht werden?

Fachliche Klärung durch Expert:inneninterviews
Um einen Überblick zu bekommen, in welchen Gebieten sich ein didaktischer Nutzwert für die Feynman-Diagramme ergibt, wurden Interviews mit drei Expert:innen auf dem Gebiet der Teilchenphysikdidaktik aus dem deutschsprachigen Raum geführt. Leitfragen bei diesen Interviews waren die folgenden:
- In welchen teilchenphysikalischen Kontexten kann die Verwendung für Jugendlichen einen didaktischen Nutzen erbringen?
- Welche Herausforderungen stellen sich bei der Thematisierung von Feynman-Diagrammen mit Jugendlichen?

Diese Interviews wurden mit Hilfe einer qualitativen Inhaltsanalyse (Kuckartz, 2016) ausgewertet.
Als Nutzen konnten die folgenden Hauptaspekte identifiziert werden:
- Es kann die Idee von Wechselwirkungsteilchen als zentrales Element der Teilchenphysik anschlussfähig motiviert werden.
- Es können Erhaltungssätze (insbesondere die Ladungserhaltung) motiviert werden.
- Es können quantenmechanische Konzepte wie die Superposition verschiedener Zustände motiviert werden und damit die Teilchenphysik anschlussfähig an die Quantenmechanik gemacht werden.
- Es kann ein erster Einblick gegeben werden, welche „Rechentools“ in der Teilchenphysik verwendet werden.

Dem gegenüber wurden die folgenden Herausforderungen identifiziert.
- Die Diagramme legen die wörtliche Lesart eines physischen Teilchenaustauschs nahe, wohingegen sie lediglich einen Beitrag zu einer Wahrscheinlichkeitsamplitude beschreiben.
- Die Diagramme suggerieren eine raumzeitliche Einbettung eines Prozesses, wobei jedoch diese physikalisch nicht haltbar ist.
- Die Diagramme verleiten zu einer oberflächlichen Betrachtung von Teilchenphysik, indem sie lediglich einen Jargon transportieren, nicht jedoch die Physik selbst.

Eye Tracking als Methode zum Einholen der Lernendenperspektiven
Als Methode zum Auffinden von möglichen Lernschwierigkeiten sowie von Hinweisen auf mögliche Designelemente wird Eye Tracking verwendet.

In der Physikdidaktik wird Eye Tracking etwa seit zehn Jahren angewendet. Dabei liegt der Fokus bislang auf der Anwendung während der Bearbeitung von Aufgaben mit multiplen Repräsentationen (Klein et al., 2019; Madsen et al., 2013; Rosengrant et al., 2009). Das Potential von Eye Tracking zeigt sich auch darin, den visuellen Umgang mit Repräsentationen zu erforschen. Im Kontext von Vektorfeldern wurden beispielsweise visuelle Strategien identifiziert, die Expert:innen zur Beurteilung der Divergenz anwenden (Klein et al., 2021). Insbesondere im letzteren Fall ist es wichtig, die Methode des Eye Tracking mit anderen Indikatoren für das Verständnis der vorliegenden Repräsentationen zu kombinieren, etwa mit Verbaldaten (van Gog et al., 2005). Darüber hinaus wird Eye Tracking im Design von Lernmaterialien verwendet, um bestehende Theorien, wie etwa die CTML zu testen und zu erweitern (Alemdag & Cagiltay, 2018; Jarodzka et al., 2017; Mayer, 2010).

Im vorliegenden Projekt verwenden wir Eye Tracking, um aus den Blickmustern von Noviz:innen auf dem Gebiet der FD abzuleiten, welche visuellen Hilfestellungen beim Lernen mit dieser Repräsentationsform nützlich sind und welche ablenken. Außerdem soll aus den Blickmustern von Expert:innen abgeleitet werden, in welchen visuellen Sinneinheiten („Chunks“) sie visuell verarbeitet werden. Es wurde bereits eine Pilotstudie mit Eye Tracking auf FD durchgeführt, bei der erste Unterschiede zwischen Blickmustern von Expert:innen und Noviz:innen erkannt wurden. Insbesondere wurde hier das Zusammenspiel zwischen Eye Tracking und Retrospective Think Aloud (van Gog et al., 2005) untersucht. Aus den Interview-Daten konnte eine Klassifizierung der Studienteilnehmenden in „Noviz:innen“, „Intermediates“ und „Expert:innen“ vorgenommen werden (Dahlkemper et al., 2021). Als nächste Schritte sind Eye Tracking-Studien mit Schüler:innen zwischen 16 und 20 Jahren aus verschiedenen Ländern sowie Expert:innen in Form von Teilchenphysiker:innen am CERN geplant.

Danksagung
Diese Arbeit wird gefördert durch das Wolfgang-Gentner-Programm des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF-Forschungsvorhaben 05E18CHA)

Literatur

Ainsworth, S. (2006). DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning and Instruction*, *16*(3), 183–198. https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2006.03.001

Airey, J., & Linder, C. (2017). Social Semiotics in University Physics Education. In D. F. Treagust, R. Duit, & H. E. Fischer (Hrsg.), *Multiple Representations in Physics Education* (S. 95–122). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-58914-5_5

Alemdag, E., & Cagiltay, K. (2018). A systematic review of eye tracking research on multimedia learning. *Computers & Education*, *125*, 413–428. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.06.023

Allday, J. (1997). The nature of force in particle physics. *Physics Education*, *32*(5), 327. https://doi.org/10.1088/0031-9120/32/5/016

Dahlkemper, M., Wiener, J., Müller, A., Schmeling, S., & Klein, P. (2021). Untersuchung der Wahrnehmung von Feynman-Diagrammen mittels Eye Tracking. *PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*, *1*(0), Article 0. http://www.phydid.de/index.php/phydid-b/article/view/1153

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). Brill Sense. https://brill.com/view/book/edcoll/9789460919008/BP000003.xml

Hoekzema, D., Schooten, G., van den Berg, E., & Lijnse, P. (2005). Conservation Laws, Symmetries, and Elementary Particles. *The Physics Teacher*, *43*(5), 266–271. https://doi.org/10.1119/1.1903808

Jarodzka, H., Gruber, H., & Holmqvist, K. (2017). *Eye tracking in Educational Science: Theoretical frameworks and research agendas*. https://doi.org/10.16910/jemr.10.1.3

Jones, G. T. (2002). The uncertainty principle, virtual particles and real forces. *Physics Education*, *37*(3), 223–233. https://doi.org/10.1088/0031-9120/37/3/306

Kaiser, D. (2005). *Drawing Theories Apart: The Dispersion of Feynman Diagrams in Postwar Physics*. University of Chicago Press.

Klein, P., Becker, S., Küchemann, S., & Kuhn, J. (2021). Test of understanding graphs in kinematics: Item objectives confirmed by clustering eye movement transitions. *Physical Review Physics Education Research*, *17*(1), 013102. https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.17.013102

Klein, P., Viiri, J., & Kuhn, J. (2019). Visual cues improve students' understanding of divergence and curl: Evidence from eye movements during reading and problem solving. *Physical Review Physics Education Research*, *15*(1), 010126. https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.15.010126

Kuckartz, U. (2016). Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung (Grundlagentexte Methoden, 3., überarbeitete Auflage). *Weinheim: Beltz Juventa. Zugriff am*, *9*, 2017.

Madsen, A., Rouinfar, A., Larson, A. M., Loschky, L. C., & Rebello, N. S. (2013). Can short duration visual cues influence students' reasoning and eye movements in physics problems? *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, *9*(2), 020104. https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.9.020104

Mayer, R. E. (2005). Cognitive theory of multimedia learning. *The Cambridge handbook of multimedia learning*, *41*, 31–48.

Mayer, R. E. (2010). Unique contributions of eye-tracking research to the study of learning with graphics. *Learning and Instruction*, *20*(2), 167–171. https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2009.02.012

Opfermann, M., Schmeck, A., & Fischer, H. E. (2017). Multiple Representations in Physics and Science Education – Why Should We Use Them? In D. F. Treagust, R. Duit, & H. E. Fischer (Hrsg.), *Multiple Representations in Physics Education* (S. 1–22). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-58914-5_1

Passon, O., Lindenau, P., & Kobel, M. (2020). Von Feynman-Diagrammen und Stromkreisen. *Unterricht Physik*, *180*. https://www.friedrich-verlag.de/physik/quantenphysik/von-feynman-diagrammen-und-stromkreisen-7480

Passon, O., & Zügge, T. (2020). Diskussion der didaktischen Impulse und Abschlussdiskussion. In O. Passon, T. Zügge, & J. Grebe-Ellis (Hrsg.), *Kohärenz im Unterricht der Elementarteilchenphysik: Tagungsband des Symposiums zur Didaktik der Teilchenphysik, Wuppertal 2018* (S. 143–150). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-61607-9_9

Rosengrant, D., Thomson, C., & Mzoughi, T. (2009). Comparing Experts and Novices in Solving Electrical Circuit Problems with the Help of Eye-Tracking. *AIP Conference Proceedings*, *1179*(1), 249–252. https://doi.org/10.1063/1.3266728

van Gog, T., Paas, F., van Merriënboer, J. J. G., & Witte, P. (2005). Uncovering the Problem-Solving Process: Cued Retrospective Reporting Versus Concurrent and Retrospective Reporting. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, *11*(4), 237–244. https://doi.org/10.1037/1076-898X.11.4.237

Woithe, J., Wiener, G. J., & Veken, F. F. V. der. (2017). Let's have a coffee with the Standard Model of particle physics! *Physics Education*, *52*(3), 034001. https://doi.org/10.1088/1361-6552/aa5b25

Vanessa Lang[1]
Annika Eichinger[1]
Dr. Christine Eckert[1]
Prof. Dr. Franziska Perels[1]
Prof. Dr. Christopher W. M. Kay[1,2]
Johann Seibert[1]

[1]Universität des Saarlandes
[2]University College London

Förderung der Modellbildungskompetenz in der Chemie

Modelle sind in der Chemie unverzichtbar (KMK, 2020), jedoch erfordert deren Einsatz eine umfassende Modellkompetenz der Lehrenden und Lernenden (Upmeier zu Belzen & Krüger, 2010). Trotz der großen Bedeutung für den Lernprozess in der Chemie (Nerdel, 2017) weisen viele Schüler*innen enorme Defizite in ihrer Modellkompetenz auf (Graf, 2002). In diesem Beitrag wird aus literatur- und umfragebasierten Ergebnissen eine Studie abgeleitet, in der die Wirksamkeit einer Lerneinheit zum *Gesetz der Erhaltung der Masse* zur Förderung der Modellbildungskompetenz von Schüler*innen untersucht wird.

Modell-, Modellbildungskompetenz und Modellierung

Upmeier zu Belzen und Krüger (2010) ordnen der Modellkompetenz folgende Subdimensionen unter: Eigenschaften von Modellen, Alternative Modelle (konzeptuell), Zweck von Modellen, Testen von Modellen und Ändern von Modellen (prozedural). Um die Unterscheidung zwischen konzeptuell und prozedural hervorzuheben, findet eine Ausdifferenzierung der Begrifflichkeiten statt (Lang et al., 2021): Die konzeptuellen Subdimensionen werden mit Modellkompetenz, die prozeduralen mit Modellbildungskompetenz und die übergeordnete Kompetenz wird als Modell-methodische Kompetenz angesehen (Tab. 1).

Tab. 1 Subdimensionen der Modell-methodischen Kompetenz (Lang et al., 2021)

Modell-methodische Kompetenz				
Modellkompetenz		Modellbildungskompetenz		
Eigenschaften von Modellen	Alternative Modelle	Zweck von Modellen	Testen von Modellen	Ändern von Modellen

Zur Förderung der Modellbildungskompetenz bieten sich Modellierungsprozesse besonders an, die als iterative Kreisläufe aus Herstellung, Anwendung und Überprüfung von Modellen (Koch et al., 2015) definiert werden können. Aus diesem Grund stellen Fördermaßnahmen häufig Bezüge zu Modellierungsprozessen her, sodass die Schüler*innen fortlaufend über den aktuellen Stand ihres individuellen Modellierungsprozesses reflektieren (z.B. Caspari et al., 2019).

Forschungsvorhaben

Das Forschungsvorhaben zur Entwicklung einer Unterrichtseinheit zum *Gesetz der Erhaltung der Masse* zur Förderung der Modellbildungskompetenz von Schüler*innen gliedert sich in vier Phasen, welche kontinuierlich aufeinander aufbauen.

Phase 1

In einer ersten Phase wird ausgehend von einer Experte*innenbefragung (N=98) mit universitären Fachdidaktiker*innen und aktiven Chemielehrkräften ein Modellierungsprozess für die Chemie konzipiert. Dabei werden existierende Modellierungsprozesse,

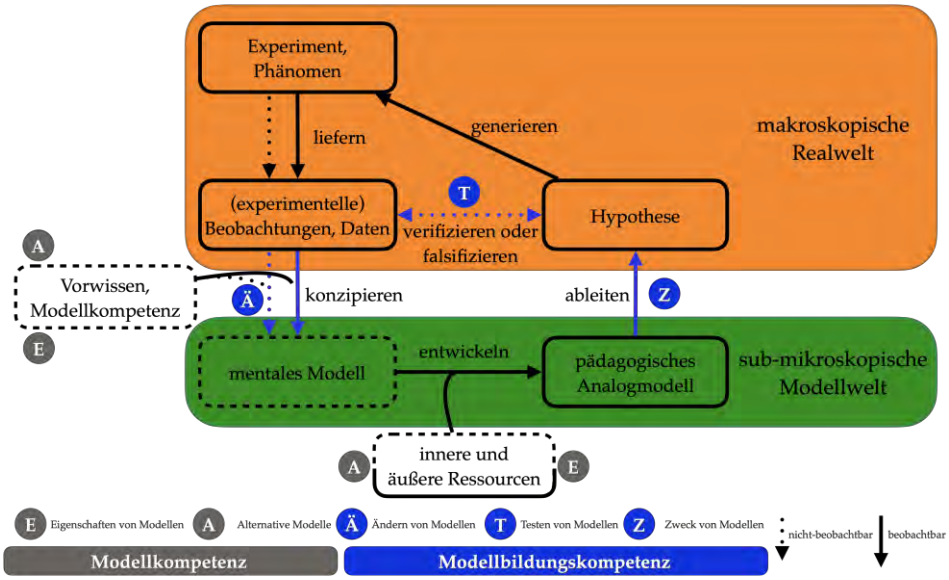


Abb. 1 Modellierungsprozess in der Chemie zur Förderung der Modellbildungskompetenz (Lang et al., 2021)

welche hauptsächlich in der Biologie (Upmeier zu Belzen & Krüger, 2010) und der Mathematik (Schupp, 1988) Anwendung finden, auf Ihre Anwendbarkeit für Modellbildungen in der Chemie unter Berücksichtigung der sub-mikroskopischen Ebene untersucht. Der resultierende Modellierungsprozess für die Chemie (Abb. 1, nach Lang et al., 2021) unterscheidet zwischen einer makroskopischen Realwelt und einer sub-mikroskopischen Modellwelt und präzisiert dabei die sechs Schritte der Modellierung. Außerdem werden Einflussfaktoren wie z.B. das Vorwissen, eine solide Modellkompetenz oder innere und äußere Ressourcen genannt und die Stellen des Modellierungsprozesses gekennzeichnet, an denen Einflussfaktoren für den erfolgreichen Fortgang der Modellierung wichtig sind. Zuletzt werden durch die blaue Farbe die Schritte hervorgehoben, in welchen die Modellbildungskompetenz angesprochen wird.

Phase 2

In der zweiten Phase findet eine Pilotierung der Unterrichtseinheit zum *Gesetz der Erhaltung der Masse* mit 21 Schüler*innen in zwei Doppelstunden einer neunten Realschulklasse statt. Der grundlegende Aufbau der Unterrichtseinheit sieht vor, mit einem Schüler*innen-experiment zur Verbrennung von Streichhölzern unter Beobachtung einer Massenabnahme zu starten und die Beobachtung auf Teilchenebene zu erklären. Im weiteren Verlauf wird dasselbe Vorgehen noch einmal mit dem Experiment zur Verbrennung von Streichhölzern in einem geschlossenen System durchgeführt. Das Gesetz der Erhaltung der Masse wird anschließend abgeleitet und das erste Experiment unter Verwendung des Gesetzes und der Unterscheidung zwischen offenen und geschlossenen Systemen erneut erklärt. Dadurch soll es zu einer Überarbeitung der anfänglichen Modelldarstellung kommen. Der begleitende Fragebogen umfasst neben offenen (Grünkorn et al., 2014) und geschlossenen (Engelschalt, 2021) Items zur Erfassung der Modell- und Modellbildungskompetenz auch Skalen zum Fachwissen (selbst konzipierte Items), der aktuellen Motivation (FAM, Rheinberg et al., 2001) und dem Fachinteresse (Bergmann, 2020). Durch diese Auswahl an Variablen sollen ein umfassendes Bild über die Kompetenzentwicklung und mögliche Einflussfaktoren

generiert werden. Als ein Ergebnis der Pilotierung zeigte sich z.B. die Notwenigkeit, eine Phase zur Wiederholung grundlegender Aspekte der Modellkompetenz und zur Einführung des Modellierungsprozesses vor der Unterrichtseinheit zu platzieren, um eine solide Basis zur Förderung der Modellbildungskompetenz zu sichern. Außerdem konnten die Schüler*innen nur schwer zwischen der Real- und der Modellebene unterscheiden. An dieser Stelle soll zukünftig eine farbliche Darstellung in den Arbeitsblättern dabei helfen, die Verortung in einer der Welten zu erleichtern und schneller Bezüge zum Modellierungsprozess herzustellen. Darüber hinaus erwies sich eine analoge Durchführung der begleitenden Fragebögen als sehr materialintensiv, weshalb eine digitale Variante der Fragebögen entwickelt wird.

Phase 3

In Phase 3 wird die überarbeitete Unterrichtseinheit zum *Gesetz der Erhaltung der Masse* in Anlehnung an Caspari et al. (2018) um ein Reflexionsschema erweitert. Dadurch werden an Schlüsselstellen (z.B. Visualisierung der Erklärung des Experiments) Reflexionsfragen wie z.B. „Beschreibe den Zweck, den das von dir gewählte Modell hier erfüllt." (Upmeier zu Belzen & Krüger, 2019) integriert. In einem Prä-Post-Vergleich wird schließlich mit Hilfe des Fragebogens aus Phase 2 die Wirksamkeit des Reflexionsschemas zur Förderung der Modellbildungskompetenz erhoben. Ausgehend von den Erfahrungen des praktischen Einsatzes und den Ergebnissen des Vergleichs erfolgt eine Überarbeitung des Reflexionsschemas z.B. hinsichtlich ungünstiger Formulierungen oder des Umfangs.

Phase 4

Digitale Medien ermöglichen neben einer Motivationssteigerung (Seibert et al., 2019) oder vielfältigen Individualisierungsoptionen (Huwer & Brünken, 2018) auch Vorteile beim Umgang mit Modellen (Seibert et al., 2020). Sie erlauben z.B. die Veranschaulichung von Modellvorstellungen, die analog nicht möglich sind (z.B. Formverändernde Körper, Saborowski, 2000), oder durch aktive, digitale Modellmanipulation eine tiefere Auseinandersetzung mit dem Modellierungsprozess (Graf, 2000). Daher sollen in der letzten Phase digitale Medien auf ihre Möglichkeiten zur Förderung der Modellbildungskompetenz erforscht werden. Hierbei können z.B. Modelldarstellungen mit Augmented Reality realisiert (Chen, 2006) oder die Modelldarstellungen der Schüler*innen durch das Erstellen von (Stop-Motion®-) Videos dynamisiert werden (Seibert, Kay & Huwer, 2019). Unabhängig davon zeigen vorangegangene Studien, dass Schüler*innen häufig Schwierigkeiten beim Erarbeiten und Modifizieren von Modellen haben (Graf, 2002) und durch das Vorherrschen eines gegenständlichen Modellbegriffs anstelle einer hypothetisch-generativen Vorstellung von Modellen (Mikelskis-Seifert et al., 2011) Unterstützungsmaßnahmen notwendig werden (Nicoll, 2001), um die Modellbildungskompetenz erfolgreich zu fördern. Daher soll weiterhin der Einfluss von Unterstützungsmaßnahmen erforscht werden. Hierbei können beispielsweise gestufte Lernhilfen angeboten werden, sodass möglichst viele Schüler*innen entsprechend ihres modell-methodischen Vorwissens durch die Modellierung kognitiv angeregt werden (Franke-Braun et al., 2008). In einem 2x2-Design mit den Ausprägungen Einsatz digitaler Medien und Unterstützung werden die begleitenden Fragebögen (Phase 1), die Unterrichtseinheit zum *Gesetz der Erhaltung der Masse* (Phase 2) und das Reflexionsschema (Phase 3) eingesetzt, um schließlich Gelingensbedingungen zur Förderung der Modellbildungskompetenz zu bestimmen.

Ausblick

Zum aktuellen Forschungsstand sind die Phasen 1 zur Entwicklung eines Modellierungsprozesses für die Chemie und 2 zur Pilotierung der Unterrichtseinheit abgeschlossen. Die vorbereitende Phase wird ebenso wie das Reflexionsschema aktuell entwickelt. Der Einsatz des Reflexionsschemas in Phase 3 und die Benennung von Gelingensbedingungen zur Förderung der Modellbildungskompetenz in Phase 4 stehen noch bevor.

Literatur

Bergmann, A. (2020). *Mathematisch-naturwissenschaftliches Fachinteresse durch Profilunterricht fördern: Theoriebasierte Evaluation eines Thüringer Schulversuchs in der Sekundarstufe I* [Universität Leipzig]

Caspari, I., Weber-Peukert, G., & Graulich, N. (2018). Der Einsatz von Modellen zum Erkenntnisgewinn—Eine Unterrichtseinheit zur Förderung der Modellkompetenz im Kontext „Batterie“ unter explizitem Einbezug von Schülervorstellungen. *CHEMKON*, *25*(1), 23–34. https://doi.org/10.1002/ckon.201710313

Chen, Y.-C. (2006). A study of comparing the use of augmented reality and physical models in chemistry education. In *Proceedings of the 2006 ACM international conference on Virtual reality continuum and its applications* (S. 369–372). Association for Computing Machinery. https://doi.org/10.1145/1128923.1128990

Engelschalt, P. (2021). *Konstruktion und Validierung einer Rating-Skala zur kontextunabhängigen Erfassung von Modellierkompetenz* [Masterarbeit]. Humboldt-Universität zu Berlin.

Franke-Braun, G., Schmidt-Weigand, F., Stäudel, L., & Wodzinski, R. (2008). Aufgaben mit gestuften Lernhilfen – ein besonderes Aufgabenformat zur kognitiven Aktivierung der Schülerinnen und Schüler und zur Intensivierung der sachbezogenen Kommunikation. In Kasseler Forschergruppe Empirische Bildungsforschung (Hrsg.), *Lernumgebungen auf dem Prüfstand: Zwischenergebnisse aus den Forschungsprojekten* (S. 27–42). Kassel Univ. Press.

Graf, E. (2002). Modelle im Chemieunterricht. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, *13*(67), 4–9.

Grünkorn, J., Lotz, A., & Terzer, E. (2014). *Erfassung von Modellkompetenz im Biologieunterricht*. 11.

Huwer, J., & Brünken, R. (2018). Individualisierung mit Tablets im Chemie-Unterricht. *COMPUTER + UNTERRICHT*, *110*, 4.

Koch, S., Krell, M., & Krüger, D. (2015). Förderung von Modellkompetenz durch den Einsatz einer Blackbox. *Erkenntnisweg Biologiedidaktik*, 93–108.

Kultusministerkonferenz. (2020). *Bildungsstandards im Fach Chemie für die Allgemeine Hochschulreife*. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2020/2020_06_18-BildungsstandardsAHR_Chemie.pdf

Lang, V., Eckert, C., Perels, F., Kay, C. W. M., & Seibert, J. (2021). A Novel Modelling Process in Chemistry: Merging Biological and Mathematical Perspectives to Develop Modelling Competences. *Education Sciences*, *11*(10). https://doi.org/10.3390/educsci11100611

Mikelskis-Seifert, S., Knittel, C., & Pfohl, U. (2011). Vom Modellieren im Alltag zum Modellieren im Unterricht. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, *22*(122), 13–18.

Nerdel, C. (2017). *Grundlagen der Naturwissenschaftsdidaktik*. Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-53158-7

Nicoll, G. (2001). A report of undergraduates' bonding misconceptions. *International Journal of Science Education*, *23*(7), 707–730. https://doi.org/10.1080/09500690010025012

Rheinberg, F., Vollmeyer, R., & Burns, B. D. (2001). FAM: Ein Fragebogen zur Erfassung aktuller Motivation in Lern- und Leistungssituationen. *Diagnostica*, *47*(2), 57–66. https://doi.org/10.1026//0012-1924.47.2.57

Schupp, H. (1988). Anwendungsorientierter Mathematikunterricht in der Sekundarstufe I zwischen Tradition und neuen Impulsen. *Der Mathematikunterricht*, *34*, 5–16.

Seibert, J., Kay, C. W. M., & Huwer, J. (2019). EXPlainistry: Creating Documentation, Explanations, and Animated Visualizations of Chemistry Experiments Supported by Information and Communication Technology To Help School Students Understand Molecular-Level Interactions. *Journal of Chemical Education*, *96*(11), 2503–2509. https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.8b00819

Seibert, J., Marquardt, M., Pinkle, S., Carbon, A., Lang, V., Heuser, K., Perels, F., Huwer, J., & W. M. 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. https://doi.org/10.12691/wjce-8-1-2

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

Upmeier Zu Belzen, A., & Krüger, D. (2019). Ein Fall für Erkenntnisgewinnung- Biologische Beiträge zu einem Verständnis naturwissenschaftlichen Modellierens. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, *30*(171), 38–41.

Carolin Banse[1]
Annette Marohn[1]

[1]Universität Münster

Das Unterrichtskonzept „nachhaltig ⁝ bewerten“ – Nachhaltigkeit reflektieren mithilfe einer Bewertungsscheibe

Ausgangslage und Zielsetzung

Naturwissenschaftlicher Unterricht soll Bildung für nachhaltige Entwicklung in den Unterricht integrieren und Bewertungskompetenzen in diesem Bereich fördern (Ministerium für Schule und Bildung NRW, 2019a/b). Dadurch sollen Schülerinnen und Schüler befähigt werden, eine nachhaltige Entwicklung der Welt mit gestalten zu können (Schreiber & Sieger, 2016). In den Fachdidaktiken wurden bis heute eine Reihe von Ideen entwickelt, wie Unterricht zum Thema Nachhaltigkeit gestaltet werden kann (Joshi, Wlotzka & Parchmann, 2019). Allerdings fokussieren bisherige Ansätze, die sich mit dem Bewerten von Nachhaltigkeit beschäftigen, häufig nur eine oder zwei der drei Nachhaltigkeitsdimensionen *Umwelt, Soziales* und *Wirtschaft* (Feierabend & Eilks, 2009; Zowada, Zuin, Belova, & Eilks, 2019). Zudem sind vorhandene Materialien meist fachspezifisch und themenabhängig konzipiert und somit nicht auf verschiedene Nachhaltigkeitsthemen übertragbar (Otte, Kreienhop, Lusmöller, Schmidt & Beeken, 2020; Menthe, 2016).
Ziel des Projektes ist daher die Entwicklung eines Konzepts für den naturwissenschaftlichen Unterricht, das alle Dimensionen gleichzeitig in den Blick nimmt und Lernenden eine kriteriengeleitete Bewertung ermöglicht. Das Konzept soll an einem aktuellen Nachhaltigkeitsthema konkretisiert werden.

Methodischer Rahmen

Das Projekt verläuft gemäß dem Design-Based-Research Ansatz und orientiert sich dabei an drei Phasen: *Framing*, *Design-Experiment* und *Re-Framing* (Gravemeijers & Cobb, 2006). In der ersten Phase, dem *Framing*, wird zunächst der Ausgangspunkt des Projekts, ein Problem aus der Praxis, definiert. In einer anschließenden Literaturrecherche wird das Problem analysiert, Desiderate identifiziert und eine konkrete Zielsetzung formuliert (s. o.). Das nachfolgende *Design-Experiment* (=Entwicklungsphase) zeichnet sich durch eine zyklische Vorgehensweise (*Iteration*) aus, in der eine Intervention (hier: das Unterrichtskonzept „nachhaltig ⁝ bewerten“) entwickelt, in der Praxis erprobt, erforscht und optimiert wird. Dieser Prozess vollzieht sich anhand von Mesozyklen, die sich jeweils in die Unterphasen *Synthese und Vorbereitung*, *(Re-)Design*, *Erprobung/Durchführung* und *Analyse und Reflexion* unterteilen (Rott & Marohn, 2016). Jedem Mesozyklus sind spezifische Subfragen zugeordnet. Im *Re-Framing* werden die Ergebnisse der einzelnen Mesozyklen zusammenfassend betrachtet (ebd.). Ziel ist es, eine Theoriebildung zur Wirkweise der entwickelten Intervention zu leisten: *What works? How does it work?*

Das Instrument der Bewertungsscheibe

Ziel des ersten *Mesozyklus* in der Entwicklungsphase (*Design-Experiment*) war es, ein methodisches Instrument für den naturwissenschaftlichen Unterricht zu entwickeln, das den Prozess der Bewertung von Nachhaltigkeitsaspekten strukturiert. Dieses Methodenwerkzeug

soll sämtliche Nachhaltigkeitsdimensionen fokussieren und eine kriteriengeleitete Bewertung ermöglichen.
Dazu wurden in einem ersten Schritt drei Ebenen definiert, auf denen die Nachhaltigkeit einer Maßnahme (z. B. der Ersatz von Verbrennungsmotoren durch Elektromotoren) bewertet wird. (Banse & Marohn, 2021):

- *Raumebene: Wo* gibt es einen Nutzen oder Schaden? Die Raumebene unterscheidet zwischen *lokal* und *global*. Lokal bedeutet, dass sich die Auswirkung der betrachteten Maßnahme auf einen bestimmten Raum beschränkt. Dieser Raum kann ein Dorf, eine Stadt oder auch ein ganzes Land sein. Der Nutzen oder Schaden kann aber auch die ganze Welt – und somit den globalen Raum – betreffen.
- *Zeitebene: Wie lange* gibt es einen Nutzen oder Schaden? Innerhalb der Zeitebene wird zwischen *kurzfristig* oder *langfristig* unterschieden. Kurzfristig bedeutet, dass nur die jetzt lebende Generation von der Auswirkung einer Maßnahme betroffen ist. Langfristige Auswirkungen beziehen auch die nachfolgenden Generationen ein.
- *Gruppenebene: Wer* ist von einem Nutzen oder Schaden betroffen? Auf dieser Ebene wird zwischen *einer Gruppe* und *vielen Gruppen* differenziert. Der Begriff Gruppen steht synonym für Interessensgruppen. Interessensgruppen verfolgen ein gemeinsames soziales, politisches oder wirtschaftliches Interesse, z. B. Politiker:innen, Landwirt:innen, Dorf- und Stadtbewohner:innen.

Lässt sich in der Gesamtbetrachtung der Bewertungsebenen *global*, *langfristig* und für *viele Gruppen* ein *Nutzen* feststellen, gilt eine Maßnahme als besonders nachhaltig (ebd.).

Die Frage nach dem Nutzen oder Schaden einer Maßnahme stellt sich in allen drei Nachhaltigkeitsdimensionen. Die entwickelten Bewertungsebenen müssen daher mit den Dimensionen *Umwelt, Soziales* und *Wirtschaft* verknüpft werden. Zu diesem Zweck wurde in einem zweiten Schritt das methodische Instrument der Bewertungsscheibe (Abb. 1) entwickelt (Banse & Marohn, 2021).
Die entwickelte Scheibe visualisiert die Komplexität und Multiperspektivität von nachhaltigkeitsbezogenen Bewertungssituationen, die eine möglichst umfassende und differenzierte Betrachtung aus verschiedenen Perspektiven erfordern. Durch den Einsatz der Bewertungsscheibe soll der Bewertungsprozess für Lernende strukturiert und die Reflexion ihrer Entscheidung erleichtert werden.
Für die Anwendung der Bewertungsscheibe im Unterricht erhalten die Lernenden Informationen zu den *Auswirkungen* einer Maßnahme: Wie wirkt sich etwa der Ersatz von Verbrennungsmotoren durch Elektromotoren auf den CO_2-Ausstoß oder die Lärmbelastung aus? Jede Information wird anhand der Scheibe zunächst einer oder auch mehreren Nachhaltigkeitsdimensionen zugeordnet. Innerhalb der identifizierten Dimensionen werden anschließend die Bewertungsebenen in den Blick genommen und die Frage gestellt, ob sich ein möglicher Nutzen oder Schaden für den gewählten Bereich zeigt.
Wird von den Lernenden in einem Feld ein Nutzen festgestellt, so markieren sie das entsprechende Feld grün; im Falle eines Schadens wird das Feld rot gekennzeichnet. Dabei kann dieselbe Information in einer Nachhaltigkeitsdimension zu grünen Markierungen führen, in einer anderen zu roten Markierungen. Im Gesamtergebnis der Bewertungsscheibe gilt: Je mehr grüne Außenmarkierungen vorhanden sind, desto nachhaltiger ist die Auswirkung einer getroffenen Maßnahme zu bewerten.
Das Instrument der Bewertungsscheibe wurde im Rahmen einer Expertendiskussion reflektiert und überarbeitet sowie in einer 8. Jahrgangsstufe mit 24 Lernenden vorerprobt.

Abb. 1: Bewertungsscheibe im Unterrichtskonzept „nachhaltig : bewerten“

Anwendung: „Wie nachhaltig ist Elektromobilität?“

Im zweiten Mesozyklus wurde auf Basis von Literaturrecherchen die Elektromobilität als exemplarisches Thema zur Anwendung des Konzepts ausgewählt. Auswahlkriterien waren die inhaltlichen Bezüge zum Unterrichtsfach Chemie sowie die Vielfalt an Auswirkungen auf die Umwelt, die Wirtschaft und den sozialen Bereich. Leitfrage der Unterrichtseinheit ist: *Welche Auswirkungen hat der Ersatz von Verbrennungsmotoren durch Elektromotoren?* Bislang wurden Lernmaterialien zur CO_2-Emission (Banse & Marohn, 2021) sowie zur Stickoxidproblematik entwickelt. Weitere Materialien sollen sich auf den Faktor Feinstaub, den Ressourcenverbrauch, auf Fragen zur Reichweite eines Elektroautos sowie den Faktor Lärmreduktion beziehen.

Ausblick

Die entwickelten Materialien werden im realen Schulkontext in der Jahrgangsstufe 9 erprobt. Mithilfe von Videoanalysen und einer Auswertung von Artefakten (bearbeitete Lernmaterialien) wird zunächst erforscht, inwieweit die Materialien wie intendiert genutzt werden und an welchen Stellen Verbesserungsbedarfe bestehen. Die nachfolgende Erprobung des optimierten Materials fokussiert zwei Forschungsfragen:

(1) *Inwiefern verändert sich durch das Unterrichtskonzept „nachhaltig : bewerten“ das Verständnis der Schülerinnen und Schüler von Nachhaltigkeit?*

(2) *Inwiefern verändern sich durch das Unterrichtskonzept „nachhaltig : bewerten“ Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler zur Nachhaltigkeit von Elektromobilität?*

Als Datengrundlage dienen ein Prä-Post-Fragebogen sowie leitfadengestützte Interviews, um Vorstellungen zur Nachhaltigkeit sowie zur Elektromobilität zu erfassen.

Literatur

Banse, C. & Marohn, A. (2021). Wie nachhaltig ist Elektromobilität? Das Unterrichtskonzept „nachhaltig ⁝ bewerten“, *MNU Journal*, 74 (5), 425-429.

Feierabend, T. & Eilks, I. (2009). Bioethanol. Bewertungs- und Kommunikationskompetenz schulen in einem gesellschaftskritisch-problemorientierten Chemieunterricht. MNU 62 (2), 92-97.

Gravemeijer, K. & Cobb, P. (2006). Design research from a learning perspective. In J. van den Akker, K. Gravemeijer, S. McKenney & N. Nieveen (Hrsg.), Educational design research (S. 45–85). London, New York: Routledge.

Joshi, T., Woltzka, P. & Parchmann, I. (2019). Eine nachhaltige Zukunft gestalten. BNE-Impulskarten für den Regelunterricht und für Projekte. Naturwissenschaften im Unterricht. Chemie, 30 (172), 10-13.

Menthe, J., Baumann, S. & Sprenger, S. (2016). Das Ökohandy- eine echte Alternative? Naturwissenschaften im Unterricht. Chemie, 27 (152), 23-27.

Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen (MSB) (2019a). 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 07.10.2021)

Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen (MSB) (2019b). Leitlinien Bildung für nachhaltige Entwicklung. Online verfügbar unter: https://www.schulministerium.nrw/sites/default/files/documents/Leitlinie_BNE.pdf (Zugriff 08.10.2021)

Otte, L., Kreienhop, N., Lusmöller, J., Schmidt, J. & Beeken, M. (2020): Lösungsansätze für die Mikroplastik-Problematik. Kompetenzen in den Bereichen Bewerten und Kommunikation erwerben. Naturwissenschaften im Unterricht. Chemie 31 (179), 28-33.

Rott, L. & Marohn, A. (2016). Inklusiven Unterricht entwickeln und erproben – Eine Verbindung von Theorie und Praxis im Rahmen von Design-Based Research. Zeitschrift für Inklusion, 4.

Schreiber, J. R. & Siege, H. (2016). Orientierungsrahmen für den Lernbereich globale Entwicklung im Rahmen einer Bildung für nachhaltigen Entwicklung. Ein Beitrag zum Weltaktionsprogramm „Bildung für nachhaltige Entwicklung“: Bonn, Berlin: Cornelsen (2.aktual. und erw. Aufl.).

Zowada, C., Zuin, V.G., Belova, N. & Eilks, I. (2019) Glyphosat und grüne Pestizide. Naturwissenschaften im Unterricht. Chemie, 30 (172), 38-43.

Phillip Gerald Schoßau[1]
Uta Magdans[1]
Rebecca Lazarides[2]
Andreas Borowski[1]

[1]Lehrstuhl Didaktik der Physik (Universität Potsdam)
[2]Professur für Schulpädagogik (Universität Potsdam)

Fortbildungsformate für Lehrkräfte zu Messunsicherheiten im Vergleich

Mit Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 18.06.2020 wurden die Bildungsstandards für die Oberstufe im Fach Physik veröffentlicht. In den Bildungsstandards und damit in den kommenden Abiturprüfungen wurden Messunsicherheiten (ehemals Messfehler) als explizite Inhalt aufgenommen (Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder der Republik Deutschland, 2020). Messunsicherheiten wurden im Schulalltag bisher wenig beachtet. Dies war u.a. der geringen Beachtung in den aktuellen Rahmenlehrplänen der Bundesländer (Messunsicherheit in den Kernlehrplänen, 2021) sowie der uneinheitlichen Literatur auf (Hoch-)Schulebene geschuldet (Heinicke 2012). Vor diesem Hintergrund ist es von Bedeutung, Lehrkräfte aktuell auf die kommenden Aufgaben vorzubereiten – dafür bedarf es Fortbildungen, welche den aktuellen Forschungsstand zu Messunsicherheiten auf nationaler Ebene vermitteln. Eine Möglichkeit der Umsetzung ist das Angebot von Online-Fortbildungen, damit auch in großflächigen Bundesländern wie Brandenburg möglichst viele Lehrkräfte an der Fortbildungsmaßnahme teilnehmen können.

Das Ziel einer guten Fortbildung ist die Übertragung erlernter Inhalte und Kompetenzen in die Schule bzw. den Unterricht. Viele Fortbildungen haben sich mittlerweile in die digitale Welt verlagert. Neben dem oft eingesetzten synchronen Onlineformat haben sich auch rein asynchrone oder aus synchronen und asynchronen Phasen zusammengesetzte, hybride Formen wie das Format des „Flipped Classroom“ etabliert. Selbstlern- und Kontaktzeiten zu Dozierenden und anderen Lernenden variieren dabei stark. Während bei Untersuchungen eine ähnliche Wirksamkeit analoger und virtueller Fortbildungen gezeigt werden konnte (Fishman et al., 2013), bleibt ein direkter Vergleich von Online-Fortbildungsformaten für Lehrkräfte bislang aus. Daraus ergibt sich die Frage, ob die Erreichung des Ziels vom Fortbildungsformat abhängt.

Um die Wirksamkeit von Fortbildungen zu untersuchen, wird häufig in der Literatur das Vier-Ebenen-Modell von Kirkpatrick et al. zitiert (Kirkpatrick und Kirkpatrick, 2006). Dabei bedingt die darunter befindliche Ebene die darüberliegende. Die erste Ebene beschreibt die Akzeptanz der Fortbildung durch die Lehrkräfte und ihre Zufriedenheit mit dieser. Wird die Fortbildung als erfolgreich empfunden, so ist die Voraussetzung für die Möglichkeit der Förderung der zweiten Ebene erfüllt: Die Erweiterung der Professionskompetenzen (Wissen, Selbstwirksamkeitserwartung, Motivation, Überzeugungen, etc.). Die dritte Ebene beschreibt den anschließenden Transfer in die Schule, wo das in der Fortbildung Gelernte Anwendung findet. Auf der vierten Ebene befindet sich das eigentliche Ziel einer Fortbildung: Die Kompetenzerweiterung der Schüler*innen durch die fortgebildeten Lehrkräfte.

Aus dem Modell ist ersichtlich, dass für die Fortbildner*innen es nur möglich ist, auf Ebene 1 und 2 direkten Einfluss auf den Fortbildungserfolg zu nehmen, weil dort der einzige Kontaktzeitpunkt mit den Lehrkräften stattfindet. Aus verschiedenen Forschungsergebnissen

ist ersichtlich, dass es in der Regel nicht ausreicht, ausschließlich Ebene eins des Modells zu bedienen, damit Lehrkräfte Fortbildungsinhalte später in die Schule übertragen (Alliger et al., 1997). Die Fortbildner*innen müssen die Professionskompetenzen der Lehrkräfte wie Wissen, Selbstwirksamkeitserwartung und Motivation nachhaltig fördern. Für den Vergleich der Fortbildungsformate bietet es sich daher an, diese Merkmale näher zu beleuchten.

Zur Förderung der Wissensvermittlung ist im deutschsprachigen Raum der naturwissenschaftlichen Fachdidaktiken das Oser-Basis-Modell etabliert, wo je nach Lehrzieltyp eines von 12 Modulen ausgewählt wird, um Lernenden einen optimalen Lernprozess zu ermöglichen (Oser und Baeriswyl, 2001). Dabei werden die Fortbildungsformate so erstellt, dass die gleichen Lehrziele mit demselben Basismodell erreicht werden sollen. Der Vorteil dabei ist, dass trotz unterschiedlicher Formate (synchron/asynchron/hybrid) – und damit einhergehend unterschiedlicher Elemente auf Sichtstrukturebene – die gleichen Inhalte bzw. Kompetenzen vermittelt werden. Demnach ist zu erwarten, dass der Kompetenzzuwachs der Lehrkräfte in allen Formaten gleich groß ist.

Motivationsförderung ist ein weiteres Merkmal guter Lehrkräftefortbildungen. Unter Motivation wird die Tendenz und Ausrichtung von Menschen auf spezifische Aktivitäten verstanden, die dazu beitragen, dass zu einem bestimmten Zeitpunkt ein bestimmtes Verhalten initiiert, beibehalten oder beendet wird (Rheinberg 2004). Die Selbstbestimmungstheorie von Deci und Ryan beschreibt, dass menschliches Handeln durch drei zentrale Grundbedürfnisse initiiert und aufrechterhalten wird – dazu zählen das Bedürfnis nach Autonomieerleben, nach Kompetenzerleben und nach dem Erleben sozialer Zugehörigkeit (Deci und Ryan, 1993). Mit Hinblick auf die Fortbildungsformate kann davon ausgegangen werden, dass das Erleben von Autonomie unterschiedlich stark ausgeprägt ist. Im rein asynchronen Format können Lehrkräfte selbst entscheiden, wann sie das Fortbildungsangebot in Form von Lernmaterialien wie Videos und Aufgaben wahrnehmen wollen und erfahren dadurch einen hohen Grad an Selbstbestimmung. Im rein synchronen Format hingegen ist streng vorgegeben, wann die Fortbildungsteilnehmer*innen welche Inhalte besprechen, wodurch der Grad an Selbstbestimmung dort geringer ausfallen wird. Demnach kann davon ausgegangen werden, dass die Motivationsförderung im asynchronen Format am stärksten und im synchronen Format am schwächsten ausgeprägt ist.

Die Förderung der Selbstwirksamkeitserwartung (kurz: SWE) ist ein drittes Prinzip guter Lehrkräftefortbildungen. Nach der sozial-kognitiven Theorie von Bandura wird unter SWE das Vertrauen in die eigene Handlung bzw. die Bereitschaft, Handlungen auch in schwierigen Situationen umzusetzen, verstanden (Bandura, 1976). Vier Quellen der Förderung von SWE werden dabei benannt - Lernen durch Eigenerfahrungen, Lernen am Modell, Feedback und Coaching, sowie emotionale Aufgeregtheit. Für den Vergleich von Onlinefortbildungsformaten sind die zweite und dritte Quelle von Interesse, da diese von Format zu Format besonders stark variieren können. Das wohl wichtigste Merkmal synchroner Fortbildung ist der zeitlich direkte kommunikative Austausch der Fortbildungsteilnehmenden. Diese Art der Kommunikation ermöglicht eine große kollegiale Kooperation, wodurch sowohl das Feedbackgeben als auch der Austausch von Eigenerfahrungen, welches dem Modelllernen entspricht, am stärksten gefördert werden kann. Hingegen ist im asynchronen Format die kollegiale Kooperation gehemmt, da der zeitliche Verzug und die indirekte Art des Kommunikationsaustauschs diese Quellen der SWE-Förderung einschränken.

Für das hier vorgestellte Forschungsvorhaben ergibt sich basierend auf diesen theoretischen Vorannahmen folgende Fragestellung: Worin unterscheiden sich Onlinefortbildungsformate (unabhängige Variable) in Bezug auf Kompetenzzuwachs, Selbstwirksamkeitserwartung, Interesse und Transfer (abhängige Variablen)? Die dazugehörigen Hypothesen, aus obiger Theorie abgeleitet, lauten wie folgt:

I. Der Kompetenzzuwachs ist bei allen Formaten gleich groß.
II. Die Motivation wird im asynchronen Format am stärksten gefördert.
III. Die Selbstwirksamkeitserwartung wird im synchronen Format am stärksten gefördert.
IV. Die Transferleistung ist beim hybriden Modell am größten.

Die Hypothesen fokussieren dabei den Übergang von Ebene 2 zu 3 des Modells von Kirkpatrick. Hypothese IV ergibt sich dabei aus der Folgerung, dass im hybriden Modell sowohl Selbstwirksamkeit als auch Motivation gefördert wird, wodurch die Lehrkräfte eher gewillt sind, das Gelernte in den Unterricht zu übertragen,

Für die Umsetzung des Forschungsvorhabens wird ein Pre-Post-Follow up-Design realisiert. Die Intervention ist dabei die Fortbildung in dem jeweiligen Online-Format. Inhaltlich geht es in der Fortbildung um das Erwerben von Fachkompetenzen im Bereich Messunsicherheiten sowie die Übertragung der Inhalte in den Unterricht. Dafür werden drei Fortbildungstage mit jeweils vier Zeitstunden pro Tag in Anspruch genommen. Konkret geht es im ersten Tag um die Vermittlung fachdidaktischer Grundlagen. Der Fachinhalt orientiert sich an dem Sachstrukturmodell von Hellwig, dessen Inhalte sich an den Standards der GUM[1] und VIM[2] orientieren (Hellwig 2013). Der zweite Fortbildungstag fokussiert die Übertragung der Inhalte in die Schule. Dafür werden den Lehrkräften mehrere Möglichkeiten des Transfers gezeigt, unter anderem eine digitale Lernumgebung (Kardas und Ludwig, 2020) und ein sogenannter Werkzeugkasten (Hellwig und Heinicke 2020). Am dritten Fortbildungstag wird Regression als spezielles Thema des Sachstrukturmodells behandelt, welches bereits Wissen aus dem ersten Fortbildungstag voraussetzt. Neben den drei inhaltlichen Tagen gibt es noch einen vierten Fortbildungstag, welcher den Abschluss der Veranstaltung darstellt und für einen gemeinsamen Erfahrungsaustausch steht. Die Fortbildungstage erstrecken sich insgesamt auf acht Wochen, wodurch den Lehrkräften die Gelegenheit gegeben werden soll, Erprobungsphasen im eigenen Unterricht durchzuführen und im Anschluss in der Fortbildung zu reflektieren.

Die Untersuchung der abhängigen Variablen erfolgt via Online-Fragebögen. Für den Wissenszuwachs wird ein Fachwissenstest in Form eines Multiple-Choice-Tests zu Messunsicherheiten nach Schulz verwendet (Schulz 2017). Für die SWE werden auf Instrumente mit fünfstufiger Likert-Skalen nach Meinhardt zurückgegriffen (Meinhardt et al. 2016). Der Pre- und Post-Test ist jeweils vor dem ersten und nach dem dritten Fortbildungstag angesetzt, der Follow up findet zwei Monate nach der Fortbildung statt.

Literatur

Alliger, George M.; Tannenbaum, Scott I.; Bennett Jr, Winston; Traver, Holly; Shotland, Allison (1997): A meta-analysis of the relations among training criteria. In: *Personnel psychology* 50 (2), S. 341–358.

Bandura, Albert (1976): Lernen am Modell. Online verfügbar unter http://sfbs.tu-dortmund.de/handle/sfbs/48.

[1] Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement
[2] International Vocabulary of Metrology

Deci, Edward L.; Ryan, Richard M. (1993): Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. DOI: 10.25656/01:11173.

Fishman, Barry; Konstantopoulos, Spyros; Kubitskey, Beth W.; Vath, Richard; Park, Gina; Johnson, Heather; Edelson, Daniel C. (2013): Comparing the Impact of Online and Face-to-Face Professional Development in the Context of Curriculum Implementation. In: *Journal of Teacher Education* 64 (5), S. 426–438. DOI: 10.1177/0022487113494413.

Heinicke, Susanne (2012): Aus Fehlern Wird Man Klug. Eine Genetisch-Didaktische Rekonstruktion des Messfehlers. Berlin: Logos Verlag Berlin. Online verfügbar unter https://ebookcentral.proquest.com/lib/kxp/detail.action?docID=5223985.

Hellwig, Julia (2013): Messunsicherheiten verstehen : Entwicklung eines normativen Sachstrukturmodells am Beispiel des Unterrichtsfaches Physik. Dissertation. Ruhr-Universität Bochum, Bochum. Fakultät für Physik und Astronomie. Online verfügbar unter https://hss-opus.ub.ruhr-uni-bochum.de/opus4/frontdoor/index/index/docId/1700, zuletzt geprüft am 02.11.2021.

Hellwig, Julia; Heinicke, Susanne (2020): Unterrichtsansätze und Werkzeuge für die Sekundarstufe I zur Auseinandersetzung mit Mess“fehlern“. In: *Unterricht Physik* (177|178).

Kardas, Engin; Ludwig, Tobias (2020): Entwicklung von digitalen Lernumgebungen zum Umgang mit Daten und Messunsicherheiten. GDCP Jahrestagung 2020. GDCP e.V. Aachen (digital), September 2020.

Kirkpatrick, Donald; Kirkpatrick, James (2006): Evaluating training programs: The four levels: Berrett-Koehler Publishers.

Meinhardt, Claudia; Rabe, Thorid; Krey, Olaf (2016): Selbstwirksamkeitserwartungen in physikdidaktischen Handlungsfeldern. Skalendokumentation. Version 1.0 (Februar 2016): null.

Messunsicherheit in den Kernlehrplänen (2021). Online verfügbar unter https://physikkommunizieren.de/messunsicherheit/kernlehrplaene/#Ausgleichsgerade, zuletzt aktualisiert am 02.11.2021, zuletzt geprüft am 02.11.2021.

Oser, Fritz K.; Baeriswyl, Franz J. (2001): Choreographies of teaching: Bridging instruction to learning. In: *Handbook of research on teaching* 4, S. 1031–1065.

Rheinberg, Falko (2004): Motivationsdiagnostik: Hogrefe Verlag (5).

Schulz, Johannes (2017): Messung von Kompetenzen im Umgang mit Messunsicherheiten. Ergebnisse einer Präpilotierung. GDCP Jahrestagung 2017. GDCP e.V. Regensburg, 2017.

Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder der Republik Deutschland (2020): Bildungsstandards im Fach Physik für die Allgemeine Hochschulreife. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 18.06.2020, vom 18.06.2020. Online verfügbar unter https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjCjdf8nfnzAhXkR_EDHYPuDsQQFnoECAcQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.kmk.org%2Ffileadmin%2FDateien%2Fveroeffentlichungen_beschluesse%2F2020%2F2020_06_18-BildungsstandardsAHR_Physik.pdf&usg=AOvVaw2U_nfaV5GNBpfSLZyPGe6G, zuletzt geprüft am 02.11.2021.

David Meyer[1]
Verena Pietzner[1]

[1]Universität Oldenburg

Fragebogenstudie zu Einstellungen und Konzepte Chemiestudierender zur Sprachsensibilität im Fach Chemie

Sprache spielt eine bedeutsame Rolle in jeder Chemiestunde. So haben Forschungsarbeiten bereits positive Effekte der integrierten Sprachförderung im Fach Chemie aufzeigen können, von der alle Lernenden profitieren. Somit ist die Implementation des Themas der Sprachsensibilität ein wichtiger Schritt, sprachsensiblen Chemieunterricht zu verwirklichen. Die vorliegende Fragebogenstudie von 84 Chemiestudierenden in Deutschland erfasst erste Konstrukte der Einstellungen und Konzepte Studierender zur Sprachbildung im Fach Chemie. Alle Ergebnisse deutet darauf hin, dass die Integration des Themas „Sprache“ in die Hochschulbildung von den Studierenden gewünscht wird, um den Anforderungen der wachsenden sprachlichen, kulturellen und sozioökonomischen Heterogenität gerecht zu werden.

Theoretischer Hintergrund

Sprachliche Kompetenzen spielen eine wichtige Rolle in der Aneignung chemischer Inhalte (Johnstone & Selepeng, 2001; Markic & Childs, 2016). Studien zeigen signifikante positive Effekte der integrierten Sprachbildung im Fach Chemie (Agel, Beese, & Krämer, 2012; Özcan, 2013). So wurden die Einstellungen von Chemielehrkräften zum Themengebiet der „Sprachsensibilität“ bereits ausreichend erfasst (Seah & Chan, 2020; Riebling, 2013). Dennoch geraten die Einstellungen und Konzepte Chemiestudierender in der bisherigen Forschung nicht in den Mittelpunkt der Untersuchungen. Die bereits vorliegenden Studien beschäftigen sich entweder ausschließlich mit den Einstellungen Studierenden zur chemischen Fachsprache (Nitz, Enzingmüller, Prechtl, & Nerdel, 2011) oder analysieren lediglich die Einstellungen zu allgemeinen sprachlichen Anforderungen und negligieren Fachspezifika (Fischer & Ehmke, 2009). Die vorliegende Fragebogenstudie bringt beide Bereiche zusammen.

Forschungsfragen

- Lassen sich theoretische Konstrukte der Einstellungen und Konzepte Chemiestudierender zur Sprachsensibilität im Fach Chemie identifizieren?
- Wie unterscheiden sich Chemiestudierende in ihren Einstellungen und Konzepten?
- Welche Erwartungen und Wünsche stellen Chemiestudierende für die zukünftige Ausrichtung der Hochschulbildung im Bereich der Sprachsensibilität?

Methode und Stichprobe

Die Fragebogenstudie wurde online durchgeführt. Studierende des Fachs Chemie auf Lehramt wurden per Mailverteiler eingeladen an der etwa zwanzigminütigen Studie teilzunehmen. Der Fragebogen besteht aus vier Teilen: einem generellen Fragenblock über Persönlichkeitsmerkmale, der Skala der Einstellungen, der Skala der Konzepte sowie den Erwartungen. Da sich keine soliden Konstrukte aus der bisherigen Theorie ableiten, wurden die einzelnen Items des Fragebogens aus multiplen Literaturen zusammengestellt. Die Daten

der Items wurden mit einer sechsstufigen Likert-Skala von 1 (stimme überhaupt nicht zu) bis 6 (stimme voll zu) erfasst.
Der Fragebogen wurde mit 32 Chemiestudierenden an der Universität Oldenburg und an der Universität Bremen pilotiert. Die Hauptstudie fand deutschlandweit online im Frühling 2021 statt. Es zeigen sich ausreichend hohe Reliabilitäten der beiden Subskalen (Einstellungen: $\alpha = 0{,}802$; Konzepte $\alpha = 0{,}721$). Anschließend wurden die Daten einer deskriptiven Analyse unterzogen. Unterschiede zwischen Studierenden wurden aufgrund der kleinen Gruppengrößen mithilfe des Mann-Whitney-U-Tests identifiziert. Explorative Faktorenanalysen kategorisieren die Subskalen in geeignete Komponenten.
Die Stichprobe setzt sich aus 84 Chemiestudierenden aus 7 Bundesländern zusammen. Davon sind 69,0 % der Befragten weiblich und 31,0 % männlich. 73,8 % der Teilnehmenden sprechen mehr als zwei Sprachen. Eine Mehrheit der Befragten studiert als Zweitfach eine weitere Naturwissenschaft oder Mathematik (68,3 %). Im Durchschnitt befindet sich die Stichprobe im 7. Hochschulsemester (M: 7,05, SD = 4,607) und studiert vorwiegend das Fach Chemie für das Lehramt Gymnasium (53,6 %). Genau die Hälfte der Teilnehmenden gab an, bereits praktische Erfahrungen im Unterrichten gesammelt zu haben. 34,5 % der Studierenden hat bereits Erfahrungen mit dem Thema der „Sprachsensibilität“ gesammelt. 38,1 % besuchten bereits Kurse aus dem Feld „Deutsch als Zweitsprache/Fremdsprache“ während ihres Studiums.

Explorative Faktorenanalyse

Die Daten wurden einer explorativen Faktorenanalyse unterzogen. Unter Anwendung der Hauptkomponentenanalyse unter Varimax-Rotation und ausreichender Signifikanz nach Bartletts Test auf Sphärizität ergeben sich je drei Faktoren der beiden Subskalen. So erhält man für die Einstellungen die Komponenten: Integration der Sprachsensibilität in die Lehrerbildung (7 Items), Einfluss der Lernendensprache auf ihre Zukunft (4 Items) und Wechselwirkung zwischen sprachlichem und fachlichem Lernen (1 Item). Zusammen erklären alle drei Faktoren der Einstellungen 56,7 % der Varianz. Für die Konzepte Studierender ergeben sich ebenfalls drei Faktoren, die insgesamt 66,58 % der Gesamtvarianz erklären: Sprachliche Vereinfachungen (3 Items), Inhaltsfelder sprachsensiblen Chemieunterrichts (3 Items) und Sprachsensible Unterrichtsplanung (2 Items).

Ergebnisse

Im Großen und Ganzen zeigen sich positive Einstellungen (Md = 5,00) und Konzepte (Md = 5,0) der Studierenden zur Sprachsensibilität. Leicht negative Werte lassen sich allerdings im Faktor der Wechselwirkung zwischen sprachlichem und fachlichem Lernen finden (Md = 3,00) sowie für die Inhaltsfelder sprachsensiblen Unterrichtens (Md = 4,0) als auch in der sprachsensiblen Unterrichtsplanung (Md = 4,00).
Es ergeben sich eine Reihe von statistisch signifikanten Unterschieden in den Einstellungen und Konzepten Chemiestudierender. So zeigen sich statistisch signifikante Unterschiede zwischen Studierenden mit (N = 24) und ohne Studienerfahrung (N = 60) im Bereich der Sprachbildung. Beispielsweise tendieren Studierende mit Erfahrung eher zu positiveren Einstellungen zur Integration der Sprachbildung für Chemiestudierende in die Hochschulbildung (N = 23; Md =5,0; U = 404,000; p = 0,003; r = 0,3194) als Studierende ohne Erfahrung (N = 60; Md = 4,00).
Das Zweitfach der Studierenden beeinflusst den Faktor der Einstellungen zur Wechselwirkung zwischen sprachlichem und fachlichem Lernen. Studierende mit einem sprachlichen

Zweitfach (N = 10) unterscheiden sich signifikant (U = 154,000; p = 0,002; r = 0,3223) von Studierenden mit einem nicht sprachlichen Zweitfach (N = 72). So besitzen Studierende mit einem sprachlichen Zweitfach eine tendenziell negativere Einstellung zum Faktor (Md = 2,50) als Studierende mit einem nicht sprachlichen Zweitfach (Md = 4,00).
Auch der eigene sprachliche Hintergrund der Studierenden beeinflusst ihre Konzepte zu sprachlichen Vereinfachungen. So tendieren mono- und bilinguale Studierende (N = 22, Md = 4,50) zu eher negativeren Einstellungen als multilinguale Studierende (N = 62; Md = 5,0). Multilinguale Studierende sind sprachlichen Vereinfachungen aufgeschlossener als Studierende, die nur maximal zwei Sprachen sprechen (das Sprachniveau war nicht entscheidend). Die Unterschiede sind auch hier statistisch signifikant und zeigen mäßige Effektgrößen (U = 438,000; p = 0,012; r = 0,2710).
Aus den bisherigen Ergebnissen ergibt sich die Implementation und Integration des Themas der integrierten Sprachbildung und -förderung im Fachbereich Chemie. Diese Analyse deckt sich auch mit den Erwartungen und Wünschen der befragten Chemiestudierenden. So wünschen sich 88,1 % (kumulierte Prozente) der Stichprobe mehr Kompetenzen in der didaktischen Auseinandersetzung mit sprachlichen Anforderungen und Inhaltsfeldern im Fach Chemie. 95,2 % (kumulierte Prozente) der Studierenden wünschen sich außerdem mehr Kompetenzen in der Vermittlung der chemischen Fachsprache.

Diskussion

Der Fragebogen stellt ein reliables Instrument dar, um die Einstellungen und Konzepte Chemiestudierender zur Sprachsensibilität im Fach Chemie zu erheben. Es ergeben sich mögliche Konstrukte für zukünftige Erhebungen, die ggf. durch zusätzliche Items eine höhere Validität der Ergebnisse sicherstellen.
Es lassen sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Geschlechtern finden. Auch ergeben sich keine Unterschiede zwischen Chemiestudierenden fürs Lehramt Gymnasium und Haupt- und Realschule. Die hier dargestellten Ergebnisse befinden sich somit nicht in Übereinstimmung mit den Ergebnissen von Fischer et. al. (2009). Die hier gefunden Ergebnisse präsentieren sich allerdings deckungsgleich mit den Resultaten von Nitz et. al. (2011). So sind die eigene Studienerfahrung, der eigene sprachliche Hintergrund sowie das Zweitfach der Studierenden auch hier starke Prädiktoren für die Einstellungen und Konzepte Chemiestudierender. Auch zeigt sich, dass Chemiestudierende die Verständlichkeit der Chemie durch sprachliche Vereinfachungen betonen.
Die allgemeinen positiven Einstellungen der Studierenden und Erwartungen zeigen, dass es einen dringenden Handlungsbedarf in der hochschulischen Lehrerbildung gibt. So ist die Implementation und Integration der „Sprachsensibilität“ als bedeutsamer Kompetenzbereich zukünftiger Chemielehrkräfte in die Hochschullehrerbildung ein bedeutsamer Schritt den gesellschaftlichen Anforderungen der Zukunft gerecht zu werden.

Danksagung

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wird im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01JA1913 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.

Literatur

Agel, C., Beese, M., & Krämer, S. (2012). Naturwissenschaftliche Sprachförderung. Eine empirische Studie. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht, 65*(1), S. 36-44.

Fischer, N., & Ehmke, T. (2009). Empirische Erfassung eines "messy constructs": Überzeugungen angehender Lehrkräfte zu sprachlich kultureller Heterogenität in Schule und Unterricht. (2), S. 411-433.

Johnstone, A., & Selepeng, D. (2001). A Language Problem Revisited. *Chem. Educ. Res. Pract., 2*(1), S. 19-29.

Markic, S., & Childs, P. E. (2016). Language and the Teaching and Learning of Chemistry. *Chem. Educ. Res. Pract., 17*(3), S. 434-438.

Nitz, S., Enzingmüller, C., Prechtl, H., & Nerdel, C. (2011). Fachsprache im naturwissenschaftlichen Unterricht - eine empirische Untersuchung zur Einstellung angehender Lehrkräfte. *39*(3), S. 245-262.

Özcan, N. (2013). *Zum Einfluss der Fachsprache auf die Leistung im Fach Chemie. Eine Förderstudie zur Fachsprache im Chemieunterricht.* (Bd. 144). (H. Niedderer, & H. Fischler, Hrsg.) Berlin: Logos Verlag.

Riebling, L. (2013). *Sprachbildung im naturwissenschaftlichen Unterricht. Eine Studie im Kontext migrationsbedingter sprachlicher Heterogenität* (Bd. 20). (I. Gogolin, & M. Kürger-Potratz, Hrsg.) Münster: Waxmann 2013.

Seah, L. H., & Chan, K. K. (2020). A Case Study of a Science Teacher's Knowledge of Students in Relation to Addressing the Language Demands of Science. *International Journal of Science and Mathematics Education*.

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

[1]Universität Duisburg-Essen
[2]FAU Erlangen-Nürnberg

Generalisierbarkeit von Studien zum Studienerfolg in der Chemie

Theoretischer Hintergrund:
Seit der Umstellung der Studienstruktur durch die Einführung der Bologna-Reform ist die Untersuchung des Studienerfolgs stärker in den Fokus der Forschung gerückt. Viele Studiengänge, die vorher Diplomstudiengänge waren, sind zu den neuen Bachelor- und Masterstudiengängen umstrukturiert worden (Heublein, Hutzsch, Schreiber, Sommer & Besuch, 2010). Dies hat zur Folge, dass sich der Großteil der Studienabbrüche über die Fächer hinweg von späteren Semestern vermehrt in die Studieneingangsphase verschoben hat (Heublein et al., 2010, Heublein, Spangenberg & Sommer, 2008). Gerade in der Fächergruppe Mathematik/Naturwissenschaften liegt eine der höchsten Studienabbruchquoten vor. Innerhalb dieser Fächergruppe gehört die Studienabbruchquote im Fach Chemie zu einer der höchsten (Heublein, Richter & Schmelzer, 2020). Außerdem ist diese innerhalb der letzten Erhebungsjahrgänge in Deutschland von 45 % um zwei Prozent auf 47 % gestiegen (Heublein et al., 2020; Heublein & Schmelzer, 2018). Dieser Trend verdeutlicht nochmals den bestehenden Handlungsbedarf. Um Studierende in der Studieneingangsphase individuell besser fördern und unterstützen zu können sowie dem politischen Ziel der Senkung der Studienabbruchquoten näherzukommen, ist es von Bedeutung, die Einflussfaktoren, die den Studienerfolg bzw. -abbruch bedingen, genauer zu untersuchen (Diegelmann, 2016; EU, 2015). Eine Vielzahl an Studien hat sich bisher mit dem Studienerfolg bzw. -abbruch im Fach Chemie auseinandergesetzt. Jedoch wurden für diese sowohl unterschiedliche Studienerfolgskriterien als auch Einflussfaktoren untersucht, was die Vergleichbarkeit der Ergebnisse dieser Studien einschränkt und erschwert (Neugebauer, Daniel & Wolter, 2021). Die Fortsetzung des DFG-geförderten ALSTER-Projekts, welches sich mit dem Studienerfolg und dem akademischen Lernen in der Eingangsphase naturwissenschaftlich-technischer Studiengänge befasst, ermöglicht die Replikation bzw. Generalisierung bisheriger Ergebnisse aus der ersten Förderphase. Innerhalb der ersten Förderphase wurden erstmals relevante affektive und kognitive Studienerfolgsprädiktoren für das Fachwissen zu Beginn und Ende des ersten Semesters in der Allgemeinen, Analytischen und Physikalischen Chemie sowie für die Klausurpunkte der Allgemeinen Chemie des ersten Fachsemesters ermittelt (Averbeck, 2021). In der zweiten Förderphase wurde anschließend lediglich der Fachwissenstest zur Allgemeinen Chemie für die Replikations- und Generalisierungskohorten erneut eingesetzt, sodass sich die hier vorgestellte Fragestellung und die ersten Ergebnisse nur auf den chemischen Teilbereich der Allgemeinen Chemie beziehen.

Forschungsfrage:
Inwieweit sind die Zusammenhänge des Pfadmodells zum Studienerfolg in der Allgemeinen Chemie von Chemiestudierenden des ersten Fachsemesters der ersten ALSTER DFG-Förderphase replizier- und generalisierbar?

Stichprobe und Design:
Die Datenerhebungen der Hauptstudie der ersten Förderphase fand im WS 16/17 an der Universität Duisburg-Essen (UDE) und der Ruhr-Universität Bochum (RUB) statt. Zur Replikation der Ergebnisse wurde die Datenerhebung an der Ruhr-Universität Bochum im WS 18/19 und WS 19/20 erneut durchgeführt. Für die Generalisierung wurde die Datenerhebung zusätzlich auf die Universität Bonn (UBO, WS 18/19 und WS 19/20) und die Technische Universität Kaiserslautern (TUK, WS 18/19) erweitert. Da an der Technischen Universität Kaiserslautern nur die WS 18/19 Kohorte erhoben wurde und die Stichprobe zu klein für das im Anschluss besprochene Modell ist, wurde diese nicht in die Analysen miteingeschlossen. Für die Pfadanalysen ergab sich für die erste Förderphase eine Stichprobengröße von 275 Chemiestudierenden (ALSTER I, UDE = 118, RUB = 157) und eine Stichprobengröße von 412 Chemiestudierenden (ALSTER II, RUB = 272, UBO = 140) für die zweite Förderphase. Da sich in der ersten Förderphase je nur eine Subskala der kognitiven Fähigkeiten und des fachbezogenen akademischen Selbstkonzepts als statistisch besonders aussagekräftig herausgestellt haben, wurden diese auf die im nachfolgenden genannten Skalen reduziert. In diesen ersten Analysen wurde die Rechenfähigkeit (Müller et al., 2018), die Kurswahl Chemie in der Oberstufe (Averbeck, 2020; Fries, 2002), die Studienzufriedenheit (Westermann, Heise, Spies & Trautwein, 1996), das fachbezogene Studieninteresse (Schiefele, Krapp, Wild & Winteler, 1993), das fachbezogene kriteriale akademische Selbstkonzept (Schöne, Dickhäuser, Spinath & Stiensmeier-Pelster, 2002), die nonverbalen kognitiven Fähigkeiten (Heller & Perleth, 2000), die einzelnen Skalen zur Motivation (Erwartungen, Wert, Kosten) (Kosovich, Hulleman, Barron & Getty, 2015) und die Abiturgesamtnote (Daley, 2010; Trapmann, Hell, Weigand & Schuler, 2007) als Studienerfolgsprädiktoren (UV) verwendet. Diese wurden alle zu Semesterbeginn während der ersten Förderphase im Paper-Pencil-Format und in der zweiten Förderphase teils im Paper-Pencil-Format und teils online erhoben. Lediglich die nonverbalen kognitiven Fähigkeiten wurden innerhalb der zweiten Förderphase aus testökonomischen Gründen zum Semesterende ermittelt. Dieser Erhebungszeitpunkt stellt jedoch für die Outcomes der kognitiven Fähigkeiten kein Problem dar, da diese als ein zeitstabiles Merkmal angenommen werden können (Heller & Perleth, 2000). Für beide Förderphasen wurde das Fachwissen in der Allgemeinen Chemie (adaptiert und verändert nach Freyer, 2014) zu Semesterbeginn und -ende (Vor- und Fachwissen, AV) im Prä-Post-Test Design als abhängige Variablen erhoben. Die Noten der Allgemeinen Chemie wurden in diesen ersten Analysen noch nicht als zusätzliche abhängige Variable berücksichtigt. Im Folgenden wird auf die ersten Ergebnisse des angepassten Modells der ersten Förderphase im Vergleich zu dem neuen Modell der zweiten Förderphase Bezug genommen.

Ergebnisse:
Für die Modellschätzungen der Pfadmodelle wurde das Programm R, genauer das Paket lavaan verwendet. Es wurde der robuste MLR-Schätzer und das FIML-Verfahren für den Umgang mit den vorliegenden Fehlwerten gewählt, damit möglichst viele Probanden in die Analysen miteinbezogen werden konnten. Innerhalb der ersten Analysen zeigten zwei separate Modellschätzungen zur ersten und zweiten Förderphase, dass der Modellfit der Multigruppenmodelle mit den unterschiedlichen Standorten als Gruppierungsvariable nicht signifikant besser ausfiel als die Passung der Gesamtmodelle. Diese mit Vorsicht zu behandelnden ersten Ergebnisse legen also die Vermutung nahe, dass sich die befragten Studierenden hinsichtlich der genannten Variablen an den Standorten innerhalb der einzelnen Erhebungsphasen nicht

unterscheiden. Für die Gesamtmodelle der beiden Förderphasen (ALSTER I und II) zeigen sich jedoch unterschiedlich viele Regressionspfade als bedeutend für die Prädiktion des Vor- und Fachwissens in der Allgemeinen Chemie. Das heißt, dass teils Pfade, die in der ersten Förderphase zum Modellfit beigetragen haben, in der zweiten Förderphase keinen Beitrag mehr leisten und vice versa. Es ergaben sich für die Gesamtmodelle (zusammengeführte Kohorten der einzelnen Förderphasen) zufriedenstellende Modellfits (ALSTER I: $\chi^2 = 11.44$, $df = 11$, $p = .407$, $CFI = 0.999$, $RMSEA = 0.000$; ALSTER II: $\chi^2 = 4.91$, $df = 13$, $p = .977$, $CFI = 1.000$, $RMSEA = 0.000$). Die standardisierten β-Koeffizienten zeigen, dass die Rechenfähigkeit (.343/.295), die Kurswahl Chemie in der Oberstufe (.345/.397) sowie das fachbezogene Studieninteresse (.202/.136) für ALSTER I und ALSTER II die stärksten signifikanten Einflussfaktoren für das Vorwissen in der Allgemeinen Chemie zu Semesterbeginn darstellen. Für ALSTER I stellen zusätzlich die nonverbalen kognitiven Fähigkeiten (.157) einen signifikanten Einflussfaktor dar, während für ALSTER II die Abiturnote (-.083) einen signifikanten, aber schwachen Prädiktor darstellt und das kriteriale akademische Selbstkonzept (.089) als schwacher nicht signifikanter Prädiktor zum Gesamtmodell beiträgt. Es konnte eine Varianzaufklärung von 45.8 % (ALSTER I) bzw. 49.7 % (ALSTER II) für das Vorwissen in der Allgemeinen Chemie ermittelt werden.
Das Fachwissen in der Allgemeinen Chemie zum Semesterende wurde für ALSTER I und II durch die mitunter stärksten und signifikanten Prädiktoren, dem Vorwissen in der Allgemeinen Chemie (.505/.679) und durch die Abiturnote (-.148/-.136) prädiziert. Während sich für ALSTER II nur noch zusätzlich das kriteriale akademische Selbstkonzept (.123) als signifikanter Einflussfaktor herausstellte, zeigten sich die Rechenfähigkeit (.157) und die Skalen Motivation – Erwartungen (.130) und Motivation – Kosten (-.093) für ALSTER I als weitere signifikante Prädiktoren. Für ALSTER I stellt die Kurswahl Chemie (.090) einen geringen, aber nicht signifikanten Einfluss auf das Fachwissen in der Allgemeinen Chemie dar. Dies liegt daran, dass die Kurswahl Chemie über das Vorwissen in der Allgemeinen Chemie einen signifikanten indirekten Effekt (.174) auf das Fachwissen zu Semesterende ausübt, also über das Vorwissen mediiert wird. Auch für das Fachwissen am Ende des ersten Semesters zeigte sich für ALSTER I und II eine relativ ähnlich hohe Varianzaufklärung von 61.0 % und 62.6 %. Wird nur der Einfluss des Vorwissens in der Allgemeinen Chemie und der Abiturnote auf das Fachwissen betrachtet, so ergibt sich der Hauptanteil der zuvor erklärten Varianz mit 55.8 % und 61.4 %.

Zusammenfassung und Diskussion:
Alles in allem deuten die ersten Analysen in Form von Pfadmodellen der ALSTER I und II Gesamtkohorten an, dass die Kurswahl Chemie in der Oberstufe, die Rechenfähigkeit und das Interesse als Einflussfaktoren auf das Vorwissen in der Allgemeinen Chemie replizier- und generalisierbar sind. Ebenfalls ist anscheinend ein hoher Einfluss des Vorwissens in der Allgemeinen Chemie sowie der Einfluss der Abiturnote für ALSTER I und II reproduzierbar. In weiteren Anschlussanalysen werden die einzelnen Standorte für ALSTER I und II nochmals genauer in Form von Einzelmodellen und mit einer sinnvoll reduzierten Prädiktorenanzahl untersucht, da ein Vergleich der Standorte mit Hilfe eines Multigruppenmodells aufgrund der relativ kleinen Stichprobengröße nicht zielführend erscheint und nur erste Tendenzen liefern kann. Ein weiterer Grund ist, dass die Chemiestudierenden der Technischen Universität Kaiserslautern wieder in die Analysen eingegliedert werden können, sodass die Generalisierungsstudie um diesen zusätzlichen Standort erweitert werden kann.

Literatur

Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union (2015). Studienabbruch und Studienabschluss an Hochschulen in Europa. Zusammenfassung. Luxemburg: Education and Culture.

Averbeck, D. (2021). Zum Studienerfolg in der Studieneingangsphase des Chemiestudiums. Der Einfluss kognitiver und affektiv-motivationaler Variablen. Berlin: Logos Verlag.

Daley, R. J. (2010). College Catalog. https://www.ccc.edu/menu/Documents/Academic%20Catalogs%202008-2010/DAC_Academic_Catalog_2008-2010.pdf (letzter Zugriff: 25.10.2021).

Diegelmann, M. (2016). Richtlinie zur Förderung von Forschung über „Studienerfolg und Studienabbruch". Bundesministerium für Bildung und Forschung.

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.

Fries, M. (2002). Abitur und Studienerfolg. Welchen „Wert" hat das Abitur für ein erfolgreiches Studium? Beiträge zur Hochschulforschung, 24 (1), 30-51.

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

Heublein, U. & Schmelzer, R. (2018). Die Entwicklung der Studienabbruchquoten an den deutschen Hochschulen. Berechnungen auf Basis des Absolventenjahrgangs 2016. DZHW: 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: HIS.

Heublein, U., Richter, J. & Schmelzer, R. (2020). Die Entwicklung der Studienabbruchquoten in Deutschland. DZHW BRIEF, 03. Hannover: DZHW.

Heublein, U., Schmelzer, R. & Sommer, D. (2008). Die Entwicklung der Studienabbruchquote an den deutschen Hochschulen. Ergebnisse einer Berechnung des Studienabbruchs auf der Basis des Absolventenjahrgangs 2006. HIS: Projektbericht.

Kosovich, J. J., Hulleman, C. S., Barron, K. E. & Getty, S. (2015). A practical measure of student motivation. The Journal of Early Adolescence 35, 5-6.

Neugebauer, M., Heublein, U. & Daniel, A. (2021). Studienerfolg und Studienabbruch. Wiesbaden: Springer VS.

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

Schöne, C., Dickhäuser, O., Spinath, B. & Stiensmeier-Pelster, J. (2002). Die Skalen zur Erfassung des schulischen Selbstkonzepts (SESSKO). Göttingen: Hogrefe.

Trapmann, S., Hell, B., Weigand, S. & Schuler, H., (2007). Die Validität von Schulnoten zur Vorhersage des Studienerfolgs eine Metaanalyse. Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 21 (1), 11-27.

Westermann, R., Heise, E., Spies, K. & Trautwein, U. (1996). Identifikation und Erfassung von Komponenten der Studienzufriedenheit. Psychologie in Erziehung und Unterricht, 43, 1-22.

Carina Wöhlke[1] [1]Ruhr-Universität Bochum
Heiko Krabbe[1]

Hilfen zum schriftlichen Erklären im Physikunterricht

Erklären physikalischer Phänomene hilft Schülerinnen und Schülern dabei, höhere kognitive Strukturen auszubilden (Braaten & Windschitl, 2011). Darüber hinaus ermöglicht es ihnen, das Einüben einer authentischen, wissenschaftlichen Handlung (Braaten & Windschitl, 2011; Tang 2016; Andrade, Freire & Baptista, 2019). Physikalisches Erklären ist daher ein Teil der Bildungsstandards für Physik (KMK, 2005). Physikalische Erklärungen haben eine fachliche Struktur (Braaten & Windschitl, 2011) und bedürfen spezifischer sprachlicher Mittel (Krabbe, Timmerman & Boubakri, 2019). Diese beiden Dimensionen einer physikalischen Erklärung können bei Schülerinnen und Schüler durch fachliche und sprachliche Hilfestellungen unterstützt werden (Tang, 2016). In einer Vorstudie (Wöhlke & Krabbe, 2021) zur Förderung des schriftlichen Erklärens erhielten Schülerinnen und Schülern den Auftrag, die (gleichmäßig) beschleunigte Bewegung eines startenden Flugzeugs mit den dabei auftretenden Kräften zu erklären. Hierzu sollten sie zuerst zu drei Zeitpunkten des Starts die Geschwindigkeiten und Kräfte als Pfeile in eine Visualisierung einzeichnen und diese dann erklären. Zur Überarbeitung ihrer Erklärung erhielten sie danach unterschiedliche Hilfen. Die Intervention ergab, dass kombinierte Hilfen aus sprachlichen und fachlichen Hinweisen die Qualität der Erklärtexte mehr fördern als rein fachliche oder rein sprachliche Hinweise. Allerdings wurden vermutlich die Erklärungen durch die eingesetzte Visualisierung bereits so vorstrukturiert, dass es insgesamt nur wenige Änderungen gab. Auch wurde in den Texten mehr die Darstellung in der Visualisierung erklärt als der Zusammenhang von Kraft und Bewegung.

Forschungsinteresse

In diesem Beitrag gehen wir daher dem Erkenntnisinteresse nach, welche Qualität sich ohne die visuelle Unterstützung in den Erklärtexten von Schülerinnen und Schülern zeigt, und wie sich diese durch fachlich und sprachlich kombinierte Hilfen dann entwickelt. Dabei werden deskriptiv Unterschiede in der Verbesserung der Qualität der Erklärtexte zwischen der Treatment- und Kontrollgruppe untersucht und es wird analysiert, in welchen Schritten der physikalischen Erklärung diese Verbesserungen auftreten.

Methode

Stichprobe

An der Studie haben insgesamt 38 Schülerinnen und Schüler zweier zehnter Klassen einer Gesamtschule in NRW teilgenommen, davon 17 in der sogenannten Treatmentgruppe und 21 in der Kontrollgruppe.

Durchführung

In beiden Klassen wurde zunächst das Vorwissen zum zweiten Newton'schen Axiom aktiviert. Dazu mussten die Schülerinnen und Schüler aus vorgegebenen Satzteilen physikalisch korrekte Aussagen bilden (z. B. „Die Bewegung eines Körpers ändert sich nur dann, - wenn eine Gesamtkraft auf ihn wirkt"). Anschließend haben die Schülerinnen und

Schüler ein Video gesehen, in dem ein Flugzeug startet, landet und rollt. Dieses Video diente als Stimulus für eine Erklärung. Die Schülerinnen und Schüler erhielten den Auftrag, die im Video sichtbare, beschleunigte Bewegung mit Hilfe wirkender Kräfte schriftlich zu erklären. In der Treatmentgruppe lernten sie anschließend einen strukturellen Rahmen kennen, mit dessen Hilfe physikalische Erklärung geschrieben werden können. Der strukturelle Rahmen besteht aus insgesamt acht Schritten, die an dem Schema der deduktiv-nomologischen Erklärung (Hempel & Oppenheim, 1948) orientiert sind: Für eine physikalische Erklärung soll zuerst das zu Erklärende (das Explanandum) konstituiert werden, indem das physikalische Oberthema benannt und das Phänomen erst alltagssprachlich, dann fachsprachlich erfasst und beschrieben wird. Für die Erklärung (das Explanans) soll dann eine adäquate allgemeingültige Gesetzmäßigkeit herangezogen werden, für die im konkreten Fall gezeigt wird, dass die Bedingungen für ihre Anwendung gegeben sind. Aus der Anwendung der Gesetzmäßigkeit unter den gegebenen Bedingungen werden dann logisch das zu erklärende Phänomen gefolgert und schließlich die wichtigsten Faktoren zusammengefasst. In der Kontrollgruppe wurden anstelle des strukturellen Rahmens lediglich in einem Brainstorming Aspekte für die Überarbeitung der Erklärtexte gesammelt und an der Tafel festgehalten. Hierbei nannten die Schülerinnen und Schüler sehr allgemein die Beschreibung der Situation sowie die Angabe von Regeln und notwendigen Grundlagen als Aspekte. Abschließend sollten die Schülerinnen und Schüler in beiden Gruppen ihre zuvor angefertigten Erklärungen unter den neuen Gesichtspunkten überarbeiten und ihre Überarbeitungen kennzeichnen.

Auswertung

Die Qualität der Drehbücher wurde anhand eines Kodiermanuals beurteilt. Dieses Kodiermanual wurde entlang des strukturellen Rahmens entwickelt. Es umfasst acht Kategorien, die mit 0 bis 3 Punkten beurteilt wurden: (1) Nennen des physikalischen Oberthemas, (2) alltagssprachliche Beschreibung des Phänomens, (3) fachsprachliche Beschreibung des Phänomens, (4) Heranziehen einer Gesetzmäßigkeit, (5) Ableiten der Bedingungen der Gesetzmäßigkeit, (6) Prüfen der Bedingungen am Phänomen, (7) Ableiten des Phänomens aus der Gesetzmäßigkeit, (8) Zusammenfassen der wichtigsten Fakten. Die Intercoderreliabilität der Kategorien zeigt mit Cohens Kappa-Werten von 0,72 bis 1,00 mindestens eine substanzielle Übereinstimmung.

Die so erhaltenen quantitativen Daten wurden anschließend mittel deskriptiver Statistik und Vergleich der Mediane (Wilcoxon-Test, Mann-Whitney-U-Test) hinsichtlich der Fragestellung untersucht, ob die Erklärtexte ohne visuelle Hilfen Verbesserungen aufweisen und ob die Erklärungen aus der Treatmentgruppe eine höhere Verbesserung erfahren haben als die Erklärungen aus der Kontrollgruppe.

Ergebnisse

Abbildung 1 zeigt die durchschnittlichen Punktzahlen der beiden Gruppen im Vor- und Nachtest in den verschiedenen Kategorien. Die Treatmentgruppe ist im Vortest in den Kategorien 2 und 4 leicht, aber nicht signifikant besser. Die Tabelle über dem Grafen in Abb. 1 gibt die Ergebnisse eines Wilcoxon bzw. Whiteny-Mann-U Test zur Entwicklung innerhalb der Treatmentgruppe und dem Vergleich der Entwicklung zur Kontrollgruppe an.

Deskriptiv zeigen sich in der Treatmentgruppe in einigen Kategorien signifikante Verbesserungen. So gibt es beispielsweise eine große Verbesserung in Kategorie 1 – dem Benennen des physikalischen Oberthemas. Hier beträgt die Verbesserung fast zwei Punkte

mit höchstsignifikant starkem Effekt ($r = 0{,}815$) im Wilcoxon Test. In Kategorie 5, also dem Ableiten der Bedingungen der herangezogenen Gesetzmäßigkeit, zeigt sich eine Verbesserung von etwas mehr als einem halben Punkt mit signifikant starkem Effekt ($r = 0{,}566$). Ein signifikant mittlerer Effekt ($r = 0{,}485$) ergibt sich in Kategorie 6 – dem Prüfen der Bedingungen am Phänomen. Mit fast 1,5 Punkten Verbesserung kann für Kategorie 8 – dem Zusammenfassen der wichtigsten Fakten – ein hochsignifikant starker Effekt ($r = 0{,}723$) nachgewiesen werden. Für die Kontrollgruppe hat der Wilcoxon-Test keine signifikanten Veränderungen gezeigt.

Der Mann-Whitney-U-Test zeigt, dass zwischen der Treatmentgruppe und der Kontrollgruppe folgende Unterschiede in der Verbesserung der Erklärtexte signifikant sind: In Kategorie 1 – beim Nennen des physikalischen Oberthemas – ist die Differenz in der Verbesserung hochsignifikant mit starkem Effekt ($r = 0{,}758$). Sowohl für Kategorie 5 (Ableiten der Bedingungen) als auch für Kategorie 6 (Prüfen der Bedingungen am Phänomen) sind die Differenzen in der Verbesserung der Erklärtexte signifikant mit einem mittleren Effekt ($r \approx 0{,}38$). In Kategorie 8 (dem Zusammenfassen wichtiger Fakten) zeigt sich ein höchstsignifikanter Unterschied in der Verbesserung der Erklärtexte bei mit starkem Effekt ($r = 0{,}689$).

TG prä – post (Wilcoxon-Test)	$r = 0{,}815$***	$n.s.$	$n.s.$	$n.s$	$r = 0{,}566$*	$r = 0{,}485$*	$n.s.$	$r = 0{,}723$**
ΔTG – ΔKG (Mann-Whitney-U-Test)	$r = 0{,}758$***	$n.s.$	$n.s.$	$n.s.$	$r = 0{,}382$*	$r = 0{,}376$*	$n.s.$	$r = 0{,}689$***

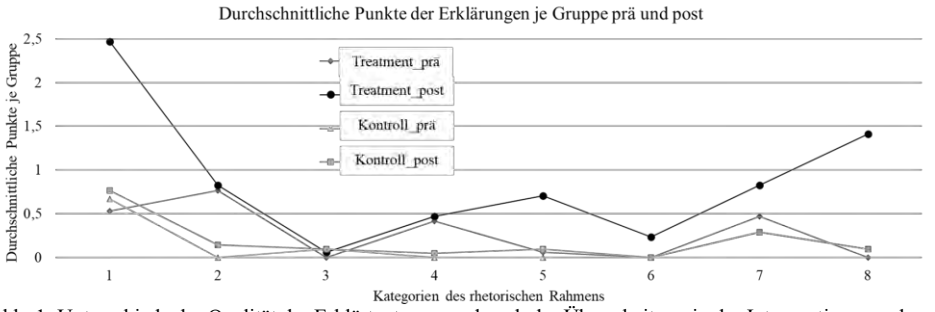


Abb. 1: Unterschiede der Qualität der Erklärtexte vor und nach der Überarbeitung in der Interventions- und Kontrollgruppe

Diskussion

Die Ergebnisse der hier vorgestellten Studie und der Pilotstudie weisen darauf, dass die Veränderung der Qualität der Erklärtexte von Schülerinnen und Schülermöglicherweise ohne visuelle Hilfen größer ist als mit visuellen Hilfen. Das scheint vor allem daran zu liegen, dass durch die Visualisierung bereits zu Beginn eine bessere Strukturierung erfolgt.

Außerdem gibt es durch den strukturierten Rahmen als Schema in der Intervention größere Veränderungen als ohne. Dies gilt aber nicht für alle Kategorien:

Das Nennen des physikalischen Oberthemas und das Zusammenfassen der wichtigsten Fakten in einer Erklärung können durch das Schema offenbar gut stimuliert werden. Das Ableiten der Bedingungen und das Prüfen der Bedingungen am Phänomen für die logische Folgerung fällt den Schülerinnen und Schülern mit dem Schema leichter. Das Beschreiben und Heranziehen einer Gesetzmäßigkeit fallen den Schülerinnen und Schülern trotz des Schemas weiterhin schwer.

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.

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). Bil-dungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss. München: Luchterhand.

Krabbe, Heiko, Timmerman, Philip & Boubakri, Christine (2019). BESCHREIBEN, ERKLÄREN und BEGRÜNDEN im Physikunterricht. 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. 265). Universität Regensburg.

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

Wöhlke, C., & Krabbe, H. (2021). Schriftliches Erklären im Physikunterricht unterstützen. In: S. Habig (Hrsg.), Naturwissenschaftlicher Unterricht und Lehrerbildung im Umbruch? Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung online 2020. (S. 105-108). Universität Duisburg-Essen.

Christina Priert[1]
Jürgen Menthe[1]

[1]Universität Hildesheim

Im Kampf gegen Klimawandel und COVID-19 Orientierungen von Lernenden

Theorie

Zur Förderung einer überfachlichen Bewertungskompetenz, bei der nicht nur naturwissenschaftliches Wissen, sondern auch ethische und moralische Werte eine Rolle spielen (Dittmer et al. 2016, Gebhard et al. 2017), bietet sich der Einsatz von *Socio-Scientific-Issues* (SSI) an. Bei SSI handelt es sich um gesellschaftlich relevante Themen und Probleme, die einen wissenschaftlichen Schwerpunkt haben. Durch die kontroverse Auseinandersetzung mit diesen interdisziplinären Themen auf wissenschaftlicher, politischer und sozialer Ebene haben SSI das Potenzial, Mehrperspektivität zu fördern (Zeidler & Nichols 2009, Presley et al. 2013). Zwei Beispiele für solche SSI stellen die momentan größten und prominentesten Probleme dar: Der Klimawandel und die Corona-Pandemie. Die Bewältigung der Folgen beider globaler Probleme gehört zu den zentralen Aufgaben politischen Handelns. In einer Studie des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) mit Jugendlichen und jungen Erwachsene im Alter von 14 bis 22 Jahren zeigte sich bereits, dass die Befragten den Umwelt- und Klimaschutz als eines der derzeit wichtigsten Probleme der Gesellschaft benennen und dass sie die Industrie, die Regierung sowie die einzelnen Menschen als handlungsleitende Akteure sehen. Zum damaligen Erhebungszeitpunkt (April-Juni 2019) hatten die Jugendlichen und jungen Erwachsenen hohe Erwartungen an die Regierung bezüglich des Beitrags zum Umwelt- und Klimaschutz, allerdings war ein Großteil der Meinung, dass die Regierung diese Erwartungen bisher nicht erfüllen konnte (Bundesministerium für Umwelt et al. 2020).

Seit der Corona-Pandemie stellt sich den Regierungen ein neues globales Problem. Blickt man auf die Konsequenz und Rigidität, mit der Maßnahmen gegen den Klimawandel und gegen die Corona-Pandemie ergriffen wurden, stellt sich die Frage, wie junge Menschen die politische Regulation in diesen beiden Fällen bewerten.

Design

In Gruppendiskussionen wurden zwei Audiovignetten („Klimabeeinflussung“ und „Reisebeschränkungen COVID-19“) als Gesprächsimpulse eingespielt. Weitere Impulse wurden in Form einer von den Lernenden selbst bedienten PowerPoint-Präsentation eingegeben. Beide Vignetten wurden nacheinander bearbeitet. Am Ende sollten die dargestellten Situationen verglichen werden, wobei zuerst folgender Impuls gegeben wurde: *„Vergleicht die Maßnahmen zum Klimaschutz mit den Maßnahmen zur Eindämmung der Pandemie.“* Nachdem die Lernenden diesen Impuls diskutiert hatten, wurde mit folgendem Impuls eine bestimmte Lesart nahegelegt: *„Während der Pandemie wurden von der Politik Einschränkungen und Verbote unmittelbar in Kraft gesetzt. Für die Bekämpfung des Klimawandels werden schon seit fast 30 Jahren Ziele formuliert und verfolgt. Was ist eure Meinung dazu?“*

In der Untersuchung wurden zwei Fragen verfolgt: Was dokumentiert sich auf sozialorganisatorischer und auf inhaltlicher Ebene in Gruppendiskussionen von Lernenden im

Kontext von Klimawandel und COVID-19? Welche Unterschiede in der Bewertung der ergriffenen Maßnahmen zur Eindämmung des Klimawandels und der COVID-19-Pandemie lassen sich aus den Gruppendiskussionen rekonstruieren?

Durch das rekonstruktive Analyseverfahren der Dokumentarischen Methode (Przyborski 2004, Bohnsack 2014) sollen die implizit verankerten, kommunikativen und konjunktiven Wissensbestände (Mannheim 1980) der Lernenden sichtbar gemacht werden. Durch die thematische Fokussierung wurde eine Grundlage geschaffen, auf der das Gespräch aufbaute und wodurch die anvisierten Wissensbestände offengelegt werden konnten. Insgesamt konnten mit diesem Design im Zeitraum von Juni bis Juli 2021 zehn Gruppendiskussionen an zwei Schulen in Niedersachsen durchgeführt werden. Dabei wurden sechs der Gruppendiskussionen mit Lernenden des zehnten Jahrgangs einer integrierten Gesamtschule, zwei Gruppendiskussionen mit Lernenden des zehnten Jahrgangs des Gymnasialzweiges einer kooperativen Gesamtschule und zwei Gruppendiskussionen mit Achtklässler:innen an derselben Schule durchgeführt. Durch die Varianz der Jahrgänge und Schulformen ist eine Kontrastierung der Fälle in einer komparativen Analyse möglich, die für die Rekonstruktion von Orientierungsrahmen nötig ist (Bohnsack 2014, Asbrand & Martens 2018). Wie aus den Forschungsfragen deutlich wird, fokussiert die Auswertung nicht nur den Inhalt (Was wird wie gesagt?) der Gruppendiskussionen, sondern auch die Struktur sowie Organisation der Gruppe und den Umgang mit den Impulsen.

Ergebnisse

Die Auswertung der Daten machte auf sozial-organisatorischer Ebene sichtbar, dass die Gruppenmitglieder bei der Bearbeitung der Impulse ein unterrichtstypisches Verhalten zeigten. Es gab innerhalb der Gruppen Aushandlungen darüber, wie einzelne Impulse gemeint oder zu beantworten sind. Die Lernenden sind dabei heuristisch vorgegangen, indem sie z. B. bisher besprochene Inhalte der Vignetten rekonstruierten und sich den Impuls damit erschlossen haben, um dann in die Aufgabenbearbeitung überzugehen. Dieses Verhalten deutet auf einen „Lernhabitus“ hin, den Martens und Asbrand (2021) – in Anlehnung an das Konzept des „Schülerjobs“ nach Breidenstein (2006) – in vier verschiedene im Unterricht vorkommende Typiken ausdifferenziert haben. Das Besondere an diesem Befund ist, dass die Gruppendiskussionen außerhalb des Unterrichts stattfanden und keine Lehrperson anwesend war. Die Impulse wurden zwar im Kontext dieses Forschungsprojekts eingesetzt, verleiteten die Lernenden allerdings dazu, im Modus einer unterrichtlichen Aufgabenerledigung zu agieren, wodurch der Lernhabitus zum Ausdruck kam.

Der Vergleich der Maßnahmen zum Klimaschutz mit den Maßnahmen zur Eindämmung der Pandemie offenbart gruppenspezifische Bewertungen der politischen Regulation. Neben einer deutlichen Kritik am politischen Vorgehen wurden auch Rechtfertigungsgründe angeführt. Hierbei kristallisierten sich auf der Ebene des kommunikativen Wissens folgende Aspekte heraus: *„Ort-/Zeit-Faktor“, „Grad der Betroffenheit“, „Geschwindigkeit der Entwicklung“* und *„(Un-)Vorhersehbarkeit des Ereignisses“*. Die Pandemie wurde als ein unvorhersehbares und schnell eintreffendes Ereignis eingestuft, bei dem die Folgen direkt sowie im Hier und Jetzt eintrafen. Daraus resultierte für die Lernenden, dass ein schnelles Handeln in Form von Maßnahmen durch die Politik unabdingbar war. Zudem wurde angemerkt, dass die Politik durch das Unvorhersehbare nicht in der Lage war, im Voraus zu planen. Die Lernenden rechtfertigten damit das politische Handeln zur Eindämmung der Pandemie. Bei einem

absehbaren Ereignis wie dem Klimawandel ist die Planung von konkreten Maßnahmen eher möglich. Im Vergleich zur Pandemie wurde die Betroffenheit der Folgen als eher indirekt oder kaum spürbar wahrgenommen, was auch durch das langsame Eintreffen des Ereignisses begründet ist. Dennoch ist ein Bewusstsein dafür da, dass der Klimawandel in Zukunft eintreffen und ein Handeln nötig sein wird. Stellenweise wurde die Klimapolitik bereits kritisiert, da sie als inkonsequent und nachgiebig bezüglich im Vorfeld gesetzter Ziele (Stichwort „Kohleausstieg“) beschrieben wurde. Zudem fiel der Begriff der „Lobby-Arbeit“ im Zusammenhang mit Wirtschaftskonzernen. Das politische Handeln wird damit als beeinflussbar eingeschätzt, wodurch der Handlungsspielraum zur Eindämmung des Klimawandels eingeschränkt ist. Aus den hier genannten Erkenntnissen wird vor allem deutlich, dass aus Sicht der Lernenden die Art und Ausprägung eines Ereignisses oder einer Krise ein unterschiedliches Handeln hervorbringt. Die oben genannten Aspekte waren dabei Kriterien, anhand derer die Lernenden politisches Handeln eingeschätzt bzw. beurteilt haben.

Bei dem Impuls *„Wer ist dazu befähigt, eine Entscheidung treffen zu dürfen?“* wurde darüber diskutiert, woraus eine Person oder Personengruppe die Legitimität ziehen kann, zu entscheiden. Innerhalb dieser Diskussion werden als Hauptakteure Wissenschaftler:innen, Politiker:innen und zum Teil auch die Bevölkerung deutlich hervorgehoben. Die Befähigung zum Entscheiden wird durch zwei wesentliche Aspekte begründet: Wissenschaftler:innen können durch das nötige Fachwissen zum jeweiligen Gebiet eine Expertise vorweisen, die für eine Entscheidungsfindung relevant ist, wohingegen Politiker:innen durch Wahlen demokratisch legitimiert sind. Die Bevölkerung als Akteur spielt damit eine indirekte, aber nennenswerte Rolle. Die Lernenden stellten dabei in ihrer Diskussion die Abhängigkeiten der einzelnen Akteure dar. So sind Politiker:innen von der Wahl der Bevölkerung abhängig, um als Entscheider:innen auftreten zu können. Zudem sind sie davon abhängig, was die Expert:innen zu sagen haben, um auf dieser Grundlage Entscheidungen formulieren zu können. Durch die Betonung, dass Forschung wichtig ist und dass der Gruppe der Wissenschaftler:innen im Entscheidungsfindungsprozess der Politiker:innen eine tragende Rolle zukommt, wird die gesellschaftliche Bedeutung dieser Personengruppe sichtbar. Im Vergleich zu den Ergebnissen der BMU-Studie wird hier deutlich, dass die Wissenschaftler:innen als Akteure enorm an Wichtigkeit gewonnen haben. Ob dies ein Effekt der Pandemie ist, durch die die Forschung rund um den Impfschutz in den Fokus gerückt wurde und in der die Virologen:innen wesentliche Bezugspersonen zur Einschätzung der pandemischen Lage waren, ist noch unklar. Dies könnte durch eine erneute BMU-Studie mit großer Teilnehmendenzahl bestätigt werden.

Ausblick

Durch weitere Analysen des Materials sollen die bisherigen Erkenntnisse sowohl im Hinblick auf den Lernhabitus als auch bezüglich der thematischen Auseinandersetzung überprüft und gegebenenfalls ausdifferenziert werden. Des Weiteren sollen kontrastierende Fälle hinzugezogen werden, die sich im Alter und in der Schulform der bisherigen Gruppen unterscheiden. Zudem stellt sich angesichts der Verknüpfung (des in Beziehung Setzens) der genannten Akteure die Frage, ob in den Interviews Konflikte oder Spannungsverhältnisse zwischen den Gruppen der Wissenschaftler:innen, Politiker:innen und Jugendlichen beschrieben werden. Sehen die Lernenden eventuell ihr Dasein und ihre Zukunft in Gefahr, weil Politiker:innen nicht so handeln, wie die Jugendlichen es für richtig halten?

Literatur

Asbrand, B. & Martens, M. (2018). Dokumentarische Unterrichtsforschung. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.

Bohnsack, R. (2014). Rekonstruktive Sozialforschung. Einführung in qualitative Methoden (UTB, 8242: Erziehungswissenschaft, Sozialwissenschaft, 9., überarb. und erw. Aufl.). Opladen: Budrich.

Breidenstein, G. (2006). Teilnahme am Unterricht. Ethnographische Studien zum Schülerjob (Studien zur Schul- und Bildungsforschung, Bd. 24, 1. Aufl.). Wiesbaden: VS Verl. für Sozialwissenschaften (Zugl.: Halle (Saale), Univ., Habil.-Schr)

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit & www.bmu.de. (2020). Zukunft? Jugend fragen! Umwelt, Klima, Politik, Engagement – Was junge Menschen bewegt.

Dittmer, A., Gebhard, U., Höttecke, D. & Menthe, J. (2016). Ethisches Bewerten im Naturwissenschaftlichen Unterricht. Theoretische Bezugspunkte. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 22 (1), 97–108.

Gebhard, U., Höttecke, D. & Rehm, M. (2017). Pädagogik der Naturwissenschaften. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, S. 69-78.

Mannheim, K. (1980). Strukturen des Denkens (Suhrkamp-Taschenbuch Wissenschaft, Bd. 298, 1. Auflage). Frankfurt am Main: Suhrkamp.

Martens, M. & Asbrand, B. (2021). „Schülerjob“ revisited: Zur Passung von Lehr- und Lernhabitus im Unterricht. Zeitschrift für Bildungsforschung 11 (1), 55–73.

Presley, M. L., Sickel, A. J., Muslus, N., Merle-Johnson, D., Witzig, S. B., Izci, K. & Sadler, T. D. (2013). A Framework for Socio-Scientific Issues Based Education. Science Educator 22 (1), 26–32.

Przyborski, A. (2004). Gesprächsanalyse und dokumentarische Methode. Qualitative Auswertung von Gesprächen, Gruppendiskussionen und anderen Diskursen. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Zeidler, D. L. & Nichols, B. H. (2009). Socioscientific issues: Theory and practice. Journal of Elementary Science Education 21 (2), 49–58.

Lara Halbrock
Anke Meisert
Jürgen Menthe

Stiftung Universität Hildesheim

Lehrer*innenprofessionalität zur Förderung von Informationskompetenz im NaWi-Unterricht

Theoretische Rahmung

Die zunehmende Digitalisierung der öffentlichen Kommunikation erleichtert den Bürger*innen das Verbreiten eigener Nachrichten bzw. Informationen und reduziert hierdurch den Einfluss von Kontrollinstanzen wie den der *„Gatekeeper"* des professionellen Journalismus. Diese Entwicklung führt einerseits zu einer Demokratisierung des digitalen Diskurses, begünstigt aber zugleich die Verbreitung von Fehlinformationen sowie von Halb- und Unwahrheiten (Theunert, 2011). Dies birgt die Gefahr, dass gesicherte Fakten an Bedeutung einbüßen (Götz-Votteler & Hespers, 2019) und der Einfluss gezielter Fehlinformationen (fake news) auf gesellschaftliche Entscheidungsprozesse steigt (Himmelrath & Egbers, 2018; Zywietz, 2018). Daher gehört ein kritischer Umgang mit Informationen im öffentlichen Raum zu den zentralen Aufgaben schulischer Bildung. Vor allem gesellschaftliche Kontroversen mit naturwissenschaftlichen Bezügen (socio-scientific issues wie Klimawandel o.ä.) werden aufgrund ihrer Komplexität und dem Fehlen leicht nachvollziehbarer Evidenzen umfassend durch Desinformationen beeinflusst. Ein kritischer Umgang mit Informationsquellen als Teil der so genannten Informationskompetenz bildet damit auch ein zentrales Bildungsanliegen der naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächer, insbesondere in Verbindung mit Bewertungskompetenz (Menthe & Hüfner, 2019). Unter Informationskompetenz versteht man die „Gesamtheit integrierter Fähigkeiten, die die reflektierte Entdeckung von Informationen, das Verständnis dafür, wie Informationen produziert und bewertet werden, und die Nutzung von Informationen zur Schaffung neuen Wissens und zur ethischen Teilnahme an Lerngemeinschaften umfasst" (zitiert nach ACRL, 2016, S. 8). Die Förderung von Informationskompetenz im naturwissenschaftlichen Unterricht stellt zugleich eine neue Aufgabe für die Lehrkräftebildung dar, verbunden mit der Frage, welche fachlichen und fachdidaktischen Wissensressourcen und Lernaktivitäten relevant sind, um Lehrkräfte zu professionellem Handeln in pre-, inter- und post-active-Phasen unterrichtlicher Förderung von Informationskompetenz zu befähigen. Aufgrund der Komplexität dieser Professionalisierungsfacette ist ein unterstützungsintensives hochschuldidaktisches Setting zur Förderung dieser Kompetenzen erforderlich. Im Rahmen der hier vorgestellten Studie wird daher ein Seminarkonzept in Anlehnung an den cognitive

apprenticeship-Ansatz (Collins et al., 1989) im Rahmen einer Interventionsstudie im Experimental-Kontroll-Design analysiert. Das Konzept umfasst neben der Instruktion und Anwendung entsprechender PCK-Wissensressourcen eine erprobte und auf Video dokumentierte Modellsequenz, die Einblicke in die unterrichtliche Realisierung inkl. ausgewählter Schüler*innenprodukte (modelling) ermöglicht. Die nachfolgende Anwendung des beispielbasierten Wissens (scaffolding) durch Adaption der Modellsequenz auf neue thematische Kontexte erfolgt dann unterstützt durch Peer- und Experten*innenberatung.

Forschungsdesign

Die mit Lehrkräften gemeinsam entwickelte Modellsequenz im thematischen Kontext „Immunbiologie“ zielt im ersten Teilschritt auf die Initiierung eines Bewertungsprozesses zur „Impfpflicht“, in dem internetbasierte Quellen genutzt werden, um Argumente mit normativen und faktischen Bezügen entwickeln, überprüfen und gewichten zu können (Böttcher et al., 2016). Auf der Basis des hierdurch initiierten Informationeninteresses wird der Aspekt der Quellenqualität problematisiert, um die Lernenden zunächst eine vorwissensbasierte Einordnung der Quellen bzgl. ihrer Seriosität vornehmen und anschließend die Anwendung eines instruierten Kriterienkatalogs vornehmen zu lassen. Die Modellsequenz wird den Studierenden mittels detaillierter Verlaufspläne und konkreter Materialien wie der Zielmat (Meisert, 2018) oder dem Kompass zur prozessbegleitenden Visualisierung (siehe Abb. 1) zur Verfügung gestellt. Um die Wirksamkeit des Seminarkonzepts in Anlehnung an den cognitive apprenticeship-Ansatz (Collins et al., 1989) zu analysieren, wird die Intervention in der Praxisphase (7. & 8. Semester) der Naturwissenschaften (Biologie und Chemie) vergleichend im Exp.-/Kontrolldesign eingesetzt. Hierzu wird das der Modellsequenz zugrundeliegende Lehr-/Lernkonzept sowie darin realisierte didaktische Prinzipien mit allen Studierenden herausgearbeitet. Die Experimentalgruppe kann zudem durch die eigene Auseinandersetzung (Doppeldeckerprinzip) mit den Materialien der Modellsequenz sowie anhand von Transkriptionssauschnitten und Schüler*innenprodukten die Rekonstruktion der Modellsequenz vertiefen, während die Kontrollgruppe keinen Zugang zur unterrichtlichen Realisierung erhält. Im Anschluss hieran entwickeln alle Studierenden ein eigenes Unterrichtskonzept zur Förderung von Informationskompetenz; dies wird durch Peer- und

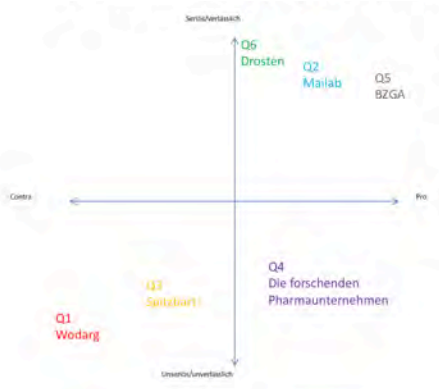


Abbildung 1, Kompass zur prozessbegleitenden Visualisierung

Experten*innenberatungen unterstützt. Das individuell geplante Konzept wird im Rahmen der Praxisphase durchgeführt und videographiert. Der gesamte Prozess wird begleitend durch Leitfragen im Rahmen eines Portfolios reflektiert.

Um die Wirkung des curricularen Bausteins auf die Kompetenzentwicklung der Studierenden bzgl. verschiedener Facetten zu erheben, werden gemäß Mixed-Methods-Ansatz (Döring, Bortz & Pöschl, 2016) quantitative Daten (demographische Angaben, Selbstkonzept, Interessen, (Lehrer-) Selbstwirksamkeit, häusliche Medienausstattung und Nutzung, offene/geschlossene Fachwissensfragen, kognitive Belastung während der Lernphase sowie akademische Emotionen) im Prätest-Posttest-Design ($N_{Masterstudierende}$=26) und prozessbegleitend qualitative Daten in Form von Kurzentwürfen, Beratungstranskripten, Planungsprodukten, Prozessportfolios sowie Videographien erhoben.

Ausblick

Nach einer ersten Durchführung und Erhebung des Seminarkonzepts im SoSe 2021 wird aktuell das vorhandene Datenmaterial (Baustein, Unterrichtssequenz) ausgewertet und im Sinne eines Design-Entwicklungsansatzes zur Optimierung des Designs sowie der Messinstrumente genutzt, sodass im SoSe 2022 weitere Datenerhebungen stattfinden können, um den bisher bestehenden Datensatz zu ergänzen und zu erweitern.

Literatur

ACRL (2016). Framework for Information Literacy for Higher Education | Association of College & Research Libraries (ACRL). http://www.ala.org/acrl/standards/ilframe-work

Böttcher, F., Hackmann, A., & Meisert, A. (2016). „Argumente entwickeln, prüfen und gewichten“. Bewertungskompetenz im Biologieunterricht kontextübergreifend fördern - Konzeptentwicklung ("developing, justifying and weighting arguments". Promot- ing decision-making competence in biology classes in all contexts - concept development). MNU Journal, 69(3), 150–157.

Collins, A., Brown, J. S., & Newman, S. E. (1989). Cognitive apprenticeship: Teaching the crafts of reading, writing and mathematics. In R. Glaser & L. B. Resnick (Hrsg.), Knowing, learning, and instruction: essays in honor of Robert Glaser (S. 453–494). Hillsdale: Routledge.

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

Götz-Votteler, Katrin; Hespers, Simone (2019): Alternative Wirklichkeiten? – Wie Fake News und Verschwörungstheorien funktionieren und warum sie Aktualität haben. Transcript Verlag, Bielefeld.

Himmelrath, Armin; Egbers, Julia (2018): Fake News – Ein Handbuch für Schule und Unterricht. Hep Verlag, Bern.

Meisert, A. (2018). Mit der Zielmat bewerten (Use a target-mat to evaluate). In U. Spörhase & W. Ruppert (Eds.), Biologie Methodik (pp. 236–240). Berlin: Cornelsen.

Menthe, Jürgen; Hüfner, Sybille (2019): Information Literacy – Pseudowissenschaft und digitale (Des-)Information bei den Themen „Klimawandel“, „Clean Coal“ und „Stickoxidgrenzwerte“. In: Sieve, Bernhard; Venke, Sabine; Wlotzka, Petra; Parchmann, Ilka; Sommer, Katrin; Rehm, Markus (Hrsg.) (2019): Unterricht Chemie. 174/2019. Friedrich Verlag, Hannover. S.20-25.

Theunert, Helga (Hrsg.) (2011): Alles auf dem Schirm? Jugendliche in vernetzten Informationswelten. München: Kopaed (Interdisziplinäre Diskurse, 6).

Zywietz, Bernd (2018): F wie Fake News – Phatische Falschmeldungen zwischen Propaganda und Parodie. In: Klaus Sachs-Hombach, Bernd Zywietz (Hrsg.) (2018): Fake News, Hashtags & Social Bots – Neue Methoden populistischer Propaganda. Springer Fachmedien Wiesbaden. S. 97-131.

Marco Reith[1]
Andreas Nehring[1]

[1]Leibniz Universität Hannover

Einfluss der Transferdistanz auf die Entwicklung experimenteller Kompetenzen

Einleitung

Die Förderung von experimentellen Kompetenzen ist ein wichtiges Ziel naturwissenschaftlicher Bildung (z. B. KMK, 2005; KMK, 2008; KMK, 2020). Sie befähigen zur Erkenntnisgewinnung durch Experimentieren, d. h. zum Formulieren von Fragestellungen und Hypothesen, zum Planen, Durchführen und Auswerten von Experimenten sowie zum Reflektieren des gesamten Vorgehens (Emden & Sumfleth, 2016). Dabei stellt das Experimentieren eine zentrale naturwissenschaftliche Arbeitsweise dar (Reith & Nehring, 2020). Für einen differentiellen Zugang zu experimentellen Kompetenzen werden sie im vorliegenden Projekt in der Kompetenztrias aus den Facetten der Dispositionen, Prozesse und Produkte modelliert (Reith & Nehring, 2021):

Abb. 1: Modell der Kompetenztrias

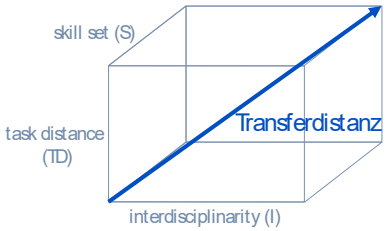
Sequenzierung von Lerngelegenheiten als Gegenstand von Kompetenzforschung

Die Entwicklung von Kompetenzen kann insbesondere durch die handelnde Auseinandersetzung mit domänenspezifischen Problemstellungen ermöglicht werden. Kompetenzen können in verschiedenen Lerngelegenheiten erworben und gefördert und im Anschluss zur Lösung von weiteren Problemstellungen innerhalb der spezifischen Domäne genutzt werden (Koeppen, Hartig, Klieme & Leutner, 2008). Die Konzeptualisierung als Kompetenzen schließt also mit ein, dass experimentelle Kompetenzen in einer Vielfalt von Lerngelegenheiten innerhalb der Domäne der Erkenntnisgewinnung durch Experimentieren erworben, gefördert und angewandt werden können (Vorholzer, Hägele und von Aufschnaiter, 2020).

Je nach Gestaltung einer Sequenz von kompetenzorientierten Lerngelegenheiten können unterschiedliche Arten von Progressionen im Fokus stehen: Es können Lernsequenzen eingesetzt werden, in denen die Lernenden mit einer Vielfalt unterschiedlicher Problemstellungen innerhalb der spezifischen Domäne konfrontiert werden, um die Übertragbarkeit der erlangten Kompetenzen auf ein möglichst breites Spektrum von Problemstellungen zu fördern. Andererseits können aber auch Lernsequenzen eingesetzt werden, in denen die Lernenden mit Problemstellungen von großer Ähnlichkeit konfrontiert werden. Solche Lernsequenzen könnten aufgrund der Ähnlichkeit zwischen den einzelnen Lerngelegenheiten eine Art „Plateauphase" darstellen und besser dazu geeignet sein, die erworbenen Kompetenzen zu stabilisieren sowie die Qualität der Problemlösungen in den adressierten Problemstellungen zu verbessern (Gut-Glanzmann, 2012; Vorholzer, Hägele & von Aufschnaiter, 2020).

Transferdistanz als Merkmal kompetenzorientierter Lerngelegenheiten

Da Wissen und Fähigkeiten – also Kompetenzkomponenten – im Zuge der handelnden Auseinandersetzung innerhalb solcher Lernsequenzen von einer (Quell-)Lerngelegenheit, in der dieses Wissen und diese Fähigkeiten erworben werden, in eine (Ziel-)Lerngelegenheit übertragen werden müssen, erfordern diese Lernsequenzen einen Transfer (Dori & Sasson, 2013; Kehne, 2019). Daher können die Unterschiede zwischen den oben beschriebenen Arten von Lernsequenzen in Anlehnung an die Transferforschung mithilfe der Transferdistanz beschrieben werden. Die Transferdistanz wird nach Dori und Sasson (2013) durch die Attribute *interdisciplinarity*, *task distance* und *skill set* bestimmt:



Dabei bezieht sich das *interdisciplinarity*-Attribut darauf, ob der Transfer in einander nah verwandter Inhaltsfelder (I ist gering) oder über verschiedene Disziplinen hinweg erfolgt (I ist hoch). Die *task distance* beschreibt, wie ähnlich sich die Lernsituationen sind, zwischen denen der Transfer erfolgt, und das Attribut des *skill set* variiert mit der Anzahl der anzuwendenden Fähigkeiten (Dori & Sasson, 2013).

Für die Kompetenzforschung stellt sich nun die Frage, inwiefern Lernsequenzen, die einen eher nahen Transfer erfordern, besser als Lernsequenzen mit eher fernem Transfer dazu geeignet sind, die Entwicklung experimenteller Kompetenzen zu unterstützen. In Anlehnung an die Konzeptualisierung der Transferdistanz nach Dori und Sasson (2013) lässt sich dieses Desiderat weiter aufschlüsseln: Inwiefern ist es für die Entwicklung experimenteller Kompetenzen förderlicher,...

1) ...zur Sequenzierung von Lerngelegenheiten einander nahestehende Inhaltsfelder zu nutzen (Bezug zum *interdisciplinarity*-Attribut)?
2) ...wenn den Lernenden die Gelegenheit gegeben wird, das Gelernte zu festigen, indem sie über einen gewissen Zeitraum hinweg mit ähnlichen Problemstellungen konfrontiert werden (Bezug zum *task distance*-Attribut)?
3) ...wenn statt der Gesamtheit der Wissens- und Fähigkeitskomponenten experimenteller Kompetenzen zunächst die Nutzung einzelner, getrennter Komponenten gefordert wird? (Bezug zum *skill set*-Attribut)?

Aus den Erkenntnissen zu diesen Fragen lassen sich Implikationen für die optimierte Gestaltung von Lernsequenzen zur Förderung experimenteller Kompetenzen und damit für die Unterrichts- und Lehrpraxis ableiten.

Forschungsfrage

Das vorliegende Forschungsvorhaben untersucht, neben anderen Foki, inwiefern sich die Variation des *interdisciplinarity*-Attributs der Transferdistanz auf die Kompetenzentwicklung auswirkt:

FF1: Inwiefern beeinflusst das *interdisciplinarity*-Attribut des Transfers zwischen Lerngelegenheiten innerhalb einer Lernsequenz die Entwicklung experimenteller Kompetenzen?

Studiendesign

Um diese Forschungsfrage zu beantworten, wird auf ein experimentelles Design zurückgegriffen, in dem das *interdisciplinarity*-Attribut des Transfers zwischen den Lerngelegenheiten zweier Lernsequenzen variiert und die Entwicklung der experimentellen Kompetenzen von Studierenden gemessen wird. Dazu werden die Studierenden randomisiert auf zwei Interventionsgruppen aufgeteilt. Beide Interventionen beinhalten die gleichen Lerngelegenheiten, die auf Basis des aktuellen Forschungsstands mit kompetenzförderlichen Elementen angereichert wurden (*cognitive conflict*, *demonstration* (Schwichow et al., 2016), explizite Instruktion (Vorholzer, 2016), *prompts* (Thillmann, 2008)). Diese Lerngelegenheiten unterscheiden sich lediglich in den thematisierten Inhaltsfeldern: Während alle Aufgaben der „Interventionsgruppe nah" im Inhaltsfeld der Kinetik zu verorten sind, wechseln die Inhaltsfelder für die „Interventionsgruppe fern" zwischen den Aufgaben. Durch diesen Ansatz soll erreicht werden, dass nichts als das *interdisciplinarity*-Attribut des Transfers zwischen den Lerngelegenheiten variiert wird.

Zunächst bearbeiten die Studierenden zwei Video-Aufgaben zur Einführung in naturwissenschaftliche Untersuchungen. Bei der „Interventionsgruppe nah" wird dazu eine Beispieluntersuchung zum Einfluss von Katalysatoren auf die Reaktionsgeschwindigkeit (Kinetik) verwendet, während bei der „Interventionsgruppe fern" der Einfluss des pH-Werts auf das Redoxpotential (Elektrochemie) thematisiert wird. Im Anschluss können die Studierenden das Gelernte in einer eigenen naturwissenschaftlichen Untersuchung anwenden. Dabei untersucht die „Interventionsgruppe nah" den Einfluss der Katalysatoroberfläche auf die Reaktionsgeschwindigkeit (Kinetik), während sich die „Interventionsgruppe fern" mit dem Einfluss der Temperatur auf die Löslichkeit eines Salzes beschäftigt (Thermodynamik).

Die Lernsequenzen sind in ein Datenerhebungssetting integriert, das die Messung der Entwicklung der experimentellen Kompetenzen ermöglicht. Dazu werden zum Pre- und zum Post-Zeitpunkt die Ausprägungen der Facetten der Kompetenztrias gemessen. Abbildung 3 fasst das Studiendesign zusammen:

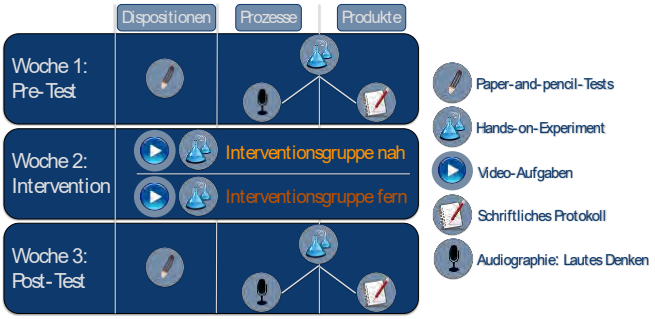


Abb. 3: Studiendesign

Ausblick

Um die Forschungsfrage beantworten zu können, werden derzeit Datenerhebungen durchgeführt, die voraussichtlich im Frühjahr 2022 abgeschlossen sind.

Literatur

Arnold, J. (2015). *Die Wirksamkeit von Lernunterstützungen beim Forschenden Lernen: Eine Interventionsstudie zur Förderung des Wissenschaftlichen Denkens in der gymnasialen Oberstufe*. *BIOLOGIE lernen und lehren: Vol. 10*. Logos Verlag.

Dori, Y. J., & Sasson, I. (2013). A three-attribute transfer skills framework – part I: establishing the model and its relation to chemical education. *Chem. Educ. Res. Pract.*, *14*(4), 363–375. https://doi.org/10.1039/C3RP20093K

Elert, T. (2019). *Course Success in the Undergraduate General Chemistry Lab*. *Studien zum Physik- und Chemielernen: Vol. 284*. Logos Verlag.

Emden, M. & Sumfleth, E. (2016). Assessing Students' Experimentation Processes in Guided Inquiry. *International Journal of Science and Mathematics Education*, *14*, 29–54.

Gut-Glanzmann, C. (2012). *Modellierung und Messung experimenteller Kompetenz: Analyse eines large-scale Experimentiertests*. *Studien zum Physik- und Chemielernen: Bd. 134*. Logos Verlag.

Kehne, F. (2019). *Analyse des Transfers von kontextualisiert erworbenem Wissen im Fach Chemie*. *Studien zum Physik- und Chemielernen: Bd. 271*. Logos Verlag.

KMK/Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland. (2005). *Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss*. Luchterhand.

KMK/Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland. (2008). *Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.10.2008 i.d.F. vom 8.12.2008*.

KMK/Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland. (2020). *Bildungsstandards im Fach Chemie für die Allgemeine Hochschulreife*.

Koeppen, K., Hartig, J., Klieme, E. & Leutner, D. (2008). Current Issues in Competence Modeling and Assessment. *Zeitschrift für Psychologie / Journal of Psychology*, *216*(2), 61–73. https://doi.org/10.1027/0044-3409.216.2.61

Reith, M., & Nehring, A. (2021). Experimentelle Kompetenz zwischen Disposition, Prozess und Produkt. In S. Habig (Ed.), *Naturwissenschaftlicher Unterricht und Lehrerbildung im Umbruch?*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, online Jahrestagung 2020.

Schwichow, M., Croker, S., Zimmerman, C., Höffler, T., & Härtig, H. (2016). Teaching the control-of-variables strategy: A meta-analysis. *Developmental Review, 39*, 37–63. https://doi.org/10.1016/j.dr.2015.12.001

Thillmann, Hubertina (2008): Selbstreguliertes Lernen durch Experimentieren: Von der Erfassung zur Förderung. Online unter: https://duepublico2.uni-due.de/receive/duepublico_mods_00017311.

Vorholzer, A. (2016). *Wie lassen sich Kompetenzen des experimentellen Denkens und Arbeitens fördern? Eine empirische Untersuchung der Wirkung eines expliziten und eines impliziten Instruktionsansatzes. Studien zum Physik- und Chemielernen: Vol. 197*. Berlin: Logos Verlag.

Vorholzer, A., Hägele, J. J., & Aufschnaiter, C. von (2020). Instruktionen kohärent anlegen und Kompetenzaufbau untersuchen: Zugänge und Herausforderungen am Beispiel experimentbezogener Kompetenz. *Unterrichtswissenschaft*, *48*, 61-89. https://doi.org/10.1007/s42010-019-00064-5

Paul Schlummer[1]
Stefan Heusler[1]
Daniel Laumann[1]

[1]Universität Münster

Kontiguität im Kontext handlungsorientierter Lernumgebungen Ergebnisse einer Vergleichsstudie

Hintergrund

Ein wesentlicher Bestandteil der Naturwissenschaften ist es, komplexe Abläufe der Natur in Form von Modellen zu repräsentieren, um anhand dieser Phänomene beschreiben und vorhersagen zu können. Lernprozesse in den naturwissenschaftlichen Fächern sind daher ebenfalls in besonderem Maße an den Umgang mit verschiedenen Repräsentationen geknüpft, die verschiedene Funktionen erfüllen können (Daniel et al., 2018). Es liegt daher nahe, dass für eine theoriebasierte effektive Gestaltung von Lehr/Lernprozessen in den naturwissenschaftlichen Fächern auch Theorien des Lernens mit multiplen Repräsentationen eine Rolle spielen.

Eine bekannte Konzeption, die die kognitiven Prozesse beim Lernen mit multiplen Repräsentationen in den Blick nimmt, ist die *Cognitive Theory of Multimedia Learning* (CTML, Mayer, 2002). Diese Theorie leitet auf Grundlage der *Dual Coding Theory* (Paivio, 1971) und der Theorie des *Cognitive Load* (Sweller, 1998) grundlegende Designprinzipien ab, die dazu dienen sollen, die kognitive Verarbeitung der Inhalte zu optimieren und unnötige kognitive Belastungen zu vermeiden. Eines dieser grundlegenden Prinzipien ist das sogenannte Kontiguitätsprinzip, in dem die Empfehlung aufgestellt wird, zusammengehörige Repräsentationen in zeitlicher und räumlicher Nähe zueinander anzuordnen, damit weniger mentale Ressourcen zum Inbezugsetzen der Inhalte aufgewendet werden müssen (Mayer & Fiorella, 2014).

Insbesondere das räumliche Kontiguitätsprinzip ist in diversen Studien untersucht und in Metaanalysen zusammengefasst worden, die einen mittleren bis starken Effekt auf Lernerfolg und kognitive Belastung nahelegen (z. B. Ginns, 2006; Schroeder & Cenkci, 2018). Die in besagten Studien betrachteten Repräsentationsformen umfassen zumeist gesprochenen oder geschriebenen Text (verbale Repräsentationen) und bildhafte Darstellungen verschiedener Abstraktionsgrade – es werden also primär die visuellen und auditiven Sinnesmodalitäten betrachtet. Der Vergleich mit den im naturwissenschaftlichen Unterricht zur Verfügung stehenden Repräsentationen zeigt jedoch, dass diese Fokussierung einen bedeutenden Teil der Repräsentationsformen außer Acht lässt, die in den Naturwissenschaften ganz selbstverständlich genutzt werden. Ein wichtiges Beispiel ist die Repräsentationsform „Experiment“, die nicht nur weitere Sinnesmodalitäten wie den Tastsinn und die Propriozeption anspricht, sondern auch eine inhärent interaktive Komponente besitzt und darüber hinaus eine wichtige Funktion in der Strukturierung von weiteren Repräsentationsformen übernimmt (etwa die Darstellung von Messdaten). Es erscheint daher sinnvoll, die Anwendbarkeit der bestehenden Gestaltungsprinzipien auch im Kontext von handlungsorientierten Lernumgebungen mit Einbezug von Experimenten zu prüfen.

Entwicklungsziel und Forschungsfragen

Zur Untersuchung eines erweiterten räumlichen Kontiguitätsprinzips wurde eine multimediale Lernumgebung zum Themenbereich *Polarisation von Licht* konzipiert und unter Nutzung von Augmented-Reality (AR-)Technik (Microsoft HoloLens 2) umgesetzt. Die AR-Technik ermöglicht die interaktive Verknüpfung zwischen experimentellen Handlungen und zusätzlichen Visualisierungen, sowie die Variation der räumlichen Kontiguität zwischen dem Experiment und den anderen Repräsentationsformen (Abb. 1).

Abbildung 1: Blick durch die AR-Brille in den Versuchsbedingungen bei hoher Kontiguität (links) und geringer Kontiguität (rechts).

Das etablierte räumliche Kontiguitätsprinzip wird in der CTML mit der einhergehenden Reduktion unnötiger kognitiver Belastung durch Suchprozesse begründet. Auf Grundlage dieser Argumentation lassen sich folgende Forschungsfragen formulieren:

- Inwiefern beeinflusst der Grad an räumlicher Kontiguität zwischen dem Experiment und den zusätzlichen Repräsentationen die während experimenteller Aufgaben erfahrene kognitive Belastung?
- Inwiefern beeinflusst der Grad an räumlicher Kontiguität zwischen dem Experiment und den zusätzlichen Repräsentationen den Lernerfolg beim Bearbeiten experimenteller Aufgaben?

Außerdem sind aus der Forschung zur kognitiven Belastung und zur CTML diverse Effekte im Zusammenhang mit dem Grad an Expertise der Lernenden bekannt (z. B. der *Expertise Reversal Effekt*, Kalyuga et al., 2003). Daher lautet eine ergänzende Forschungsfrage:

- Inwiefern hängt die wahrgenommene kognitive Belastung neben dem Grad an räumlicher Kontiguität auch mit weiteren Faktoren wie z. B. Fähigkeitsniveau zusammen?

Forschungsdesign & Stichprobe

Die Erhebung wurde als Vergleichsstudie im Pre/Post-Design angelegt und im Rahmen des Anfängerpraktikums Physik an der WWU Münster durchgeführt. Insgesamt nahmen N = 88 Studierende an der Erhebung teil, die meisten davon (78) befanden sich im vierten Fachsemester. Die Stichprobe umfasst Studierende im Ein-Fach-Bachelor Physik, im Ein-Fach-Bachelor Geophysik, sowie im Zwei-Fach Bachelor Physik (Lehramt).

Die Teilnehmenden wurden zufällig einer Versuchsbedingung zugeteilt. Der Vortest umfasste einen Online-Fragebogen mit Items zum deklarativen Wissen bezogen auf Polarisation, sowie zu weiteren Konstrukten, die als potentielle Kovariaten in Bezug auf den Lernerfolg angesehen wurden (z. B. räumliches Vorstellungsvermögen, Selbstwirksamkeit und Technikaffinität). Außerdem wurden die Noten der Studierenden in den letzten drei

theoretischen Klausuren und Praktikumsprotokollen als Schätzer für die theoretischen und experimentellen Fähigkeiten der Teilnehmenden erhoben

Nach einer technischen Einführung und Absolvierung eines kurzen Trainingsprogramms zum Einüben der Bedienung der AR führten die Studierenden selbstständig die AR-Experimente durch und nahmen Messdaten auf. Jeder der vier Aufgabenteile beinhaltete dabei einen höheren Komplexitätsgrad als der vorherige. Nach Beendigung jedes Versuchsteils wurde die wahrgenommene kognitive Belastung mittels Selbsteinschätzung erhoben (Klepsch, Schmitz & Seufert, 2017). Nach Beendigung aller Aufgaben schloss sich der Posttest mit Items zur Reproduktion von deklarativem Wissen und zum Wissenstransfer an.

Erste Ergebnisse

Zunächst wurden die beiden Versuchsgruppen auf Unterschiede in Hinblick auf die im Vortest erhobenen Konstrukte untersucht. Zwei-Stichproben t-tests ergaben keine signifikanten Unterschiede zwischen den Versuchsbedingungen, sodass von einer hinreichend randomisierten Gruppenverteilung ausgegangen werden kann.

Erste Gruppenvergleiche zwischen den Versuchsbedingungen nach der Intervention ergaben einen signifikanten Unterschied bei der Reproduktion von deklarativem Wissen. Die Gruppe mit hoher Kontiguität schneidet hier besser ab ($p = .017$, Cohen's $d = 0.42$). Bei den Aufgaben zum Wissenstransfer lässt sich kein signifikanter Unterschied feststellen ($p = .09$).

Der Blick auf die wahrgenommene kognitive Belastung zeigt einen leichten Anstieg der intrinsischen und extrinsischen Belastung für beide Gruppen über die vier Versuchsteile hinweg, wobei die lernwirksame Belastung annähernd gleichbleibt. Dies deutet darauf hin, dass die Komplexität der Aufgaben wie intendiert mit jedem Aufgabenteil zunimmt. Ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppenbedingungen ist nur für den letzten Versuchsteil festzustellen: Bei der Gruppe mit geringer Kontiguität liegt die wahrgenommene Belastung hier höher ($p = .022$, Cohen's $d = 0.43$). Für den komplexesten Versuchsteil deckt sich dieser Befund mit den Erwartungen auf Grundlage bisheriger Studien, während in den ersten drei Versuchsteilen eine insgesamt eher geringe Gesamtbelastung festzustellen ist. Der kombinierte Vergleich der kognitiven Belastung nach Fähigkeitsniveau und Gruppenzugehörigkeit zeigt, dass sich insbesondere in der Gruppe der experimentell eher schwachen Studierenden je nach Versuchsbedingung Unterschiede in der wahrgenommenen extrinsischen Belastung ergeben ($p = .005$, Cohen's $d = 0.93$).

Fazit & Ausblick

Ergebnisse aus bisherigen Studien zur räumlichen Kontiguität lassen sich mit Blick auf den vierten Versuchsteil anhand der ersten Analysen auch unter Einbezug weiterer Repräsentationsformen reproduzieren. Für die drei weiteren Versuchsteile sind jedoch nur geringe Differenzen in der wahrgenommenen kognitiven Belastung erkennbar. Dies deutet möglicherweise auf eine zu geringe Komplexität der Experimente hin, sodass die zusätzliche kognitive Belastung kein Problem für die Lernenden darstellte (Altemeyer et al., 2020). Deshalb sollten in Zukunft weitere Studien mit anspruchsvolleren Inhalten durchgeführt werden. Eine sich anschließende differenziertere Analyse der erhobenen Daten soll zudem spezifischere Aussagen zu bestimmten Untergruppen von Probanden ermöglichen und so Anknüpfungspunkte für Folgestudien offenlegen.

Literatur

Altemeyer, 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.

Daniel, K. L., Bucklin, C. J., Austin Leone, E. & Idema, J. (2018). Towards a definition of representational competence. In K. Daniel (Hg.), Towards a Framework for Representational Competence in Science Education. Models and Modelling in Science Education Bd. 11, Cham: Springer, 3-11.

Ginns, P. (2006). Integrating information: A meta-analysis of the spatial contiguity and temporal contiguity effects. Learning and Instruction 16(6), 511-525.

Kalyuga, S., Ayres, P., Chandler, P. & Sweller, J. (2003). The expertise reversal effect. Educational Psychologist 38(1), 23-31.

Klepsch, M., Schmitz, F. & Deufert, T. (2017). Development and validation of two instruments measuring intrinsic, extraneous and germane cognitive load. Frontiers in Psychology 8, 1997.

Mayer, R. E. (2002). Multimedia learning. In B. H. Ross (Hg.), Psychology of Learning and Motivation: Advances in Research and Theory, Bd. 41, Amsterdam: Elsevier, 284-293.

Mayer, R. E. & Fiorella, L. (2014). Principles for reducing extraneous processing in multimedia learning: Coherence, signaling, redundancy, spatial contiguity and temporal contiguity principles. In R. E. Mayer (Hg.), The Cambridge Handbook of Multimedia Learning, Cambridge: Cambridge University Press, 279-315.

Paivio, R. (1971). Imagery and Verbal Processes. New York: Holt, Taylor & Winston.

Sweller, J. (1998). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. Cognitive Science 12(2), 257-285.

Schroeder, N. L. & Cenkci, A. T. (2018). Spatial contiguity and spatial split-attention effects in multimedia learning environments: A meta-analysis. Educational Psychology Review 30(3), 79-701.

Lisa Knie[1]
Sarah Sommer[2]
Stefan Schwarzer[1]

[1]Universität Tübingen
[2]Siemens Stiftung

Konzeption und Evaluation einer Blended-Learning-Fortbildung zu Experimento | 10+

Laut Kerres (2013) zeigt sich, dass durch die Verbindung von klassischen und mediengestützten Lernformen einige Vorteile erzielt werden können. Eine Möglichkeit für eine solche Kombination stellen Blended-Learning-Formate dar. Blended Learning bedeutet in diesem Zusammenhang, dass sich Präsenzphasen mit virtuellen Online-Phasen abwechseln (Mandl & Kopp, 2006). In eben dieser Weise sind seit kurzem die Lehrkräftefortbildungen zu *Experimento* – dem internationalen Bildungsprogramm der Siemens Stiftung – gestaltet.

Hintergrund

In *Experimento* wird sich dafür eingesetzt, eine hochwertige naturwissenschaftliche Bildung zu ermöglichen (Siemens Stiftung, 2019). Dazu bieten erfahrene Multiplikator*innen deutschlandweit an verschiedenen Standorten zweitägige Lehrkräftefortbildungen an (Siemens Stiftung, 2021b). Zielgruppe dieser Veranstaltungen sind pädagogische Fachkräfte und Lehrkräfte naturwissenschaftlicher Fächer entlang der Bildungskette. Um alle Altersstufen adäquat ansprechen zu können, existieren verschiedene Teilprogramme. Experimento | 10+ richtet sich dabei an die Lehrkräfte, die an weiterführenden Schulen Kinder und Jugendliche im Alter von 10 bis 18 Jahren unterrichten. Hauptinhalt des Programms sind lebensnahe Experimente zu den Themenbereichen Energie, Umwelt und Gesundheit. Die Versuche sind als einfache Schülerexperimente konzipiert und können dazu genutzt werden, das Forschende Lernen im Unterricht zu fördern (Siemens Stiftung, 2021a).

Zielsetzung des Projekts

Die Lehrkräftefortbildungen zu Experimento | 10+ werden in Deutschland bereits seit 2012 angeboten (Siemens Stiftung, 2021a). In einer kürzlich erfolgten fachdidaktischen Überarbeitung ist das Programm in ein Blended-Learning-Format überführt und inhaltlich aktualisiert worden. Dazu wurde für die neu entworfenen digitalen Phasen der Fortbildungsreihe eine Online-Anwendung mit drei fakultativen Online-Modulen zu den Themen *Wertebildung*, *Inklusion und sprachsensibler Fachunterricht* sowie *Computational Thinking* konzipiert. Die Module zeigen unter anderem Ausschnitte aus videographierten Unterrichtsstunden als Anwendungsbeispiele zur Veranschaulichung und Konkretisierung der Inhalte (Knie & Schwarzer, 2021).

Für die Fortbildung sind die Module insofern fakultativ, als dass in einer Mehrheitsentscheidung bestimmt wird, welche zwei der drei Themen während der Präsenzfortbildung vertieft werden sollen. Auch das digitale Medienportal der Siemens Stiftung (https://medienportal.siemens-stiftung.org) spielt in der Fortbildung eine wichtige Rolle. Auf dem Medienportal finden sich neben den Online-Modulen zahlreiche Unterrichtsmedien für den MINT-Unterricht, zum Beispiel Experimentieranleitungen, Arbeitsblätter, Grafiken oder interaktive Übungen. Durch das Anwenden, Modifizieren und Einsetzen von digitalen Unterrichtsmaterialien aus dem Medienportal sollen auch die digitalen Kompetenzen der Lehrkräfte adressiert werden.

Während der Präsenzveranstaltungen der Fortbildung liegt ein wichtiger Schwerpunkt auf der Erprobung der in Experimento | 10+ angebotenen Experimente (siehe Abb. 1).

Abb. 1: Zwei Lehrkräfte führen während einer Fortbildung im November 2020 ein Experiment mit Solarzellen durch

Die Verzahnung zwischen digitalen und analogen Phasen wird dadurch erreicht, dass die Lehrkräfte die Inhalte, die sie sich vorab in den Online-Modulen selbstgesteuert angeeignet haben, während der Durchführung der Versuche auf die Inhalte von *Experimento* praktisch anwenden.

Forschungsfragen

Lipowsky (2004) unterteilt die Wirkmöglichkeiten von Fortbildungen in vier Ebenen: Auf der ersten Ebene geht es vor allem und die empfundene Zufriedenheit mit der Maßnahme. Die zweite Ebene befasst sich mit der Veränderung des Wissens der Lehrkräfte durch den Besuch der Fortbildung. Die dritte Ebene untersucht, ob es auch Veränderungen im beobachtbaren Handeln im Unterricht gibt, während auf der vierten Ebene betrachtet wird, inwiefern sich der Besuch der Veranstaltung durch die Lehrkraft schlussendlich auch auf die Schüler*innen auswirkt. Die vierte und insbesondere die dritte Ebene sind jedoch methodisch nur schwer zugänglich (Schmaltz, 2019). Daher beschränkt sich die Evaluation der neu konzipierten Fortbildung auf die erste und zweite Ebene. Von besonderem Interesse ist somit die Akzeptanz bzw. Zufriedenheit mit der Fortbildung, der wahrgenommene Kompetenzgewinn durch den Besuch der Veranstaltung und die Veränderung im Wissen der Lehrkräfte (Lipowsky, 2004). Daraus ergeben sich u. a. folgende Forschungsfragen:

- Wie beurteilen die fortgebildeten Lehrkräfte die *Experimento*-Fortbildung?
- Inwieweit beeinflussen die unterschiedlichen Online-Module das Handlungswissen zur Umsetzung der präsentierten Inhalte im Unterricht?
- Inwiefern ist die Fortbildung dazu geeignet, die digitale Medienkompetenz der Teilnehmenden zu steigern?

Methode

Zur Beantwortung der Forschungsfragen wird die Intervention in einem Prä-Post-Follow-Up-Design mittels webbasierter Fragebögen quantitativ evaluiert. Die Lehrkräfte geben an den drei Messzeitpunkten jeweils eine Selbsteinschätzung zu verschiedenen Items einer je fünfstufigen Likert-Skala ab. Die erste Befragung erfolgt unmittelbar vor dem Absolvieren des ersten Online-Moduls (T1). Der zweite Fragebogen wird am Ende des zweiten

Präsenztages ausgefüllt (T2). Ungefähr drei Monate nach dem Treatment folgt die dritte Erhebung (T3).
Die verwendeten Skalen sind weitestgehend literaturbasiert. Für die Erfassung der Medienkompetenz wurden beispielsweise ausgewählte Items aus dem Tool zur Selbsteinschätzung (https://ec.europa.eu/eusurvey/runner/DigCompEdu-S-DE) des European Digital Competence Framework for Educators (DigCompEdu) verwendet (Ghomi & Redecker, 2019). Dabei wurden auch Vorschläge für MINT-spezifische Items von Ghomi, Dictus, Pinkwart & Tiemann (2020) berücksichtigt. Zur Erfassung der Einstellungen zu digitalen Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht und im Unterricht allgemein wurden Skalen von Krause und Eilks (2015) adaptiert. Zusätzlich wurden einige Items selbst entwickelt, beispielsweise zum Wissen über die Umsetzung der fakultativen Module im Unterricht (*„Ich weiß, wie ich Wertebildung in den naturwissenschaftlichen Unterricht integrieren kann.“*).

Erste Ergebnisse
Bisher haben insgesamt 70 Lehrkräfte aus Bayern, Baden-Württemberg und Niedersachsen an der Fortbildungskonzeption Experimento | 10+ teilgenommen. 56 Pseudonymen kann ein entsprechender Posttest zugeordnet werden. Da es sich um eine laufende Studie handelt, liegen bislang noch nicht alle Follow-Up-Daten vor. Erste Ergebnisse im vorher-nachher-Vergleich zeigen, dass sich die Mittelwerte der Skalen sowohl zu den Einstellungen zu digitalen Medien im Unterricht im Allgemeinen als auch besonders zu digitalen Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht erhöhen. Die Erhebung wird dabei ohne Kontrollgruppe durchgeführt, sodass der beobachtete Effekt nicht zwingend ursächlich mit dem Besuch der Fortbildung zusammenhängen muss. Indessen zeigt sich auch bei der digitalen Kompetenz ein als signifikant zu erachtender Anstieg im Summenscore von prä (11,42 von 24 möglichen Punkten) zu post (12,66 von 24 Punkten).
Da die Lehrkräfte während der Fortbildung nur zwei der drei angebotenen Online-Module absolvieren müssen, können die jeweiligen Gruppen gut miteinander verglichen werden. Über alle Module hinweg lässt sich beobachten, dass das Zutrauen in die Umsetzung der Inhalte nach Absolvieren des jeweiligen Online-Moduls ansteigt. Auch in den Gruppen, die das jeweilige Module nicht absolviert haben, kommt es zu einem leichten Anstieg. Eine mögliche Erklärung hierfür ist, dass zwar nur zwei Themen vertieft behandelt werden, es den Lehrkräften jedoch freigestellt ist, auch das dritte Modul in Eigenarbeit online zu absolvieren. Allerdings sind im Posttest jeweils die Zustimmungswerte der Gruppen, die das Thema in der Fortbildung absolviert haben, höher als in der Vergleichsgruppe, bei der diese Inhalte während der Präsenzveranstaltungen nicht vertieft wurden.

Zusammenfassung und Ausblick
Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die vorläufigen Daten ein positives Signal für die Wirksamkeit der Fortbildungsmaßnahme aussenden. Eine detailliertere Auswertung der vorliegenden Daten muss jedoch noch erfolgen. Zudem handelt es sich um eine laufende Studie, bei der einerseits zusätzliche Follow-Up-Daten erwartet werden und andererseits in naher Zukunft weitere Fortbildungsveranstaltungen geplant sind.

Dank
Wir danken der Siemens Stiftung für die vertrauensvolle Zusammenarbeit und die großzügige Finanzierung des Projekts.

Literatur

Ghomi, M., Dictus, C., Pinkwart, N. & Tiemann, R. (2020). DigCompEduMINT: Digitale Kompetenz von MINT-Lehrkräften. k:ON – Kölner Online Journal für Lehrer*innenbildung, 1, 1/2020, 1–22. https://doi.org/10.18716/ojs/kON/2020.1.1

Ghomi, M. & Redecker, C. (2019). Digital Competence of Educators (DigCompEdu): Development and Evaluation of a Self-assessment Instrument for Teachers' Digital Competence. In *Proceedings of the 11th International Conference on Computer Supported Education* (541–548). SCITEPRESS – Science and Technology Publications.

Kerres, M. (2013). *Mediendidaktik. Konzeption und Entwicklung mediengestützter Lernangebote* (4., überarb. und aktualisierte Aufl.). München: Oldenbourg. https://doi.org/10.1524/9783486736038

Knie, L. & Schwarzer, S. (2021). Konzeption einer Blended-Learning-Lehrkräftefortbildung mit digitalen und analogen Inhalten im Rahmen von Experimento | 10+. *CHEMKON*, *28*. https://doi.org/10.1002/ckon.202100044

Krause, M. & Eilks, I. (2015). Lernen über digitale Medien in der Chemielehrerausbildung. *CHEMKON*, *22*(4), 173–178. https://doi.org/10.1002/ckon.201410259

Lipowsky, F. (2004). Was macht Fortbildungen für Lehrkräfte erfolgreich? Befunde der Forschung und mögliche Konsequenzen für die Praxis. *Die Deutsche Schule*, *96*(4), 462–479.

Mandl, H. & Kopp, B. (2006). Blended Learning: Forschungsfragen und Perspektiven. (Forschungsbericht Nr. 182). *München: Ludwig-Maximilians-Universität, Department Psychologie, Institut für Pädagogische Psychologie*.

Schmaltz, C. (2019). Wirkungsbedingungen von Fortbildungen. In C. Schmaltz (Hrsg.), *Heterogenität als Herausforderung für die Professionalisierung von Lehrkräften* (105–114). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-23020-3_7

Siemens Stiftung (Hrsg.). (2019). *Bildung für verantwortungsvolle Mitgestaltung. Naturwissenschaften und Technik lehren, lernen, leben*.

Siemens Stiftung (Hrsg.). (2021a). *Experimento in Deutschland. Bundesweites Entdecken der Naturwissenschaften*. Zugriff am 01.10.2021. Verfügbar unter: https://www.siemens-stiftung.org/de/projekte/experimento/experimento-in-deutschland/

Siemens Stiftung (Hrsg.). (2021b). *Experimento. Internationales MINT-Bildungsprogramm*. Zugriff am 01.10.2021. Verfügbar unter: https://www.siemens-stiftung.org/projekte/experimento/

Janne Groß[1]
Simone Abels[1]

[1]Leuphana Universität Lüneburg

Adressierung von Mädchen an außerschulischen naturwissenschaftlichen Lernorten nach dem Übergang von der Grundschule in die Sekundarstufe

In den letzten Jahrzehnten erwarben mehr Frauen eine MINT-Qualifikation und schlugen eine MINT-Laufbahn ein. Somit konnten in vielen Ländern wesentliche Fortschritte in Richtung Gleichstellung von Männern und Frauen in MINT erzielt werden (American Association of University Women (AAUW) 2010; Archer et al., 2013). Nichtsdestotrotz herrschen in Deutschland nach wie vor massive Geschlechterunterschiede vor, insbesondere bei der Aufnahme eines Studiums in Informatik, Elektrotechnik und Nautik sowie beim Abschließen einer generell MINT orientierten Ausbildung (Statistik der Bundesagentur für Arbeit, 2019). Überzeugungen über geschlechtsspezifische Interessen und Kompetenzen haben noch immer einen nachhaltig negativen Einfluss auf das naturwissenschaftliche Selbstkonzept von Mädchen (McNally, 2020). Dabei ist empirisch belegt, dass weder die Leistungsfähigkeit noch die Kompetenz von Frauen ihren Ausschluss aus diversen MINT-Berufen rechtfertigen (Haffner & Loge, 2019): Am Ende der Sekundarstufe I erzielen Mädchen in den naturwissenschaftlichen Fächern signifikant bessere Ergebnisse und höhere Kompetenzmittelwerte als Jungen (Schipolowski et al., 2019). Dennoch können sich auch Mädchen mit gleich hohen naturwissenschaftlichen Kompetenzen, einer identischen Lernmotivation sowie einem positiven Fähigkeitsselbstkonzept wie gleichaltrige Jungen nur schwer vorstellen, einen naturwissenschaftlich orientierten Beruf aufzunehmen (Wieselmann et al., 2020). Darüber hinaus nimmt das Interesse der Mädchen an einer Karriere in MINT während der Sekundarstufe – im Vergleich zu den Jungen – ab (Sadler et al., 2012). Das kann u.a. daran liegen, dass sich Jugendliche in der (frühen) Adoleszenz stark an Geschlechterstereotypen orientieren (Kessels & Hannover, 2002, 2006). Denn auch wenn sich im Verlauf der letzten fünfzig Jahre ein schrittweise androgynes Bild über Personen, die in den Naturwissenschaften tätig sind, entwickelt hat (Miller et al., 2018), so sind die Vorstellungen über die Naturwissenschaften bei vielen (jungen) Erwachsenen vermeintlich eng mit einem eher unattraktiv erscheinenden Männerbild verbunden (Höttecke & Hopf, 2018). Dies führt dazu, dass sich Mädchen beim Abgleich ihres Selbstbildes mit VertreterInnen aus den Naturwissenschaften weniger mit entsprechenden Berufsfeldern identifizieren können (Bartosch, 2013). Bereits in der Schule entscheiden sich Mädchen häufiger für sprachliche Fächer, während Jungen eher mathematisch-naturwissenschaftliche Fächer wählen. Diese Fachpräferenzen bleiben über die Berufsausbildung hinaus bestehen und münden in eine Unterscheidung zwischen „Männer-“ und „Frauenberufen“ (Haffner & Loge, 2019) sowie eine Verschärfung des Fachkräftemangels in einzelnen MINT-Bereichen.

Dieser Mangel an MINT-Fachkräften sowie die „Chancengerechtigkeit/Gleichstellung aus dem gesellschaftspolitischen Bestreben heraus, Frauen und Männern … gleiche Zugänge zu Bildung, Ausbildung und Berufen zu ermöglichen“ bilden mitunter die Grundlage vieler Maßnahmen, um Frauen für eine Berufskarriere in MINT zu motivieren und gleichzeitig die Abbruchquote in Ausbildung, Studium und/oder Beruf zu minimieren (Ihsen, 2019, S. 127). Dazu zählt auch die Gründung außerschulischer naturwissenschaftsbezogener Lernorte (wie z.B. Schüler*innenlabore) (Ralle, 2020). Als schulische Ergänzung sollen Kinder und Jugendliche durch (im Idealfall) alternative Zugänge nicht nur dazu angeregt werden, sich aktiv mit naturwissenschaftlichen und technischen Fragestellungen und Methoden

auseinandersetzen, sondern auch authentische sowie lebensweltnahe Einblicke in MINT-Berufe gewinnen. Meist steht das erfahrungsbasierte Lernen im Mittelpunkt dieser Lernorte, mit dem Ziel, Naturwissenschaften bzw. MINT durch möglichst eigenständige, experimentelle Tätigkeiten und Projekte, erlebbar zu machen (Euler et al., 2015).

Ziel der Studie

An einem konkret ausgewählten, außerschulischen Lernort in Niedersachsen gibt es Probleme bei der Adressierung von Mädchen. Davon ausgehend sollen folgende Forschungsfragen durch dieses Projekt beantwortet werden:

- Welche Einflussfaktoren eines ausgewählten, außerschulischen Lernorts sorgen dafür, dass Mädchen von dem MINT-Programm vor Ort (nicht) angesprochen werden?
- Wie kann der positive Einfluss von Faktoren durch ein passgenaues Lösungskonzept gestärkt bzw. dem negativen entgegengewirkt werden?

Forschungsdesign

Ob und inwieweit das MINT-Angebot Mädchen adressiert, wird im Rahmen einer Evaluierung mithilfe von episodischen Interviews, teilnehmenden Beobachtungen und einem Fragebogen untersucht. Diese Evaluationsergebnisse fließen anschließend in die theoriegeleitete Entwicklung eines Konzeptes, das die gegenwärtigen Probleme bei der Adressierung von Mädchen in MINT an einem ausgewählten außerschulischen Lernort lösen soll. Im weiteren Verlauf des Design-Based-Research Ansatzes wird dieses Konzept erprobt, dann ebenfalls evaluiert und mittels daraus abgeleiteter Erkenntnisse „re-designt“ (Reinmann, 2005). Auf diese Weise können die Qualität sowie die Passgenauigkeit des Lösungskonzeptes sichergestellt werden.

Datenerhebung

Zu Beginn des Projektes wurden episodische Interviews (Flick, 2011) mit den hauptamtlichen Mitarbeiter*innen (n=4) des außerschulischen Lernorts geführt, um ihre impliziten Vorstellungen und Einstellungen zu Mädchen in MINT zu eruieren. Im Anschluss werden in ausgewählten Workshops, die einen Querschnitt des MINT-Programms bilden, zunächst unstrukturierte und später strukturierte, teilnehmende Beobachtungen (n=5) durchgeführt (Flick, 2018). Dadurch soll ein Überblick über pädagogische Ansätze, das (sprachliche) Handeln der Personen, die Materialien und die Raumgestaltung erhalten werden (Lamnek & Krell, 2016). Bei dem Programm handelt es sich um Workshops, die einerseits von Schulklassen im Rahmen des Schulunterrichts und andererseits von Kindern und Jugendlichen in ihrer Freizeit besucht werden. Die Festlegung des Beobachtungsfokus erfolgt mit zunehmendem Erkenntnisgewinn. Nach den Workshops wird ein Fragebogen an die teilnehmenden Kinder verteilt, um demografische Daten, wie z. B. ihr Geschlecht, ihr Alter oder wie regelmäßig sie die Workshops besuchen, zu erheben.

Auswertung

Um Erkenntnisse über Faktoren zu erhalten, die dafür sorgen, dass Mädchen vor Ort (nicht) von dem Programm angesprochen werden, sollen die episodischen Interviews mittels dokumentarischer Methode (Nohl, 2017) ausgewertet werden. Für die Auswertung der teilnehmenden Beobachtungen ist die qualitative Inhaltsanalyse vorgesehen (Kuckartz, 2018). Grundsätzlich wird dabei eine deduktive Vorgehensweise angestrebt, indem Maßnahmen für die Adressierung von Mädchen in MINT aus vorangegangenen Studien gesichtet und als Items

für die Beobachtung festgelegt werden. Die mittels der Fragebögen ermittelten demografischen Daten der teilnehmenden Kinder und Jugendlichen werden deskriptiv statistisch ausgewertet.

Einblick in erste Ergebnisse und Ausblick

Eine erste Sichtung des Interviewmaterials lässt darauf schließen, dass alle hauptamtlichen Mitarbeiter*innen laut eigener Aussage keinen (bewussten) Unterschied zwischen Mädchen und Jungen während ihrer Betreuung in den Workshops machen. Geschlechtsspezifische Unterschiede bezüglich der Beteiligung oder der Aktivität in den Workshops wird nicht auf das Geschlecht per se zurückgeführt, sondern vielmehr auf Stereotype, Rollenerwartungen und „wie man aufgewachsen ist". Alle berichten von Maßnahmen, die sie bewusst einsetzen, um Mädchen und Jungen gleichermaßen an den Aktivitäten teilhaben zu lassen. Ob und inwieweit die Mitarbeiter*innen tatsächlich auf diese Weise in ihren Workshops reagieren, könnte mithilfe eines Abgleichs ihrer getätigten Aussagen mit ihren tatsächlich beobachtbaren Handlungen während der Betreuung als Gegenstand der Beobachtungen integriert werden. Implizite Überzeugungen werden tiefergehend dokumentarisch rekonstruiert. Es hat sich auch gezeigt, dass die Auskunft über meine Forschungsschwerpunkte Gender und naturwissenschaftliche Bildung sowie meinerseits geteilte, grobe (und im Vorfeld wohlüberlegte) Informationen über die Interessensentwicklung von Mädchen und Jungen in den Naturwissenschaften beim ersten Kennenlernen eine Wirkung auf die Wortwahl der Befragten gehabt haben müssen. Drei der befragten Personen übernahmen unabhängig voneinander die in der ersten Phase des Projekts von mir verwendete Formulierung „historisch bedingt" sinngemäß, um ihre Einstellungen bezüglich der existierenden Geschlechtersegregation in MINT zu untermauern. Jene Mitarbeiterin, die – im Gegensatz zu ihren Kolleg*innen – nicht beim ersten Kennenlernen dabei war, war die einzige Person, die derartige Formulierungen nicht verwendete und mir darüber hinaus von stereotypen Einstellungen der Geschäftsführung (n=2) über Mädchen in MINT und ihre nachhaltige Wirkung insbesondere auf die weiblichen Teammitglieder berichtete. Vor diesem Hintergrund erscheint es sinnvoll, weitere Analysen der bereits getätigten Interviews durchzuführen und den Leitfaden für ein Gespräch mit der Geschäftsführung (n=2) entsprechend anzupassen. Ob und inwieweit weitere Interviews mit Mitarbeiter*innen an dem Lernort notwendig sind, wird im Rahmen weiterer Analyseschritte entschieden.

Sobald eine gründliche Analyse der Situation vor Ort vorgenommen wurde, werden ermittelte Aspekte ausgewählt, die in dem Lösungskonzept berücksichtigt werden sollen. Das Konzept könnte eine neue pädagogische Gestaltung des Lernorts, einen Workshop für die Leitung und das Personal oder andere (fach)didaktische Ratschläge enthalten, um Mädchen durch die MINT-Angebote des ausgewählten, außerschulischen Lernorts (besser) zu adressieren.

Literatur

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, 171 - 194

American Association of University Women (AAUW) (2010). AAUW annual report. Washington, DC: AAUW

Bartosch, I. (2013). Entwicklung weiblicher Geschlechtsidentität und Lernen von Physik – ein Widerspruch? Münster: Waxmann

Behmann, H. (2004) Wie weiblich sind Naturwissenschaften? Stereotypen bei der Berufswahl Jugendlicher. In B. Miemietz (Hrsg.), Blickpunkt: Frauen- und Geschlechterstudien. St. Ingbert, 13 - 24

Euler, M., Schüttler, T. & Hausamann, D. (2015). Schülerlabore: Lernen durch Forschen und Entwickeln. In E. Kircher, R. Girwidz & P. Häußler (Hrsg.), Physikdidaktik. Berlin, Heidelberg, Springer, 759 – 782

Flick, U. (2018). An Introduction to Qualitative Research (6th ed.). Los Angeles, London, New Delhi, Singapore, Washington DC, Melbourne, SAGE Publications

Flick, U. (2011). Das episodische Interview. In G. Oelerich & H.-U. Otto (Hrsg.), Empirische Forschung und Soziale Arbeit. Ein Studienbuch. Wiesbaden, Springer Fachmedien, 273 - 280

Haffner, Y. & Loge, L. (2019). Frauen in Technik und Naturwissenschaft: ein Überblick. In Y. Haffner & L. Loge (Hrsg.), Frauen in Technik und Naturwissenschaft: Eine Frage der Passung. Aktuelle Erkenntnisse und Einblicke in Orientierungsprojekte. Opladen, Berlin, Toronto: Barbara Budrich, 7 - 20

Höttecke, D. & Hopf, M. (2018). Schülervorstellungen zur Natur der Naturwissenschaften. In H. Schecker, T. Wilhelm, M. Hopf & R. Duit (Hrsg.), Schülervorstellungen und Physikunterricht. Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis. o.O, Springer Spektrum, 271 - 287

Ihsen, S. (2019). Einblicke in Orientierungsprojekte. In Y. Haffner & L. Loge (Hrsg.), Frauen in Technik und Naturwissenschaft: Eine Frage der Passung. Aktuelle Erkenntnisse und Einblicke in Orientierungsprojekte. Opladen, Berlin, Toronto: Barbara Budrich, 127 - 145

Kessels, U. & Hannover, B. (2006). Zum Einfluss des Image von mathematisch-naturwissenschaftlichen Schulfächern auf die schulische Interessensentwicklung. In M. Prenzel & L. Allolio-Näcke (Hrsg.), Untersuchungen zur Bildungsqualität von Schule. Abschlussbericht des DFG-Schwerpunktprogramms. Münster, Waxmann, 350 – 369.

Kessels, U. & Hannover, B. (2002). Die Auswirkungen von Stereotypen über Schulfächer auf die Berufswahlabsichten Jugendlicher. In B. Spinath & E. Heise (Hrsg.), Pädagogische Psychologie unter gewandelten gesellschaftlichen Bedingungen. Dokumentation des 5. Dortmunder Symposions für Pädagogische Psychologie. Hamburg, Verlag Dr. Kovac, 53 – 67

Kuckartz, U. (2018). Qualitative Inhaltsanalyse: Methoden, Praxis, Computerunterstützung (4. Auflage). Weinheim, Basel, Beltz Juventa.

Lamnek, S. & Krell, C. (2016). Qualitative Sozialforschung. Weinheim und Basel, Beltz

Mc Nally, S. (2020). Gender Differences in Tertiary Education: What explains STEM Participation? EENEE Analytical Report No. 41. Prepared for the European Commission

Miller, D. I., Nolla, K. M., Eagly, A. H., & Uttal, D. H. (2018). The Development of Children's Gender-Science Stereotypes: A Meta-analysis of 5 Decades of U.S. Draw-A-Scientist Studies. Child Development, 89 (6), 1943 – 1955

Nohl, A.-M. (2017). Interview und Dokumentarische Methode. Anleitungen für die Forschungspraxis. Wiesbaden, Springer VS.

Ralle, B. (2020): Empirische Forschung in Schülerlaboren - eine anspruchsvolle Aufgabe. In K. Sommer, J. Wirth, & M. Vanderbeke (Hrsg.), Handbuch Forschen im Schülerlabor. Theoretische Grundlagen, empirische Forschungsmethoden und aktuelle Anwendungsgebiete. Münster, Waxmann, 13 – 17

Reinmann, G. (2005). Innovation ohne Forschung? Ein Plädoyer für den Design-Based-Research-Ansatz in der Lehr-Lernforschung. Unterrichtswissenschaft, 33 (1), 52 - 69

Sadler, P. M., Sonnert, G., Hazari, Z., & Tai, R. (2012). Stability and volatility of STEM career interest in high school: A gender study. Science Education, 96(3), 411 – 427

Schipolowski, S., Wittig, J., Mahler, N., Stanat, P. (2019). Geschlechtsbezogene Disparitäten. In P. Stanat, S. Schipolowski, N. Mahler, S. Weirich & S. Henschel (Hrsg.), IQB- Bildungstrend 2018. Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen am Ende der Sekundarstufe I im zweiten Ländervergleich. Münster, New York, Waxmann, 237 - 264

Statistik der Bundesagentur für Arbeit (2019). Berichte: Blickpunkt Arbeitsmarkt – MINT-Berufe, Nürnberg.

Wieselmann, J. R., Roehrig, G. H., & Kim, J. N. (2020). Who succeeds in STEM? Elementary girls' attitudes and beliefs about self and STEM. School Science and Mathematics, 120, 297 - 308

Katharina Forster[1]
Jenna Koenen[1]

[1]Technische Universität München

Metakognitive Strategien beim Experimentieren

Ausgangslage und theoretischer Hintergrund

Mit einem zunehmenden Bildungsgrad steigt die Forderung nach selbstregulierten Lernen, sodass dieses als eine wichtige fächerübergreifende Kompetenz in Bildungskontexten wie Schule und Hochschule angesehen wird (Schiefele & Köller, 2003). In Theorien des selbstregulierten Lernens stellen dabei wiederrum metakognitive Strategien eine wesentliche Schlüsselkompetenz dar (z.B. Boekaerts, 1999). Metakognition bezeichnet wörtlich das ‚Denken über das Denken' und stellt damit eine Metaperspektive auf Denkvorgänge dar. Diese Definition schließt alle Prozesse und Produkte des Denkens und der Denkvorgänge ein, sodass eine Vielzahl verschiedener Phänomene miteinbezogen werden, was erneut die Komplexität des Konzepts Metakognition widerspiegelt (Hasselhorn, 1992).
Im Laufe der Metakognitionsforschung entwickelten sich verschiedene Konzeptualisierungen sowie Modellvorstellungen, wobei bis heute keine allgemeingültige Akzeptanz eines theoretischen Ansatzes (Bannert, 2007) erfolgte. Eine weitreichende Einigkeit besteht jedoch in der Zwei-Komponenten-Sichtweise der Metakognition durch Einteilung in einen deklarativen Wissensaspekt und einen exekutiven Kontrollaspekt der Metakognition (Bannert, 2007).
Eine weitere wichtige Kompetenz, die im Rahmen der Hochschulbildung erworben werden soll, ist die Fähigkeit (natur-)wissenschaftliche Erkenntnisgewinnungsprozesse durchzuführen. Unter dem Begriff der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung werden die grundlegenden Aspekte, wie beispielsweise die charakteristischen Methoden, der Gewinnung von naturwissenschaftlichen Erkenntnissen verstanden (Flick & Lederman, 2004). Ein Strukturierungsbeispiel der Erkenntnisgewinnungsprozesse bildet das Basismodell nach Doran et al. (1994), welches die präexperimentelle Phase, die experimentelle Phase sowie die postexperimentelle Phase unterscheidet (vgl. Abb.1).

Abb. 1: Erkenntnisgewinnungsprozesse eingeteilt nach Doran et al. (1994).

Zielstellung und Forschungsfragen

Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, inwieweit metakognitive Strategien in naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnungsprozessen auftreten und wie diese differenziert erfasst werden können.
Ziel der Studie ist somit die Entwicklung und Validierung eines Kodiermanuals zur Beschreibung der metakognitiven Strategien in Erkenntnisgewinnungsprozessen. Daraus ergeben sich die folgenden Forschungsfragen:
F_1: Inwieweit erfasst das entwickelte Kodiermanual metakognitive Strategien differenziert?
F_2: Inwieweit lassen sich Unterschiede bei der Verwendung metakognitiver Strategien im Laufe des Erkenntnisgewinnungsprozesses feststellen?

Methode & Design

Zur Beantwortung der Forschungsfragen, wurde zunächst auf Basis der Zwei-Komponenten-Sichtweise der Metakognition ein Kodiermanual theoriegeleitet entwickelt (vgl. Abb. 2). Dieses wurde anschließend auf individuelle Erkenntnisgewinnungsprozesse von Studierenden angewendet. Dabei dienten Laut-Denken-Transkripte der Studie von Sonnenschein (2019) als Datengrundlage. Die Stichprobe umfasste insgesamt 14 Studierende. Fünf Studierende des Monobachelorstudiengangs Chemie, fünf Studierende des Kombinationsbachelor-studiengangs (Lehramt mit Unterrichtsfach Chemie) sowie vier Studierende des Kombinationsmasterstudiengangs (Lehramt mit Unterrichtsfach Chemie). Die Probandinnen und Probanden bearbeiteten jeweils drei offene Experimentieraufgaben im Kontext der analytischen Chemie, wobei bei der zweiten Aufgabe zusätzlich metakognitive Prompts prozessbegleitend hinzugefügt wurden. Insgesamt standen folglich $N = 42$ Transkripte für die Kodierung zur Verfügung. Mithilfe einer strukturierten qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2015) wurden die Daten unter anderem in Hinblick auf das Auftreten metakognitiver Strategien zu bestimmten Zeitpunkten eines Erkenntnisgewinnungsprozesses analysiert.

Ausgewählte Ergebnisdarstellung & Diskussion

Kodiermanual

In Abbildung 2 ist das entwickelte Kodiermanual abgebildet, wobei im ersten Schritt eine Zweigliederung in Metakognitives Wissen und Exekutive Metakognition vorgenommen wurde. Um metakognitive Strategien in Erkenntnisgewinnungsprozesse zu erfassen, wurden die Aspekte der exekutiven Metakognition in Bezug zu den Teilprozessen der Erkenntnisgewinnung gesetzt und basierend auf den jeweiligen Anforderungen die zu erwartenden metakognitiven Kategorien abgeleitet. Es ergab sich eine verstärkte Bedeutung von planungsrelevanten Aspekten in naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnungs-prozessen, sodass die Kategorie Planung um die Subkategorien Orientierung, Zielspezifikation und Planen weiter ausdifferenziert wurde. Ergänzend wurde basierend auf Flavell und Wellman (1977) die Überkategorie Sensitivität hinzugefügt. Die Ergebnisse der Kappa-Werte der Interraterreliabilität (.82) und Intraraterreliablität (.92) deuten auf ein sehr reliables Kodiermanual hin, anhand dessen metakognitive Strategien differenziert erfasst werden können.

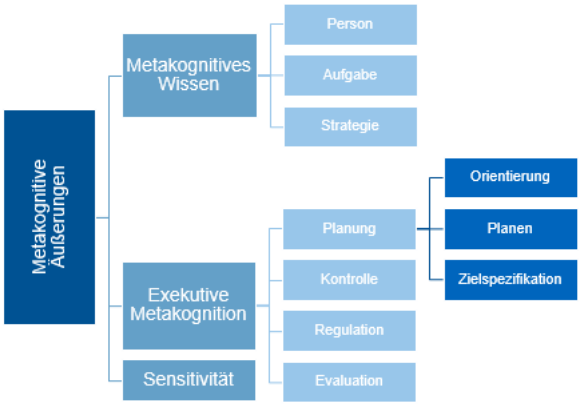


Abb. 2: Übersicht über das entwickelte Kodiermanual zur Erfassung metakognitiver Äußerungen in Erkenntnisgewinnungsprozessen.

Erkenntnisgewinnungsphasen

Die Ergebnisse der Kodierung zeigen eine annähernd gleiche Gesamthäufigkeit der metakognitiven Äußerungen in der präexperimentellen (17,71%) und experimentellen (17,48%) Phase. Davon unterscheidet sich die Anzahl der metakognitiven Äußerungen in der postexperimentellen Phase mit einer Gesamthäufigkeit von 14,21%. Dies deutet darauf hin, dass metakognitive Strategien häufiger in der Planungs- und Durchführungsphase von Erkenntnisgewinnungsprozessen verwendet werden.

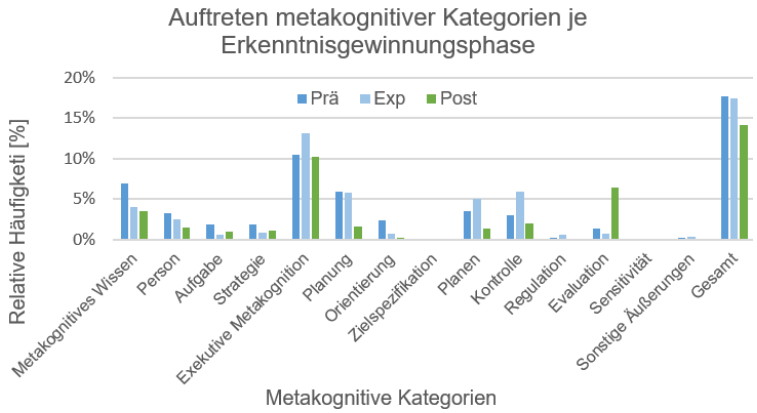


Abb. 3: Relative Häufigkeit des Auftretens metakognitiver Kategorien je Erkenntnisgewinnungsphase.

Beim genaueren Betrachten der Nutzung der jeweiligen Strategien in den verschiedenen Phasen ist bei der Überkategorie *Metakognitives Wissen* auffällig, dass diese primär in der präexperimentellen Phase aufzutreten scheint, mit einer annährend doppelt so großen Häufigkeit im Vergleich zu den beiden anderen Phasen. Dieser Unterschied ist besonders bei den Kategorien *Aufgabe* und *Strategie* deutlich zu sehen. Die Ergebnisse decken sich mit der Annahme, dass sich die präexperimentelle Phase hauptsächlich auf die Planung des Experiments bezieht, welches eine Auseinandersetzung mit der Aufgabenstellung, eine anschließende geeignete Strategieauswahl sowie eine Durchführungsplanung erfordert.

Des Weiteren zeigen die Ergebnisse, dass die Kategorie *Evaluation* primär in der Postphase aufzutreten scheint und mit 6,48 % fast die Hälfte aller metakognitiven Strategien in der gesamten postexperimentellen Phase abbildet. Dies bestätigt die Annahme, dass in der postexperimentellen Phase vorwiegend die abschließende Bewertung und Interpretation des durchgeführten Experiments stattfindet.

Fazit & Ausblick

Insgesamt lässt sich festhalten, dass sich das entwickelte Kodiermanual zur Erfassung von metakognitiven Strategien in naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnungsphasen eignet. Für eine noch bessere Kategoriendifferenzierung erfolgt momentan eine Instrument-validierung anhand eines Expertenratings.

Die Ergebnisse lassen generell vermuten, dass exekutive Metakognition häufiger als metakognitives Wissen auftritt. Diese Annahme sollte anhand anderer experimenteller Settings überprüft werden.

Literatur

Bannert, M. (2007). Metakognition beim Lernen mit Hypermedien. Erfassung, Beschreibung und Vermittlung wirksamer metakognitiver Strategien und Regulationsaktivitäten. (Pädagogische Psychologie und Entwicklungspsychologie, Bd. 61). Münster: Waxmann

Boekaerts, M. (1999). Self-regulatet learning: Where we are today. International Journal of Eductional Research, 31, 445-457

Doran, R. L., Lawrenz, F. & Helgeson, S. (1994). Research on assessment in science. In D. L. Gabel (Ed.), Handbook of research on science teaching and learning. A project of the National Science Teachers Association (S. 388-442). New York, NY: Macmillan

Flavell, J. H. & Wellman, H. M. (1977). Metamemory. In R. Kail & W. Hagen (Eds.), Perspectives on the development of metamory and cognition (pp. 3-31). Hilsdale, NJ: Erlbaum

Flick, L. B. & Lederman, N. G. (2004). Scientific inquiry and nature of science: Implications for teaching, learning, and teacher education: Springer

Hasselhorn, M. (1992). Metakognition und Lernen. In G. Nold (Hrsg.), Lernbedingungen und Lernstrategien: welche Rolle spielen kognitive Verstehensstrukturen? (S. 35-64). Tübingen: Gunter Narr Verlag Tübingen

Mayer, J. (2007). Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In Theorien in der biologiedidaktischen Forschung (pp. 177-186). Berlin, Heidelberg: Springer

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

Schiefele, U., Köller, O. (2003). Selbstreguliertes Lernen im Kontext von Schule und Hochschule. Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 17 (3/4), 155-157

Sonnenschein, I. (2019). Naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsprozesse Studierender im Labor. (Studien zum Physik- und Chemielernen, Band 289). Berlin: Logos Verlag Berlin

Annika Eichinger[1]
Vanessa Lang[1]
Christine Eckert[1]
Christopher W.M. Kay[1,2]
Johann Seibert[1]

[1]Universität des Saarlandes
[2]University College London

Ansatz zur methodischen Förderung des Forschenden Lernens beim Experimentieren

Der Ansatz des ‚Forschenden Lernens' basiert auf der Annahme, dass Schüler*innen lernen, eigenständig zu forschen. Damit Schüler*innen diesen Ansatz erfolgreich umsetzen und nutzen, muss die Reihenfolge des sog. Forschungszyklus zum Lerngegenstand gemacht werden. In einem solchen Forschungsablauf im Fach Chemie nimmt das Experiment eine Schlüsselrolle ein und trägt grundlegend zur Erkenntnisgewinnung der Schüler*innen bei. Es bestehen bisher zahlreiche Forschungsansätze, die sich auf unterschiedliche Aspekte beim Forschenden Lernen fokussieren. Zur Sichtung und Überprüfung bisheriger Ansätze zur Förderung der Forschungskompetenz beim Forschenden Lernen beim Experimentieren wurde zunächst ein Literaturreview durchgeführt, welches im Folgenden präsentiert wird.

Literaturreview zu „Forschendem Lernen"

Die Recherchen in den Datenbanken von ERIC und ProQuest lieferten mit den Einschlusskriterien ‚peer-reviewed', ‚Volltext', ‚Science Education', ‚schulischer Kontext' sowie ‚realisierte Studie' 22 Ergebnisse für die Suchbegriffe „inquiry-based learning" und „Forschendes Lernen" mit einem Bezug zu den Naturwissenschaften.

Die vier erhaltenen Meta-Analysen unterstreichen insgesamt die Annahme der Notwendigkeit des Ansatzes zum Forschenden Lernen im naturwissenschaftlichen Unterricht zur Stärkung der wissenschaftlichen Untersuchungsfähigkeit bei Schüler*innen (Heindl, 2019; Kızılaslan et al., 2012; Vavougios et al., 2016; Yildirim et al., 2016). Es konnten zudem einzelne Artikel identifiziert werden, die sich mit Untersuchungen zu allgemeinen wissenschaftlichen Aktivitäten und Forschungsansätzen auseinandersetzen (Adesoji & Idika, 2015; Kar & Çil, 2019; Sotáková et al., 2020; Tan et al., 2020; Unlu & Dokme, 2020). Bei detaillierter Betrachtung der weiteren Ergebnisse ist die Häufigkeit der Ergebnisse mit Fokus auf die Kommunikation als prozessbezogene Kompetenz beim Forschenden Lernen anzuführen (Dolo et al., 2018; Hand et al., 2013; Telenius et al., 2020), da vorab nur Prozesse zur Erkenntnisgewinnung berücksichtigt wurden. Dies betont die vielfältige Einsatzmöglichkeit des Ansatzes des Forschenden Lernens zum ganzheitlichen Lernen in den Naturwissenschaften. Des Weiteren ist auch die Integration technologie–gestützter Fördermaßnahmen für Forschungsprozesse bei Schüler*innen als durchweg positiv festzuhalten (McCauley & McHugh, 2021; Metcalf et al., 2014; Osler et al., 2012; Psycharis, 2013; Zertuche et al., 2012). Daher sollten Technologien bei der Planung von Fördermaßnahmen zum Forschenden Lernen mit in Betracht gezogen werden, wobei die technologische Variation von Videos bis hin zu Simulationen eine enorme Spannbreite abdeckt und dadurch fach-mediendidaktisch ein enormes Potential mit sich bringt. Die übrigen Ergebnisse lassen sich aufgrund ihrer inhaltlichen Fokussierung nicht weiter

gruppieren, werden dennoch der Vollständigkeit hier angeführt (Abaniel, 2021; Affeldt et al., 2018; Juntunen & Aksela, 2013; Kaldon & Zoblotsky, 2014; Sasson, 2014).
Abschließend ist noch anzuführen, dass zwar methodische Varianten sowie ganzheitliche Lernansätze separat betrachtet werden, jedoch fehlt es in bisherigen Untersuchungen an einer ganzheitlichen methodischen Förderung der einzelnen Phasen sowie einer phasen–übergreifenden Unterstützung in der Forschung. Hierdurch könnte das Forschende Lernen nicht nur grundlegend vermittelt, sondern auch dauerhaft und individuell gefördert werden. Daher scheint die explizite Förderung der Methodik vor allem beim Experimentieren entscheidend, da kognitive Kapazitäten im Lernprozess somit hauptsächlich für die Erarbeitung fachlicher Inhalte und für experimentierpraktische Fertigkeiten zur Verfügung stehen würden.

Ansatz zur ganzheitlichen methodischen Förderung in der Chemie
Ausgehend von den Ergebnissen des Literaturreviews wird im Folgenden exemplarisch eine phasenübergreifende methodische Förderung des Forschenden Lernens beim Experimentieren für das Thema Stoffeigenschaften und ihre Trennungen beschrieben. Die ganzheitliche methodische Förderung beginnt für die Schüler*innen im chemischen Anfangsunterricht mit einer Einführung in die drei Forschungsphasen (präexperimentell, experimentell und postexperimentell) sowie den zugehörigen Forschungsschritten (Anton & Neber, 2008).
Hierbei werden die Schüler*innen mit der Aufreinigung von Wasser als Problemstellung konfrontiert. In einer ersten Erarbeitungsphase soll zuerst eine Fragestellung (z.B. „Wie erhalte ich aus dem verschmutzten Wasser erneut sauberes Wasser?“) gemeinsam formuliert und festgehalten werden. Anschließend erhalten die Schüler*innen den Forschungsauftrag, mit Hilfe eines selbst geplanten Experiments die Fragestellung zu beantworten. Als Leitfaden wird ihnen ein Arbeitsblatt mit der Beschreibung des Forschungsablaufs eines Chemikers oder einer Chemikerin zur gleichen Fragestellung zur Verfügung gestellt. In dieser Beschreibung werden zwar für die Schüler*innen bekannte Trennverfahren angeführt, jedoch werden zur eigenen Problemlösung weitere Verfahren benötigt. An markanten Forschungsschritten (wie z.B. in der präexperimentellen Phase die Hypothesenformulierung oder die Vorgehensplanung) sind gezielte Fragen und Hinweise platziert, sodass die Schüler*innen pro Forschungsschritt aufgefordert werden, Vergleiche zum eigenen Forschungszyklus aufzustellen und ihre Forschungsschritte zu reflektieren. Zu Beginn der

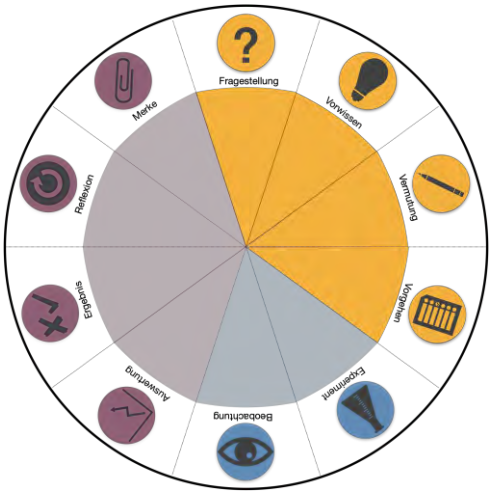


Abb. 1: Darstellung der Methodenhilfe zur Förderung des Forschenden Lernens beim Experimentieren.

Ergebnissicherung präsentieren die Schüler*innen ihre Ergebnisse und stellen ihren durchgeführten Forschungszyklus hin zum gereinigten Wasser vor. Hieraus werden die einzelnen Forschungsschritte gemeinsam gesammelt, deren Bedeutung besprochen und gleichzeitig im Forschungszyklus angeordnet. Sobald alle Forschungsschritte angeordnet wurden, erfolgt eine Überleitung zur analogen Methodenhilfe (s. Abb. 1).
Diese Methodenhilfe, in Form einer analogen Drehscheibe, visualisiert durch Farben die einzelnen Phasen und durch Icons die einzelnen Forschungsschritte, welche im Uhrzeigersinn angeordnet sind. Die Schüler*innen reflektieren erneut die einzelnen Forschungsschritte hinsichtlich ihrer Bedeutung, indem sie sich individuell Hinweise, Anmerkungen oder Leitfragen zum jeweiligen Schritt in das freie Feld notieren. Durch diese Ergänzungen erfolgt nicht nur eine Reflexion des Forschungszyklus, sondern auch eine mögliche dauerhafte Etablierung der Drehscheibe als eine individuelle methodische Unterstützung für das Forschende Lernen beim Experimentieren. Ziel ist es hierbei, die Schüler*innen durch den regelmäßigen Einsatz der Methodenhilfe in ihrer theoretischen sowie praktischen Kenntnis über einen Forschungszyklus beim Forschenden Lernen beim Experimentieren zu stärken.

Ausblick

Nachfolgend ist eine Pilotierung der analogen Methodenhilfe sowie deren Einführungs–stunde zur Förderung des Forschenden Lernens beim Experimentieren im chemischen Anfangsunterricht geplant. Außerdem soll eine digitale Variante der Methodenhilfe entwickelt und ebenfalls praktisch erprobt werden. Die digitale Methodenhilfe bietet zudem die Möglichkeit der umfangreichen Einbindung unterschiedlicher Individualisierungs–aspekte unter Berücksichtigung der kognitiven Kapazität durch z.B. einzeln wählbare gestufte Hilfestellungen. Zudem werden die Schüler*innen auch aktiv in die digitale Gestaltung dieser individuellen Komponenten der Methodenhilfe eingebunden, wodurch auch das Wissen über digitale Medien geschult wird.

Literatur

Abaniel, A. (2021). Enhanced conceptual understanding, 21st century skills and learning attitudes through an open inquiry learning model in Physics. *Journal of Technology and Science Education*, *11*(1), 30–43. https://doi.org/10.3926/jotse.1004

Adesoji, F. A., & Idika, M. I. (2015). Effects of 7E Learning Cycle Model and Case-Based Learning Strategy on Secondary School Students' Learning Outcomes in Chemistry. *Journal of the International Society for Teacher Education*, *19*(1), 7–17.

Affeldt, F., Meinhart, D., & Eilks, I. (2018). The Use of Comics in Experimental Instructions in a Non-formal Chemistry Learning Context. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 93–104. https://doi.org/10.18404/ijemst.380620

Anton, M. A., & Neber, H. (2008). Implementierung von „Forschungszyklen" im Chemieunterricht. *PdN-ChiS*, *57*(3), 35–37.

Dolo, G., Haglund, J., & Schönborn, K. (2018). Thermal Cameras as a Semiotic Resource for Inquiry in a South African Township School Context. *Designs for Learning*, *10*(1), 123–134. https://doi.org/10.16993/dfl.96

Hand, B., Therrien, W., & Shelley, M. (2013). Examining the impact of using the Science Writing Heuristic approach in learning science: A cluster randomized study. *Society for Research on Educational Effectiveness*, 1–4.

Heindl, M. (2019). Inquiry-based learning and the pre-requisite for its use in science at school: A meta-

analysis. *Journal of Pedagogical Research*, *3*(2), 52–61. https://doi.org/10.33902/JPR.2019254160

Juntunen, M., & Aksela, M. (2013). Life-Cycle Thinking in Inquiry-Based Sustainability Education – Effects on Students' Attitudes towards Chemistry and Environmental Literacy. *CEPS Journal*, *3*(2), 157–180.

Kaldon, D. C. R., & Zoblotsky, T. A. (2014). A Randomized Controlled Trial Validating the Impact of the LASER Model of Science Education on Student Achievement and Teacher Instruction. *Society for Research on Educational Effectiveness*, 1–4.

Kar, H., & Çil, E. (2019). The effects of visual art supported inquiry based science activities on 5th grade students' scientific process skills. *Pegem Journal of Education and Instruction*, *9*(2), 351–380. https://doi.org/10.14527/pegegog.2019.011

Kızılaslan, A., Sözbilir, M., & Yaşar, M. D. (2012). Inquiry based teaching in Turkey: A content analysis of research reports. *International Journal of Environmental & Science*, *7*(4), 599–617.

McCauley, V., & McHugh, M. (2021). An Observational Narrative of Student Reaction to Video Hooks. *Education Sciences*, *11*(6), 286. https://doi.org/10.3390/educsci11060286

Metcalf, S., Chen, J., Kamarainen, A., Frumin, K., Vickrey, T., Grotzer, T., & Dede, C. (2014). Shifts in Student Motivation during Usage of a Multi-User Virtual Environment for Ecosystem Science: *International Journal of Virtual and Personal Learning Environments*, *5*(4), 1–16. https://doi.org/10.4018/IJVPLE.2014100101

Osler, J. E., Hollowell, G., & M. Nichols, S. (2012). Technology Engineering in Science Education: Where Instructional Challenges Interface Nonconforming Productivity to Increase Retention, Enhance Transfer, and Maximize Student Learning. *I-Manager's Journal of Educational Technology*, *9*(2), 31–39. https://doi.org/10.26634/jet.9.2.1947

Psycharis, S. (2013). Exploring the Effects of the Computational Experiment Approach to the Epistemic Beliefs, the Motivation, the Use of Modeling Indicators and Conceptual Understanding in Three Different Computational Learning Environments. *Journal of Education and Training Studies*, *1*(1), 69–87. https://doi.org/10.11114/jets.v1i1.32

Sasson, I. (2014). The Role of Informal Science Centers in Science Education: Attitudes, Skills, and Self-efficacy. *Journal of Technology and Science Education*, *4*(3), 167–180. https://doi.org/10.3926/jotse.123

Sotáková, I., Ganajová, M., & Babinčáková, M. (2020). Inquiry-Based Science Education as a Revision Strategy. *Journal of Baltic Science Education*, *19*(3), 499–513. https://doi.org/10.33225/jbse/20.19.499

Tan, R. M., Yangco, R. T., & Que, E. N. (2020). Students' Conceptual Understanding and Science Process Skills in an Inquiry-Based Flipped Classroom Environment. *Malaysian Journal of Learning and Instruction*, *17*(1), 159–184. https://doi.org/10.32890/mjli2020.17.1.7

Telenius, M., Yli-Panula, E., Vesterinen, V.-M., & Vauras, M. (2020). Argumentation within Upper Secondary School Student Groups during Virtual Science Learning: Quality and Quantity of Spoken Argumentation. *Education Sciences*, *10*(12), 393. https://doi.org/10.3390/educsci10120393

Unlu, Z. K., & Dokme, İ. (2020). The Effect of Technology-Supported Inquiry-Based Learning in Science Education: Action Research. *Journal of Education in Science, Environment and Health*, *6*(2), 120–133. https://doi.org/10.21891/jeseh.632375

Vavougios, D., Verevi, A., Papalexopoulos, P., Verevi, C.-I., & Panagopoulou, A. (2016). Teaching Science to Students with Learning and Other Disabilities: A Review of Topics and Subtopics Appearing in Experimental Research 1991-2015. *International Journal of Higher Education*, *5*(4), 268–280. https://doi.org/10.5430/ijhe.v5n4p268

Yildirim, M., Çalik, M., & Özmen, H. (2016). A Meta-Synthesis of Turkish Studies in Science Process Skills. *International Journal of Environmental and Science Education*, 6518–6539.

Zertuche, A., Gerard, L., & Linn, M. C. (2012). How do Openers Contribute to Student Learning? *International Electronic Journal of Elementary Education*, *5*(1), 79–92.

Marja Aurin[1]
Michael Komorek[1]
Christin Sajons[1]

[1]Universität Oldenburg

MINT-Cluster AHOI_MINT: Formale und non-formale MINT-Angebote vernetzt

Der BMBF-MINT-Cluster AHOI_MINT setzt auf die Verknüpfung non-formaler und schulischer MINT-Bildung. Entwicklungsforschung und begleitende empirische Lehr-Lern-Forschung sind integriert. Dem Cluster liegen folgende Leitlinien zugrunde: (a) Durch die Angebote des Clusters sollen Kinder und Jugendliche bei der Entwicklung ihrer Problemlösefähigkeit und weiterer komplexer Kompetenzen gefördert werden; sie sollen lernen, kreative Ideen auch für unscharfe naturwissenschaftlich-technische Aufgabenstellungen selbstbestimmt zu entwickeln. (b) In der Netzwerkstruktur sollen sie die regionalen Angebote längerfristig und in Kombination nutzen können und dadurch individualisierte Lernpfade beschreiten, wobei sie an den Lernorten individuell beraten werden. (c) AHOI_MINT verbindet Einzelangebote und kleinere Netze zu einem Gesamtnetz mit komplementär verknüpften Angeboten. (d) Für die pädagogisch Verantwortlichen der Lernorte im Netzwerk finden gemeinsame Hospitationen und Reflexionen der verschiedenen MINT-Angebote sowie didaktisch-methodische Fortbildungen statt.

AHOI_MINT im MINT-Aktionsplan des BMBF

Um insbesondere non-formale MINT-Bildungsangebote für 10-16jährige aufzuschließen, fördert das BMBF bundesweit 40 regionale MINT-Cluster (vgl. BMBF, 2109). Das erklärte Ziel ist es, non-formale und schulische Angebote zu vernetzen und Firmen und Kommunen in die Vernetzung einzubeziehen. Die Cluster sind ein Baustein des Aktionsplans. Weitere sind eine Vernetzungsstelle für bundesweite MINT-Angebote, eine flankierende digitale und social media Kommunikationsinitiative und begleitende empirische Forschung zu Gelingensbedingungen von MINT-Angeboten. Am Cluster AHOI_MINT wirken rund 70 Partner in der Region Oldenburg und Nordwest Niedersachsen aus vier Kategorien mit: Außerschulische MINT-Lernstandorte wie Schülerlabore, Science Center, Wissenschaftsmuseen und historische Museen mit MINT-Bezug, regionale Umweltbildungszentren (RUZ), Nationalparkhäuser im Niedersächsischen Wattenmeer, Botanische Gärten; Schulen mit MINT-Angeboten am Nachmittag, an dem auch Schüler:innen weiterer Schulen teilnehmen können; Kommunen, Verbände (u. a. IHK) und MINT-affine Firmen und Betriebe; universitäre und weitere Forschungsinstitute z. B. der Meeres- und Klimaforschung. Die Leitung des Clusters liegt bei einer Teilgruppe der Partner: Informatikinstitut OFFIS, Landesmuseum Museum und Mensch, Schlaues Haus Oldenburg (Koordination), Forschungszentrum Nordwest für Schülerinnen und Schüler (Gruppe von Schulen), Universität Oldenburg (Physikdidaktik). Eine Liste der Partner ist hier zu finden: www.ahoi-mint.de/partner-innen/

Entwicklungslinien für die regionale MINT-Bildung bei AHOI_MINT

Die Angebote der Partner im Cluster sind mit einem umfangreichen Fragebogen erhoben worden. Ziel war es, über eine qualitative Inhaltsanalyse zu Kategorien von Inhalten und Kategorien von Aktivitäten zu gelangen, die weiter reichen als eine simplifizierende Zuordnung der Angebote zu Schulfächern und fachlichen Perspektiven. Zwar dienen die disziplinäre Zuordnungen der MINT-Angebote zu ihrer Charakterisierung und sie dienen auch als Suchkriterien auf der Website des Projekts (www.ahoi-mint.de). Aber auf der Landingpage finden Kinder und Jugendliche ebenfalls sinnstiftende Kontextbereiche und anregende Aktivitäten, nach denen sie Angebote aussuchen können. Dazu zählen z. B. Energie - ein

Blick in die Zukunft; Konsum, Mobilität und Tourismus; Küste und Meer; Technik, die begeistert; Landschaften und Lebensräume; Berufsorientierung und bei den Aktivitäten etwa Auf Entdeckungsreise gehen; Probleme lösen; Experimentieren, forschen und knobeln. Das Projekt verfolgt vier Entwicklungslinien, auf die sich alle Partner verpflichtet haben, (vgl. www.ahoi-mint.de/wp-content/uploads/2021/04/AHOI_MINT-Projekt_Kurzform.pdf):

a) Kompetenzorientierte MINT-Angebote für heterogene Zielgruppe aufschließen. Durch die Angebote bei AHOI_MINT sollen Kinder und Jugendliche in die Lage versetzt werden, zukunftsfähige MINT-Kompetenzen aufzubauen. Dazu gehört im Projekt vor allem die Entwicklung von Problemlösefähigkeit als Schlüsselkompetenz in der sich ausdifferenzierenden Welt. Es besteht die Überzeugung, dass sich nur mit kreativen Ideen komplexe und unscharfe, konfliktbehaftete naturwissenschaftlich-technische Herausforderungen meistern lassen; insbesondere in den Feldern Küstenveränderung, Meer und Ozean, Energieversorgung, Klimaanpassung, abnehmende Biodiversität. Es werden solche Angebote für den Cluster geöffnet, die hierzu besonders beitragen. Falls dies noch nicht der Fall ist, werden Angebote unter Umsetzung von drei Maßnahmen weiterentwickelt:
Kontextualisierung: Sinnstiftende naturwissenschaftlich-technische oder gesellschaftliche Kontexte werden mittels narrativer Anker angeboten. Diese sollen 10-16jährige motivieren, sich mit fachlichen Inhalten zu befassen und weiterzulernen (Lewalter & Geyer, 2009).
Problemlöseaufgaben: Sie werden kontextualisiert eingesetzt, um Selbstkonzept und Selbstwirksamkeitswahrnehmung (Reusser, 2005) der Kinder und Jugendlichen zu fördern.
Selbstbestimmtes Handeln: Benötigte Freiräume werden geboten, eigene Entscheidungen werden gemäß Selbstbestimmungstheorie nach Deci & Ryan (2012) explizit gefördert.

b) Individualisierte Lernpfade eröffnen
Die Netzwerkstruktur zielt darauf, dass 10-16jährige die regionalen MINT-Angebote über mehrere Jahre und in inhaltlicher Kombination nutzen (vgl. Richter, Sajons, Gorr, Michelsen & Komorek, 2018; Sajons & Komorek, 2020). Zwischen AG-Angeboten der Schulen, nonformalen außerschulischen Angeboten sowie Besichtigungen und Praktika in Firmen oder Forschungsinstitute können individuelle Lernpfade entstehen, die je nach Interesse von den Kindern und Jugendlichen beschritten werden. An den Lernorten werden sie individuell beraten, wo und wie sie weiterlernen können und gesammelte Erfahrungen mit Blick auf Berufsorientierung vertiefen können. Zwar richtet sich AHOI_MINT vor allem an 10-16jährige, aber auch interessierte erwachsene Laien und Funktionsträger:innen sollen von den Bildungsangeboten der Partner im Sinne von Public Understanding of Science profitieren.

c) Angebote komplementär vernetzen und Einzelangebote in den Cluster integrieren
Einzelangebote und kleinere Netze werden komplementär vernetzt (Sajons & Komorek, 2020; Komorek & Sajons, 2021), also ergänzend oder kontrastierend aufeinander bezogen. Lehramtsstudierende sind in die Entwicklungsarbeiten einbezogen. Um dies zu erreichen, werden die regionalen MINT-Angebote der Bildungspartner zu einem Gesamtnetz verknüpft. Die Partner werden von der Projektleitung unterstützt, ihre Angebote inhaltlich und methodisch aufeinander zu beziehen und zu neuen umfangreicheren Angeboten auszubauen, die Kinder und Jugendliche auf ihren Lernpfaden ggf. über mehrere Jahre hinweg nutzen.

d) Anbietende qualifizieren
Die Gruppe der pädagogisch Verantwortlichen an den außerschulischen Lernorten und den Schulen werden besonders in den Blick genommen. Sie werden dabei unterstützt, ihre Angebote zu öffnen, sie miteinander zu verknüpfen und sich im Netzwerk weiterzubilden. Dazu werden Hospitationen, fokussierte Reflexionen in der Gruppe und methodisch-didaktische Fortbildungen angeboten, auch um deren Beratungskompetenz auszubauen.

Empirische Begleitforschung als Design-based Research

Alle Clusteraktivitäten werden wissenschaftlich begleitet. Da sowohl die einzelnen Angebote als auch das Netz als Ganzes komplexe Angebote darstellen, ist der Forschungsrahmen das design-based research (DBR) gewählt worden. Das genutzte Forschungsmodell ist in Abb. 1 dargestellt. Der DBR-Rahmen ist erfahrungsgemäß in komplexen Forschungskontexten flexibel einsetzbar, weil er kompatibel zu einer Vielzahl von Forschungsinstrumenten ist und zum einen Optimierungen von Angeboten und zum anderen die Erzeugung von generalisiertem Wissen in drei Feldern erlaubt: 1) Wissen über Prozesse in non-formale Lernkontexten, insbesondere bei ihrer längerfristigen Biografie-orientierten Nutzung (Lernpfade; 2) Wissen über Designprinzipien hinsichtlich non-formaler Angebote mit Anteilen von free-choice-learning; 3) Wissen über die Kooperationsprozesse zwischen Akteuren der verschiedenen Gruppen von Projektpartnern.

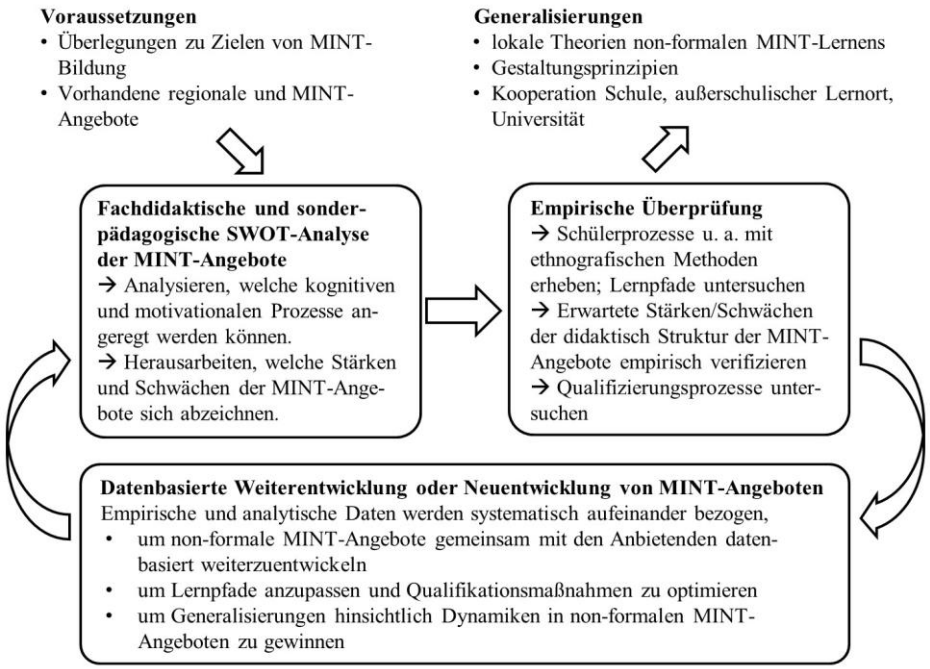


Abb. 1 Forschungsmodell im MINT-Cluster AHOI_MINT

Im Herbst 2021 finden umfangreiche Befragungen (nach Witzel & Reiter, 2012) von Familien dahingehend statt, welche Erfahrungen, Bedarfe und Wünsche sie hinsichtlich non-formaler MINT-Bildung (Angebote außerhalb der Schule und nachmittags) haben (Kuckarzt, 2018; vgl. Beitrag von Komorek in diesem Band). Dabei werden strukturierte qualitative Interviews eingesetzt. Hinzukommen zahlreiche Analysen von Angeboten in studentischen Abschlussarbeiten, bei denen Veränderungen der Angebote aufgrund des Abgleichs zwischen den Zielen der Lernorte und den Wahrnehmungen und Lernprozessen der Kinder und Jugendlichen vorgeschlagen werden. Die Varianten der Angebote werden dann zusammen mit den Lernorten erprobt und wiederum empirisch begleitet. Erfahrungen des Promotionsprogramms GINT (Laufzeit bis 2021) zu Nutzungsprozessen in non-formalen Kontexten werden herangezogen. Im Cluster werden die Ergebnisse der empirischen Begleitforschung offen mit dem Ziel diskutiert, die Bildungsregion Nordwest Niedersachsen attraktiver zu gestalten und Kinder und Jugendliche auf eine herausfordernde Zukunft vorzubereiten.

Literatur

BMBF (2019). *MINT-Aktionsplan.* Berlin: BMBF.
online unter: https://www.bmbf.de/SharedDocs/Publikationen/de/bmbf/pdf/mit-mint-in-die-zukunft.pdf;jsessionid=816E4349E605A106BAE1FA42687884B8.live382?__blob=publicationFile&v=2

Deci, E. L. & Ryan, R. M. (2012). Motivation, personality, and development within embedded social context: An overview of self-determination theory. In: R. M. Ryan (Ed.) *Oxford handbook of human motivation,* 85-107. Oxford: University Press.

Komorek, M. & Sajons, C. (2021). Komplementäre Vernetzung außerschulischer Lernangebote. In C. Maurer, K. Rincke & M. Hemmer (Hrsg.), *Fachliche Bildung und digitale Transformation. Fachdidaktische Forschung und Diskurse* (Fachtagung der Gesellschaft für Fachdidaktik 2020), S. 169-172. Regensburg, Universität Regensburg. Online verfügbar [Zugriff: 17.10.2021] unter: https://www.pedocs.de/volltexte/2021/21659/pdf/Maurer_Rincke_Hemmer_2021_Fachliche_Bildung.pdf

Kuckartz, U. (2018). Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung. Weinheim: Beltz Juventa.

Lewalter, D. & Geyer, C. (2009). Motivationale Aspekte von schulischen Besuchen in naturwissenschaftlich-technischen Museen. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft 12*, 28-44.

Reinmann, G. (2005). Innovation ohne Forschung? Ein Plädoyer für den Design-Based Research-Ansatz in der Lehr-Lernforschung. *Unterrichtswissenschaft 33*, 52-69.

Reusser, K. (2005). Problemorientiertes Lernen – Tiefenstruktur, Gestaltungsformen, Wirkung. *Beiträge zur Lehrer-bildung, 23* (2), 159-182.

Richter, C., Sajons, C., Gorr, C., Michelsen, C. & Komorek, M. (2018). Vernetzung außerschulischer GINT-Lernorte. In C. Maurer (Hrsg.), Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht – normative und empirische Dimension (Bd. 38, S. 648-651). Universität Regensburg: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik.

Sajons, C. & Komorek, M. (2020). Complementary networking of out-of-school learning environments. In O. Levrini & G. Tasquier (Eds.), Electronic Proceedings of the ESERA 2019 Conference. The beauty and pleasure of understanding: engaging with contemporary challenges through science education, Part 9 (co-ed. J. Dillon & A. Zeyer) (pp. 1072-1078). Bologna: Alma Mater Studiorium – University of Bologna. Online unter: https://www.dropbox.com/s/xs4ubcjuok1usxo/Strand%2009%20ok%20new.pdf?dl=0 [Zugriff: 14.10.2021].

Witzel, A. & Reiter, H. (2012). The Problem-centred Interview. London: SAGE Publications.

Jan Heysel[1]
Manuela N. Boltersdorf [1]
Frank Bertoldi [1]

[1] Universität Bonn

Naturwissenschaftliches Forschen im Anfangsunterricht zur Elektrizitätslehre (Sek. I)

Einleitung. Ausdrückliches Ziel naturwissenschaftlicher Bildung ist es u.a. sich mit „spezifischen Methoden der [naturwissenschaftlichen] Erkenntnisgewinnung und deren Grenzen auseinander zu setzen“ (KMK, 2004). Der Kompetenzbereich *Erkenntnisgewinnung* verankert dieses Ziel in den Kernlehrplänen. Dennoch zeigen Studien, dass Schülervorstellungen zur Natur der Naturwissenschaften und zur naturwissenschaftlichen Arbeitsweise eher undifferenziert sind und eine „starke Tendenz zu einem naiven Realismus“ aufweisen (Höttecke & Hopf, 2018).
Von dieser Problemlage ausgehend entwickeln wir ein hybrides Lernarrangement für den Physikunterricht der Sekundarstufe I mit der zyklischen Vorgehensweise des *Design-Based Research* (McKenney & Reeves, 2012). In diesem Beitrag stellen wir unseren Ansatz und die qualitative Studie des ersten Zyklus dar. Wir konnten zeigen, dass unser Ansatz sowohl im Distanz- wie auch Präsenzunterricht einsetzbar ist und Weiterentwicklungsempfehlungen identifizieren, die den weiteren Verlauf des Projekts anleiten.

Modelle. Ein zentrales Element naturwissenschaftlichen Arbeitens stellen Modelle dar (Meisert, 2008; Suppe, 2000). Bezüglich der Frage, was naturwissenschaftliche Modelle sind, unterscheiden Frigg & Hartmann (2020) drei Arten bzw. Betrachtungsweisen: materielle Objekte, „fictional“ oder abstrakte Objekte, Beschreibungen und Gleichungen. Wir beziehen uns im Weiteren insb. auf Modelle als abstrakte Objekte: in dieser Sichtweise sind Modelle abstrakte Objekte oder Vorstellungen, die von einem oder mehreren Menschen erdacht wurden mit dem Zweck ein Phänomen der Natur verstehbar abzubilden. I.d.R. erfolgt hierzu eine Vereinfachung oder Fokussetzung. Die Eigenschaften solcher Modelle können präzise, insb. auch mathematisch, beschrieben werden. Naturwissenschaften erstellen Modelle und überprüfen deren Zusammenhang mit der Natur typischerweise durch Experimente, wobei einer Verifikation jedoch ausgeschlossen ist.
Ziel war es den Charakter von Modellen als funktionale, aber auch begrenzte und von Menschen konstruierte Vorstellungen über die Natur zu verdeutlichen, mithilfe derer beobachtbare Phänomene beschrieben und erklärt werden können. Hiermit sollte der häufigen Schülervorstellung einer fertigen, in der Natur gefundenen Wahrheit begegnet werden. Hierzu wurde ein Inhaltsfeld gesucht, zu dem es mehrere für die Lernenden zugängliche Modelle gibt. Als besonders geeignet hat sich hierzu das Inhaltsfeld zu Stromkreisen gezeigt, da es hierzu mehrere Modelle gibt, u.a. das offene *Wasserkreismodell*, das *Fahrradkettenmodell* und das *Luftdruckmodell* von Burde (2018).

Didaktischer Ansatz. Während verschiedene Autoren auf die Bedeutung eines expliziten Unterrichts zur Thematik *Nature of Science* (NOS) hinweisen, gibt es verschiedene Auffassungen dazu, wie genau ein „expliziter Unterricht“ zu NOS gestaltet sein soll.
Lederman & Lederman (2019) argumentieren, dass zur Entwicklung eines „informed views of [Nature of Science Knowledge]“ ein implizites Ausführen von Forschungstätigkeiten durch

die Lernenden nicht ausreiche, sondern eine explizite Thematisierung von NOS-Aspekten durch Diskussionen und Reflexionen der Lernenden nötig sei. Diese Aussage belegen sie mit Studien, die die Ergebnisse mehrerer empirischer Studien zusammenfassen.
Duschl & Grandy (2013) kritisieren Ledermans Ansatz des expliziten Unterrichts u.a. als „teachers presenting 'Consensus-based Heuristic Principles' in science lessons and activities" und setzten diesem Konzept eine „Version 2" entgegen. Diese verfolgt das Ziel von „students being immersed in the cognitive, epistemic and social enactments and practices of science that involve building and refining questions, measurements, representations, models and explanations". Im Zentrum des Unterrichts steht hier ein „doing science", in das die Lernenden eintauchen und so naturwissenschaftliche Praktiken erlernen sollen. Gleichwohl sehen wir hierbei Ledermans empirisch belegten Einwand als berechtigt, dass die Lernenden ohne eine explizite Reflexion der Forschungstätigkeiten kaum differenziertes Metawissen über diese Forschungstätigkeit erlangen können.

Unser Ansatz ist es deshalb die beiden Konzepte von Lederman und Koautoren einerseits und Duschl und Grandy andererseits in einem zweiphasigen Modell zu kombinieren.
In einem ersten Teil der Lernumgebung werden die Begriffe *Phänomen*, *Modell*, *Prognose*, *Experiment* und deren Zusammenhang am Beispiel des *Fahrradkettenmodells* auf einer Metaebene eingeführt und reflektiert. In einem zweiten Teil werden die Lernenden angeleitet, diese Begriffe und die damit verbundene Forschungstätigkeit selber anhand verschiedener Modelle zu elektrischen Stromkreisen anzuwenden. Der erste Teil entspricht damit eher einer expliziten Reflexion nach Lederman (wenn auch vor statt nach dem Forschen), der zweite einem „doing science" im Sinne von Duschl und Grandy, bzw. einem forschend-entdeckenden Unterricht. Damit erfüllt dieses Lernarrangement auch Grundgedanken der Lerntheorie des *Deep Learning*, bei dem „auf eine Phase der anspruchsvollen Wissensvermittlung […] eine Phase der ko-konstruktiven Verarbeitung des Wissens" folgt (Sliwka, 2018, S. 87).

Um das **Lernarrangement** außerdem skalierbar und auch in der Corona-Situation gut nutzbar zu gestalten und technische Möglichkeiten wie den Einsatz interaktiver Aufgaben und Lernvideos zu nutzen, wurde eine digitale Lernplattform als Homepage gestaltet. Um gleichzeitig ein Experimentieren mit realem, alltagsnahen Experimentiermaterial zu ermöglichen, wurden Experimentiersets mit Lämpchen, Kabeln mit Krokodilklemmen, Batterien u.a. zusammengestellt und den Lernenden im Klassenraum oder im Distanzunterricht zuhause zur Verfügung gestellt. In diesem hybriden Lernarrangement arbeiten die Lernenden zu zweit als Forschungsgruppe. Da jede Zweiergruppe in ihrem eigenen Lerntempo arbeiten kann und im zweiten Teil der Lernumgebung einen individuellen Lernpfad beim Testen der Modelle wählt, kommt den Lernenden bei dieser Unterrichtsgestaltung ein hohes Maß an Eigenverantwortung für ihren Lernprozess zu.

Evaluation. In dem nun abgeschlossenen ersten Zyklus der Evaluation unserer Lernumgebung haben wir diese an zwei Gymnasien in NRW in drei Klassen (2x 7. Klasse, 1x 6. Klasse), im Physikunterricht im Rahmen des Inhaltsfelds zwei „Elektrischer Strom und Magnetismus" erprobt. Der Zeitrahmen betrug jeweils vier wöchentlich aufeinanderfolgende Doppelstunden im April bis Juni 2021. Aufgrund der sich in diesem Zeitraum rasch ändernden Corona-Situation wurde die Lernumgebung sowohl in Distanz- als auch Wechsel- und Präsensunterricht erprobt. Von den 89 Schülerinnen und Schülern, die die Lernumgebung erprobten, konnten von 70 Lernenden Daten zur Auswertung erhoben werden.

Um die **Vorstellungen** der Lernenden zu den Begriffen „Modell“ und „Experiment“ im Kontext naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung sowie deren Veränderung durch das Lernarrangement qualitativ zu erheben, wurden den Lernenden mit der App „Biparcours“ jeweils vor und nach der Intervention Fragen zu ihrem Verständnis dieser Begriffe gestellt und die Lernenden sollten ihre Antworten als Sprachaufzeichnung aufnehmen („Spoken Questionnaires“). Diese Daten wurden durch zehn leitfadengestützte Interviews mit Lernenden nach der Intervention ergänzt. Alle Audiodateien wurden transkribiert und mit einer inhaltlich-strukturierenden qualitativen Inhaltsanalyse (Kuckartz, 2018) ausgewertet. Ergebnisse: (1) Bei einem Großteil der Lernenden lag vor der Intervention ein naiv-realistisches Wissenschafts- und Modellverständnis vor. Dies ist konsistent mit der Darstellung von Höttecke & Hopf (2018). (2) Im Vergleich zum Pretest beschreiben nach der Intervention im Posttest weniger Schüler:innen ein Modell als einen materiellen Gegenstand und mehr Schüler:innen, dass naturwissenschaftliche Modelle durch Experimente überprüft werden. Dieses Ergebnis deuten wir als Erfolg unseres Lernarrangements und es motiviert weitere Entwicklungszyklen. (3) Insbesondere einige leistungsschwächere Schüler:innen verharren in naiven Vorstellungen zu naturwissenschaftlichen Modellen was die Notwendigkeit weiterer Entwicklungen unseres Lernarrangements motiviert.

Um das **Handeln** der Lernenden im Lernarrangement zu evaluieren, wurde der Unterricht beobachtet, es wurden die Eingaben und Bearbeitungszeiten der Lernenden in der digitalen Lernumgebung ausgewertet und die Aufzeichnungen der Lernenden in ihrem normalen, analogen Heft ausgewertet. Wir konnten zusammenfassend feststellen, dass die eher angeleiteten Aufgaben in dem „expliziten“ Teil A der Lernumgebung von dem meisten Schüler:innen sorgfältig und der Aufgabenstellung entsprechend bearbeitet wurden. Im eigenständigeren Teil B der Lernumgebung konnte jedoch eine überwiegend oberflächliche, wenig strukturierte Bearbeitungsweise festgestellt werden. Unter Berücksichtigung der Rückmeldungen von Lernenden und Lehrkräften führen wir dies auf einen hohen kognitiven Anspruch dieses bewusst offener gestalteten Teils zurück, der für viele Schüler:innen offenbar zu wenig angeleitet war. Im nächsten Zyklus des Projekts werden wir auch zu diesem Teil ausführlichere und stärker vorstrukturierte Anleitung anbieten.

Außerdem wurden strukturiert die **Rückmeldungen** zum Lernarrangement von den Lernenden und den beiden beteiligten Lehrkräften erhoben. Die vielen positiven Rückmeldungen bezogen sich insb. auf das eigenständige Arbeiten in der digitalen Lernumgebung mit den iPads. In den weiteren Evaluationszyklen ist insb. darauf zu achten, inwieweit dieser als motivierend wahrgenommene Aspekt als *Novelty-Effekt* (Tsay, Kofinas, Trivedi, & Yang, 2020) einzustufen ist, der mit der Zeit abklingt. Das Lernen mit den integrierten Online-Erklärvideos wurde als ansprechend wahrgenommen. Beide Lehrkräfte betonten, dass sie die Lernumgebung auch erneut verwenden möchten. Teils haben sie sich darin mehr Anleitung der Lernenden gewünscht, sowie eine verstärkte Ergebnissicherung außerhalb der Lernumgebung, z.B. klassisch in einem Heft aus Papier. Weiterhin wurden bei den Lehrkräften Möglichkeiten gesehen auch einzelne Seiten der Lernumgebung, z.B. zu einzelnen Modellen oder überprüfenden Experimenten dazu, in den Unterricht zu integrieren.

Wir danken den beteiligten Lehrerinnen und Klassen herzlich für ihre Unterstützung!

Literatur

Burde, J.-P. (2018). *Konzeption und Evaluation eines Unterrichtskonzepts zu einfachen Stromkreisen auf Basis des Elektronengasmodells*. https://doi.org/10.30819/4726

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

Frigg, R., & Hartmann, S. (2020). Models in Science. In *Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Spring 2020). https://doi.org/10.1145/544317.544327

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.

KMK (Kultusministerkonferenz) (2004). *Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss*.

Kuckartz, U. (2018). *Qualitative Inhaltaanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung* (4th ed.). Weinheim Basel: Beltz Juventa.

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. https://doi.org/10.1186/s43031-019-0002-0

McKenney, S., & Reeves, T. C. (2012). Conducting Educational Design Research. In S. McKenney & T. C. Reeves (Eds.), *Conducting Educational Design Research*. https://doi.org/10.4324/9781315105642

Meisert, A. (2008). Vom Modellwissen zum Modellverständnis – Elemente einer umfassenden Modellkompetenz und deren Fundierung durch lernerseitige Kriterien zur Klassifikation von Modellen. *Zeitschrift Für Didaktik Der Naturwissenschaften*, *14*, 243–261.

Sliwka, A. (2018). *Pädagogik der Jugendphase*. Weinheim Basel: Beltz.

Suppe, F. (2000). Understanding Scientific Theories : An Assessment of Developments, 1969-1998. *Philosophy of Science*, *67*, 102–115.

Tsay, C. H. H., Kofinas, A. K., Trivedi, S. K., & Yang, Y. (2020). Overcoming the novelty effect in online gamified learning systems: An empirical evaluation of student engagement and performance. *Journal of Computer Assisted Learning*, *36*(2), 128–146. https://doi.org/10.1111/jcal.12385

Martin Erik Horn[1] [1]iu – Internationale Hochschule, Campus Berlin

Orthogonale Regression in der Raumzeit

In empirisch arbeitenden Wissenschaftsdisziplinen stellt die Regressionsanalyse ein wichtiges Werkzeug zur Klärung von Abhängigkeiten zwischen unterschiedlichen Variablen dar. Dabei spiegelt sich in der Geschichte der Entwicklung von Regressionsansätzen und von Techniken zur Bestimmung kleinster Quadrate die ganze Zerrissenheit unserer eigenen Disziplin, der Physikdidaktik, wieder.

Zum einen sind da die Ansätze, die aus den uns zugeordneten Fachdisziplinen, der Physik und der Astronomie, kommen, und die die Fehlerhaftigkeit von Messungen im Zentrum der wissenschaftlichen Analyse sehen. Diese den Naturwissenschaften entstammenden Herangehensweisen sind „gänzlich andersartig“ (Desrosières, 2005, S. 71) als die später in den Geistes- und Sozialwissenschaften, also auch den Fachdidaktiken, verbreiteten Ansätze, die Kausalbeziehungen in den Mittelpunkt von Regressionsansätzen stellen.

Entsprechend viele Erfinder und Mitgestalter der Methode der kleinsten Quadrate gibt es, beispielsweise Legendre, Gauß, Laplace ((Desrosières, 2005), (Stigler, 1986) und später Weisbach (Lösler & Eschelbach, 2020). Die von Tent dem Gymnasiasten Gauß in den Mund gelegten Worte beschreiben dabei in gleichzeitig eindrücklich wie problematischer Weise das Dilemma dieses Ansatzes: „If I squared all those differences, the ones that are further away would count more and that would also make all the numbers positive. I think that might be better“ (Tent, 2006, S. 73).

Ein Problem dabei ist, dass der Begriff des Abstands (Deza & Deza, 2016) ungeklärt bleibt als „difference between that ‚true value‘ and each measurement“ (Tent, 2006, S 72/73). Wir wissen meist einfach nicht, ob der ‚echte Wert‘ vertikal, horizontal oder in anderer Richtung vom Messwert entfernt positioniert ist. Dies führt dazu, dass ausführlich oft nur die einfache lineare Regression in vertikaler Richtung (Frost, 2018), manchmal ergänzt um eine durch Variablenvertauschung modellierte horizontale lineare Regression (siehe z.B. Ferschl, 1985, Kap. 5.4) thematisiert wird ohne näher auf weitere Ansatzmöglichkeiten einzugehen.

Infolgedessen ist das Verhältnis von Fachmathematikern zur orthogonalen Regression durchaus ambivalent. Einerseits werden die erfreuliche Symmetrie zwischen beiden Variablen und die Anschlussfähigkeit bezüglich multivariater Verfahren (Ferschl, 1985, S. 242) positiv hervorgehoben. Andererseits wird negativ auf die nicht existierende Skaleninvarianz und die „unwieldy form of the best-fit parameters“ (Weisstein, 1999, S. 1046), also die unhandliche und mathematisch sperrige Darstellung verwiesen – was bei einigen Fachkollegen sogar zu der Einschätzung führt, dass „mathematical statistics combines the worst aspects of mathematics with the worst aspects of statistics“ (Bingham & Fry, 2010, S. ix).

Deutlich positiver fällt die Einschätzung der Mathematikdidaktik aus. Beispielsweise betonen Brüstle und Dippon: „Erst die Kenntnis alternativer Methoden, wie die der horizontalen Regression, der orthogonalen Regression oder der Median-Regression, ermöglicht den

Lehrerinnen und Lehrern ein tieferes Verständnis der üblichen Regressionsmethode einschließlich ihres Anwendungspotentials und ihrer Beschränkungen“ (Sproesser et al., 2014, S. 45). Ohne ein Verständnis der orthogonalen Regression ist ein tiefgreifendes Verstehen der konventionellen, also vertikalen linearen Regression unmöglich.

Ähnlich konsequent sollten wir auch die physikdidaktische Einschätzung fassen, denn seit Einstein (Trageser, 2018), (Pauli, 2000) gilt: Erst ein Verständnis der Raumzeit ermöglicht Lernenden ein tieferes Verständnis des Raums. Und deshalb gilt auch: Ohne ein Verständnis der orthogonalen Regression in der Raumzeit ist ein tiefgreifendes Verstehen der konventionellen orthogonalen Regression, also der orthogonalen Regression im Euklidischen Raum unmöglich.

Zentraler Gesichtspunkt ist hier wieder die unklare Bedeutung des Begriffes „Abstand“. Gauß hat nämlich durchaus nicht recht, wenn er Abstandsquadrate durchgängig als positiv ansieht, da in der Raumzeit Abstände unterschiedlicher Norm existieren. Es gibt zeitartige Abstände, die positiv quadrieren und raumartige Abstände mit negativen Abstandsquadraten. Wir suchen also entweder das Minimum der Summe zeitartiger, positiver Quadrate oder das Maximum der Summe raumartiger, negativer Quadrate, da betragsmäßig immer kleiner werdende negative Quadrate formalmathematisch immer größer werden.

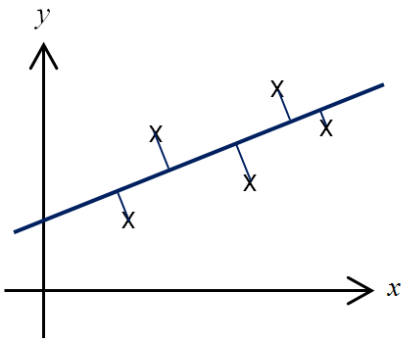


Abb. 1: Orthogonale Regression im rein räumlichen Raum

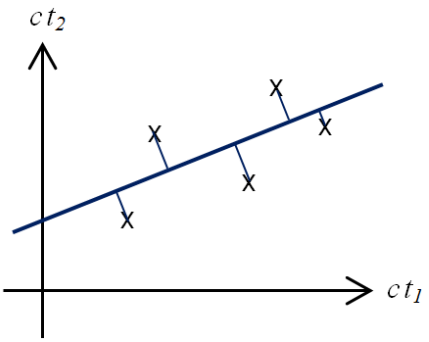


Abb. 2: Orthogonale Regression in einer zweidimensionalen Zeit

Die Summe der quadrierten orthogonalen Abstände (Fehlerquadrate) $\sum_{i=1}^{n} \frac{(y_i - mx_i - b)^2}{1+m^2}$ führt sodann durch Extremwertbildung auf die üblichen Regressionsparameter der orthogonalen Regression, wobei in der rein zeitlichen Situation physikalisch motiviert $x_i = ct_{1i}$ und $y_i = ct_{2i}$ gesetzt werden kann:

Steigung: $m = \frac{s_y{}^2 - s_x{}^2 \pm \sqrt{\left(s_x{}^2 - s_y{}^2\right)^2 + 4\, s_{xy}{}^2}}{2\, s_{xy}}$ y-Achsenabschnitt: $b = \bar{y} - m\bar{x}$

Erst im Kontext einer raumzeitlichen Denkweise wird die korrekte Interpretation der beiden unterschiedlichen Vorzeichen vor dem Wurzelausdruck im Zähler der Steigung m sinnhaft möglich: Da rein räumliche Abstände negativ quadrieren, führen die nun negativen Varianzen $s_x{}^2$ und $s_y{}^2$ und die nun negative Kovarianz s_{xy} nur zusammen mit einem negativen Wurzelwert auf die korrekte Steigung m, die – wie in den Abb. 1 und 2 zu erkennen – mit der Steigung der zweidimensional rein zeitlichen Situation übereinstimmt.

In einer raumzeitlich gemischten Regression lassen sich deshalb die unterschiedlichen Vorzeichen der Wurzel direkt mit den beiden möglichen Fällen einer entweder raumartigen (siehe Abb. 3) oder zeitartigen Regressionsgeraden (siehe Abb. 4) verknüpfen. Denn bei einer raumartigen Regressionsgeraden sind die orthogonalen Abstände zeitartig und quadrieren positiv (also wird der positive Wurzelausdruck benötigt), während bei einer zeitartigen Regressionsgeraden die orthogonalen Abstände raumartig sind und negativ quadrieren (so dass der negative Wurzelausdruck benötigt wird).

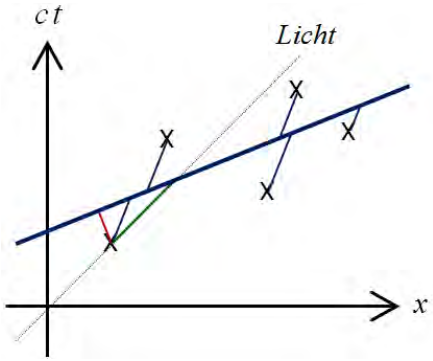


Abb. 3: Raumartige Regressionsgerade bei orthogonaler raumzeitlicher Regression

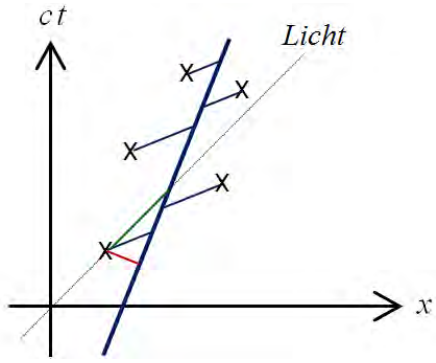


Abb. 4: Zeitartige Regressionsgerade bei orthogonaler raumzeitlicher Regression

Hier können jetzt relativistisch motiviert Argumentationsweisen in Statistik-Kursen auch mit Studierenden physikferner Fächer thematisiert werden, beispielsweise in (Horn, 2021b) mit Informatik-Studierenden. Die beiden rot eingezeichneten Abstände stehen nun nicht mehr senkrecht zu den Regressionsgeraden der Abb. 3 und 4. Orthogonal sind stattdessen die blau gezeigten Abstände, die raumzeitlich bedingt (und zur Verblüffung der Studierenden) die jeweils größten Abstände besitzen. Diese Abstände sind auch deutlich länger als die beiden grün eingezeichneten lichtartigen Abstände, die naturgemäß eine Länge von Null aufweisen.

Die Summe der quadrierten orthogonalen raumzeitlichen Abstände $\sum_{i=1}^{n} \frac{(y_i - m x_i - b)^2}{1-m^2}$ (also der raumzeitlichen Fehlerquadrate) führt durch Extremwertbildung wieder auf die üblichen Regressionsparameter der orthogonalen Regression, jetzt mit $y_i = ct_i$ skalar geschrieben als:

Steigung: $m = \frac{{s_y}^2 + {s_x}^2 \pm \sqrt{\left({s_x}^2 + {s_y}^2\right)^2 - 4\,{s_{xy}}^2}}{2\,s_{xy}}$ y-Achsenabschnitt: $b = \bar{y} - m\bar{x}$

Es ist erstaunlich, dass eine raumzeitliche Betrachtung der Regression bisher übergangen wurde, so als ob die Variablen, die wir zur empirischen Beschreibung in der Physikdidaktik nutzen, immer und überall Euklidisch agieren. Es darf vermutet werden, dass dem nicht so ist und manche Beziehungen unter Nutzung raumzeitlicher Variablen und eines „Prinzips der größten Quadrate“ überzeugender und mathematisch klarer formuliert werden könnten.

Die Beschreibung der Regression mit Hilfe von Moore-Penrose-Matrizeninversen (Albert, 1972) als Skalarteil von Verallgemeinerten Pauli-Algebra-Matrizeninversen (Horn, 2018) modelliert ja nur die Situation im Euklidischen Raum. Die Übertragung dieses Ansatzes in die Raumzeit mit Hilfe raumzeitlicher Matrizeninverse als Skalarteil von Verallgemeinerten Dirac-Algebra-Matrizeninversen (Horn, 2021a) wurde bisher ebenfalls nicht vorgenommen.

Literatur

Albert, A. (1972). Regression and the Moore-Penrose Pseudoinverse. New York, London: Academic Press

Bingham, N.H. & Fry, J.M. (2010). Regression. Linear Models in Statistics. London: Springer-Verlag

Desrosières, A. (2005). Die Politik der großen Zahlen. Eine Geschichte der statistischen Denkweise. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag

Deza, M.M. & Deza, E. (2016). Encyclopedia of Distances. 4. Auflage, Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag

Ferschl, F. (1985). Deskriptive Statistik. 3. Auflage, Würzburg, Wien: Physica-Verlag

Frost, I. (2018). Einfache lineare Regression. Die Grundlage für komplexe Regressionsmodelle verstehen. Wiesbaden: Springer VS / Springer Fachmedien

Horn, M.E. (2018). Verallgemeinerte Matrizeninverse und Moore-Penrose-Matrizeninverse aus physikdidaktischer Sicht. In: PhyDid B, Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung in Würzburg, Beitrag DD 02.35

Horn, M.E. (2021a). Dirac-Algebra: Kurz und schmerzlos. In: PhyDid B, Didaktik der Physik, Beiträge zur virtuellen DPG-Frühjahrstagung, Beitrag DD 14.04

Horn, M.E. (2021b). Linear Regression and Orthogonal Regression in Space and Spacetime. OHP Slides for the tutorials “Advanced Statistics – DLMDSAS01” and “Advanced Mathematics – DLMDSAM01” of the Online International Master program “Computer Science” at iu – Internationale Hochschule / International University of Applied Sciences, Campus Berlin, Summer 2021 (Fassung vom 6. Juli 2021)

Lösler, M. & Eschelbach, C. (2020). Orthogonale Regression – Realität oder Isotropie? In: tm – Technisches Messen, De Gruyter Oldenbourg, 87 (10), 637-646

Pauli, W. (2000). Relativitätstheorie. Neu herausgegeben und kommentiert von D. Giulini. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag

Sproesser, U., Wessolowski, S. & Wörn, C. (Hrsg.) (2014). Daten, Zufall und der Rest der Welt. Didaktische Perspektiven zur anwendungsbezogenen Mathematik. Wiesbaden: Springer Spektrum / Springer Fachmedien

Stigler, S.M. (1986). The History of Statistics. The Measurement of Uncertainty before 1900. Cambridge, Massachusetts & London: The Belknap Press / Harvard University Press

Tent, M.B.W. (2006). The Prince of Mathematics – Carl Friedrich Gauss. Wellesley, Massachusetts: A. K. Peters

Trageser, W. (Hrsg.) (2018). Das Relativitätsprinzip. Eine Sammlung von Originalarbeiten zur Relativitätstheorie Einsteins. 2. Auflage, Berlin: Springer Spektrum / Springer Nature. Ursprünglich erschienen unter: Lorentz, H.A., Einstein, A. & Minkowski, H. (1923): Das Relativitätsprinzip – Eine Sammlung von Abhandlungen. 5.Auflage, Leipzig, Berlin: B. G. Teubner

Weisstein, E.W. (1999). CRC Concise Encyclopedia of Mathematics. Boca Raton, London, New York: Chapman & Hall/CRC, 1045-1049

Corinna Mönch[1]
Silvija Markic[1]

[1]Pädagogische Hochschule Ludwigsburg

Pedagogical Scientific Language Knowledge angehender Chemielehrkräfte

„Einmal sind wir in der Lage, zu verstehen, daß alles Sprache ist, was gemeinhin »Wissen« genannt wird. Das heißt, der Schlüssel zum Verständnis eines »Faches« ist das Verständnis seiner Sprache."
(Postman & Weingartner, 1972, S. 146)

Der Zugang zum Fach Chemie kann somit nur über die Fachsprache – das *Chemish* (Markic & Childs, 2016) – erfolgen. Das Chemish stellt jedoch gleichzeitig eine der größten Hürden beim Lehren und Lernen von Chemie im Schulkontext dar. Chemielehrkräfte sollen deshalb als *linguistic guides* (Laszlo, 2013) fungieren. Um als Chemielehrkraft erfolgreich Fachsprache unterrichten zu können und den Bedürfnissen der Schüler*innen beim Erlernen der Fachsprache gerecht zu werden, müssen Chemielehrkräfte eine spezielle Art des Professionswissens erwerben: das *Pedagogical Scientific Language Knowledge* (PSLK). Angelehnt an das PCK nach Shulman (1987) entwickelte Markic (2017) den Begriff des PSLKs als „*teachers' Pedagogical Language Knowledge (PLK) with the focus on scientific language of chemistry*" (Markic, 2017, S. 181). Markic bezieht sich dabei auf das PLK nach Bunch (2013, S. 307), welches als „knowledge of language *directly related to disciplinary teaching and learning and situated in the particular (and multiple) contexts in which teaching and learning take place*" definiert wird.
Obwohl die sprachlichen Anforderungen der Fachsprache ausführlich dokumentiert wurden (bspw. Markic & Childs, 2016) und die Bedeutung der Sprache im naturwissenschaftlichen Unterricht zunehmend anerkannt wird, haben u.a. Childs, Markic und Ryan (2015) darauf hingewiesen, dass nur wenig Forschung in diesem Bereich betrieben wurde. Angehende Lehrkräfte sind sich der Besonderheiten der Fachsprache kaum bewusst und wenden Lehrstrategien nur sehr selten an (bspw. Carrier & Grifenhagen, 2020; Sagiannis & Dimopoulos, 2018); oftmals entwickelt sich *language awareness* in Bezug auf die Fachsprache erst durch Fortbildungen nach der eigentlichen Lehrer*innenausbildung (bspw. Buxton et al., 2013). Markic (2017) fand heraus, dass auch das PSLK von Lehrkräften in der Praxis gering ist, da sie nur wenig über Methoden und Eigenschaften der Fachsprache wissen, dieses Wissen meist intuitiv ist und das Lernen der Fachsprache mit dem Lernen einer Fremdsprache gleichsetzen.

Fragestellung
Um eine adäquate Lehrer*innenausbildung zu bieten, stellt sich die Frage: Welches Ausmaß an PSLK besitzen zukünftige Chemielehrkräfte bereits während ihrer universitären Ausbildung?
Diese Frage lässt sich vor dem theoretischen Hintergrund des PSLKs weiter in drei Fragen unterteilen:
- Wie definieren angehende Chemielehrkräfte bestimmte Fachbegriffe?
- Welche Schwierigkeiten, die Schüler*innen haben könnten, nennen angehende Chemielehrkräfte in Bezug auf diese Fachbegriffe?
- Wie erklären angehende Chemielehrkräfte diese Fachbegriffe Schüler*innen der zugehörigen Klassenstufe?

Methodik

Das PSLK der angehenden Chemielehrkräfte (N=41) wurde anhand einer Fallstudie basierend auf offenen Fragen untersucht. Folgende drei Fragen sollten, in mehreren Sets zu unterschiedlichen Fachbegriffen, beantwortet werden:

1. Definieren Sie den Begriff X.
2. Welche Schwierigkeiten könnten Schüler*innen mit dem Begriff X haben?
3. Wie würden Sie den Begriff X Schüler*innen der Y. Klasse erklären?

Diese drei Fragen wurden anhand einer Online-Erhebung gleichzeitig auf einer Seite dargestellt. Das X steht dabei stellvertretend für die Fachbegriffe *Stoff, Reaktion, Oxidation, Element, Neutralisation, Luft* und *Teilchen*, die Klassenstufe Y ist angelehnt an die inhaltlichen Kompetenzen der Lehrpläne BW für die Sekundarstufe I und die Grundschule (Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg, 2016a, 2016b). Aufgrund der unterschiedlichen Studiengangszugehörigkeiten (Grundschullehramt und Lehramt für die Sekundarstufe I) wurden entsprechende Fragebögen konstruiert (Begriff für beide Studiengänge: *Stoff*; Begriffe nur Grundschullehramt: *Teilchen, Luft, Element*; Begriffe nur Lehramt für Sekundarstufe I: *Reaktion, Oxidation, Element*). Die Auswertung erfolgte anhand qualitativer Inhaltsanalyse nach Kuckartz (2018) mit Fokus auf die Spezifika der Fachsprache. Die Ergebnisse wurden durch die Autorinnen kommunikativ validiert.

Ergebnisse

Fachwissen

Wie sich in der Auswertung zeigt, befinden sich der Großteil der Definitionen (49%) auf dem *intermediate knowledge level,* was dem Wissen entspricht, das nach Lehrplan in der Sekundarstufe I erworben wird. Weitere 36% der Definitionen befinden sich auf dem *advanced knowledge level* (Niveau der Sekundarstufe II) und 15% auf dem *novice knowledge level*, was Alltagswissen und Präkonzepte umfasst.

Wissen über die Schwierigkeiten der Schüler*innen mit Fachbegriffen

Die Schwierigkeit, die von den angehenden Chemielehrer*innen für die Sekundarstufe I oder den Primarbereich am häufigsten genannt wurde, ist die *Polysemie* der Fachbegriffe (56%) – besonders bei den Begriffen Stoff (95%), Reaktion (83%) und Teilchen (59%). Obwohl sich die meisten angehenden Chemielehrer*innen der Polysemie eines Wortes in Alltag und Chemie bewusst waren, wurde nur an vier Stellen auf die Polysemie der Begriffe innerhalb der Chemie verwiesen. So zeigten jeweils nur zwei angehende Chemielehrkräfte bezüglich *hausgemachter Fehlvorstellungen* bei den Begriffen *Oxidation* und *Neutralisation* ein tieferes Verständnis für Schwierigkeiten der Schüler*innen, davon eine bei beiden Begriffen. Auch die *Komplexität des zugrundeliegenden Konzepts* (16%) kann mit dem Wissen über Fachsprache in Verbindung gebracht werden. So wurde angegeben, dass andere Begriffe, die zur Erklärung und zum Verständnis des Fachbegriffes notwendig wären, mitgedacht werden müssten. Daneben wurden jedoch keine weiteren Schwierigkeiten in Bezug auf die Besonderheiten des Chemish genannt. Außerdem wurden die *Abstraktheit des zugrundeliegenden Konzepts* (28%) ebenso wie die Tatsache, dass Schüler*innen *bisher keine Vorstellung* des Fachbegriffs haben (13%), genannt.

Erklärung der Fachbegriffe

Obwohl die angehenden Chemielehrkräfte für die Sekundarstufe I oder den Primarbereich einige Schwierigkeiten nannten, gingen sie nur in 30% der Erklärungen auf die genannten

Schwierigkeiten ein – und das obwohl die Antwort auf die vorhergehende Frage zu den Schwierigkeiten noch einsehbar war. Interessant ist, dass obwohl die Polysemie als die am häufigsten genannte Schwierigkeit identifiziert wurde, diese nur in 14% der Erklärungen thematisiert wurde. Ebenfalls interessant ist, dass in zwei Erklärungen auf die Polysemie des Fachbegriffes eingegangen wird, ohne diese vorher als Schwierigkeit zu identifizieren.

Zusammenfassung, Diskussion und Ausblick

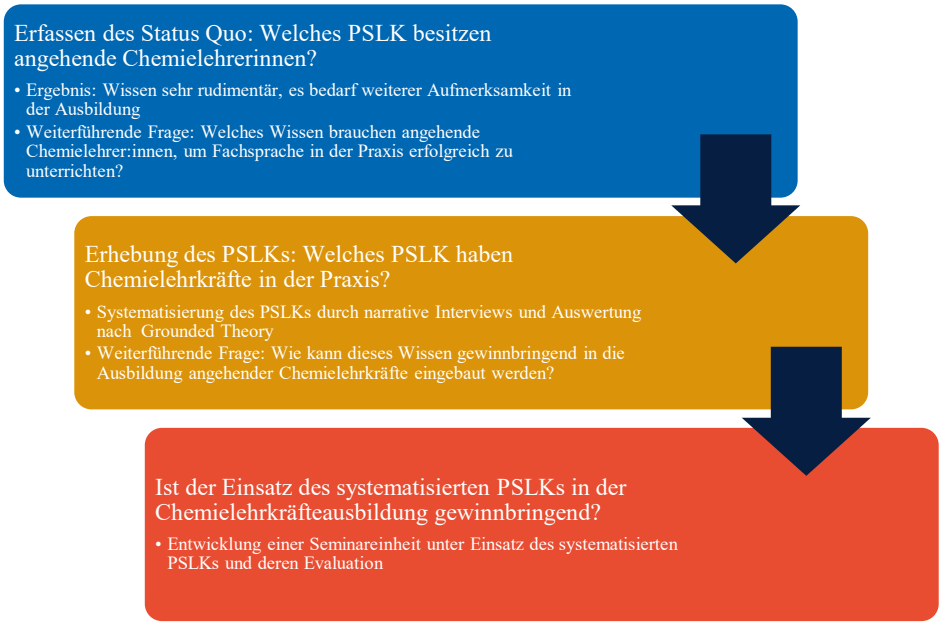


Abb. 1 Strategie zur Systematisierung und Implementation des PSLK

Bezüglich des Fachwissens ist festzustellen, dass keine der genannten Definitionen auf dem *superior knowledge level* eingeordnet wurde, was dem Wissen entspricht, das während des Chemielehramtsstudiums erworben werden sollte. Da die Antworten der Studierenden insgesamt sehr kurz ausfielen, ist anzunehmen, dass durch die gewählte Erhebungsmethode nicht der komplette Wissensumfang der angehenden Chemielehrkräfte ersichtlich wurde. Nichtsdestotrotz ist bezüglich des Wissens über Schwierigkeiten der Schüler*innen mit bestimmten Fachbegriffen festzustellen, dass dieses noch sehr lückenhaft ist. Deshalb ist kaum verwunderlich, dass die Lehramtsstudierenden sich den Schwierigkeiten, die die Fachsprache der Chemie mit sich bringt, kaum bewusst sind und deshalb nur unzureichend auf diese eingehen. Darin zeigt sich, dass die *teacher language awareness* (Andrews, 2003) in Bezug auf die Fachsprache der Chemie (*scientific language awareness*) stärker in den Mittelpunkt der Chemielehrer*innenausbildung gerückt werden muss. Weitere Schritte zur Förderung des PSLK angehender Chemielehrer*innen könnten deshalb sein (siehe *Abb. 1*): Die Systematisierung des PSLKs von Chemielehrkräften in der Praxis und dessen Einbindung in die Ausbildung angehender Chemielehrer*innen.

Disclamer

Die Unterstützung der Europäischen Kommission für die Erstellung dieser Veröffentlichung stellt keine Billigung des Inhalts dar, welcher nur die Ansichten der Verfasser*innen wiedergibt, und die Kommission kann nicht für eine etwaige Verwendung der darin enthaltenen Informationen haftbar gemacht werden.

Literatur

Andrews, S. (2003). Teacher Language Awareness and the Professional Knowledge Base of the L2 Teacher. *Language Awareness*, *12*(2), 81–95. https://doi.org/10.1080/09658410308667068

Bunch, G. C. (2013). Pedagogical Language Knowledge: Preparing Mainstream Teachers for English Learners in the New Standards Era. *Review of Research in Education*, *37*, 298–341. https://doi.org/10.3102/0091732X12461772

Buxton, C. A., Allexsaht-Snider, M., Suriel, R., Kayumova, S., Choi, Y., Bouton, B., & Baker, M. (2013). Using Educative Assessments to Support Science Teaching for Middle School English-Language Learners. *Journal of Science Teacher Education*, *24*(2), 347–366.

Carrier, S. J., & Grifenhagen, J. F. (2020). Academic Vocabulary Support for Elementary Science Pre-Service Teachers. *Journal of Science Teacher Education*, *31*(2), 115–133.

Childs, P., Markic, S., & Ryan, M. (2015). The Role of Language in the Teaching and Learning of Chemistry: Chapter 17. In J. García-Martínez & E. Serrano-Torregrosa (Hrsg.), *Chemistry education* (S. 421–445). Wiley-VCH.

Kuckartz, U. (2018). *Qualitative Inhaltsanalyse: Methoden, Praxis, Computerunterstützung* (4. Auflage). Beltz Juventa.

Laszlo, P. (2013). Towards Teaching Chemistry as a Language. *Science & Education*, *22*(7), 1669–1706. https://doi.org/10.1007/s11191-011-9408-6

Markic, S. (2017). Chemistry Teachers' Pedagogical Scientific Language Knowledge. In O. Finlayson, E. McLoughlin, S. Erduran, & P. Childs (Hrsg.), *Research, Practice and Collaboration in Science Education. Proceedings of the ESERA 2017 Conference* (S. 178–185). Dublin City University. https://www.esera.org/publications/esera-conference-proceedings/esera-2017

Markic, S., & Childs, P. (2016). Language and the teaching and learning of chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, *17*(3), 434–438. https://doi.org/10.1039/C6RP90006B

Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg (Hrsg.). (2016a). *Bildungsplan der Grundschule: Bildungsplan 2016: Sachunterricht*. Neckar-Verlag. www.bildungsplaene-bw.de/site/bildungsplan/bpExport/3141484/Lde/index.html?_page=0&requestMode=PDF&_finish=Erstellen

Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg (Hrsg.). (2016b). *Gemeinsamer Bildungsplan der Sekundarstufe I: Bildungsplan 2016: Chemie*. Neckar-Verlag. www.bildungsplaene-bw.de/site/bildungsplan/bpExport/3160226/Lde/index.html?_page=0&requestMode=PDF&_finish=Erstellen

Postman, N., & Weingartner, C. (1972). *Fragen und Lernen: Die Schule als kritische Anstalt*. März.

Sagiannis, S., & Dimopoulos, K. (2018). Greek primary school teachers' awareness of the special features of scientific language: Implications for science curricula and teachers' professional development. *The Curriculum Journal*, *29*(3), 387–405. https://doi.org/10.1080/09585176.2018.1427125

Shulman, L. (1987). Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform. *Harvard Educational Review*, *57*(1), 1–23. https://doi.org/10.17763/haer.57.1.j463w79r56455411

Phillipp Krüger[1]
Kai Bliesmer[1]

[1]Universität Oldenburg

Physik des Segelns für eine Surfschule didaktisch rekonstruieren

Windsurfschulen an der norddeutschen Küste vermitteln ihren Besucher:innen in Theorie und Praxis verschiedene Segeltechniken – sie fungieren somit als außerschulische Lernorte. Die Physik des Segelns spielt dabei im Theorieteil der Ausbildung am Surfbrett eine bedeutende Rolle für die Begründung der praktischen Segeltechniken. Der Theorieteil der Ausbildung ist dem free-choice learning (Falk & Dierking, 2002) zuzuordnen, weil die Fähigkeiten auf dem Surfbrett nicht zwingend von der Kenntnis segelphysikalischer Inhalte abhängig sind und sich die Besucher:innen daher freiwillig den physikalischen Inhalten widmen können. Gleichwohl handelt es sich beim Windsurfen um eine beliebte Sportart, durch die Bezüge zu physikalischen Inhalten hergestellt werden können. Daraus resultiert mit Blick auf Physik ein Lehr-Lern-Potenzial, das es fachdidaktisch auszuschöpfen gilt. Deshalb ist eine Zusammenarbeit zwischen Fachdidaktik und Windsurfschule initiiert worden, in deren Rahmen die Physik des Segelns für eine Windsurfschule didaktisch rekonstruiert (Duit et al., 2012) wurde.

Hintergrund

Das außerschulische Lernen beruht auf dem Ansatz des free-choice learning (Falk & Dierking, 2002), wenn von erzwungenen Besuchen außerschulischer Lernorte durch Schulklassen abgesehen wird. Die Freiwilligkeit, auf dem der Ansatz des free-choice learning beruht, ist allerdings auch insofern eine Herausforderung, als sich Lernende jederzeit abwenden und anderen Aktivitäten nachgehen können. Deshalb braucht es für das außerschulische Physiklernen authentische und attraktive Freizeitkontexte, um eine freiwillige Auseinandersetzung mit physikalischen Inhalten zu realisieren. Einen solchen Kontext stellt das Windsurfen als beliebte Freizeitaktivität dar. Dabei bietet sich durch das Windsurfen die Möglichkeit, physikalische Gesetzmäßigkeiten und Phänomene beim Segeln im Wechselspiel mit Eigenerfahrungen auf dem Wasser zu thematisieren. Somit bietet die Erarbeitung physikalischer Inhalte Windsurf- und Segelinteressierten vertiefte Einblicke in ihre Sportart. Eine Zusammenarbeit zwischen einer Windsurfschule und der Physikdidaktik an der Universität Oldenburg wurde etabliert, um das Lehr-Lern-Potenzial des Windsurfens für das außerschulische free-choice learning von Physik zu heben.

Ziele sowie korrespondierende Forschungs- und Entwicklungsaufgaben

Ziel des Projekts ist die fachdidaktisch fundierte Weiterentwicklung bzw. Neuentwicklung von Lernmaterialien für die ausgewählte Windsurfschule, mit der eine Zusammenarbeit besteht. Hierbei ist es wichtig, die dortigen Lehrenden im Sinne einer symbiotischen Implementationsstrategie (Gräsel & Parchmann, 2004) in die Entwicklung einzubeziehen. Denn so lassen sich einerseits deren wertvolle Erfahrungen zunutze machen und andererseits kann erwartet werden, dass Materialien, die aus einer Zusammenarbeit resultieren, über eine höhere Akzeptanz verfügen, sodass die Wahrscheinlichkeit steigt, dass sie schließlich auch eingesetzt werden. Als theoretisches Rahmenmodell, das die einzelnen Schritte und zu leistenden Aufgaben strukturiert, die nötig sind, um das Projektziel zu erreichen, wird die Didaktische Rekonstruktion (Duit et al., 2012) eingesetzt, die drei Arbeitsbereiche umfasst (s. Abb. 1). Diese drei Arbeitsbereiche strukturieren den vorliegenden Beitrag. Nacheinander werden die dortigen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten exemplarisch und zusammenfassend dargestellt.

Abb. 1. F&E-Aufgaben im Modell der Didaktischen Rekonstruktion (Duit et al. 2012)

Fachliche Klärung
Zur fachlichen Klärung wurde im ersten Teil das Konzept der Elementarisierung (Bleichroth, 1991) eingesetzt. Elementarisierung meint das Herausarbeiten von physikalischen Grundprinzipien (Elementaria), die für die Entschlüsselung des fachlich zu klärenden Inhaltsbereichs unabdingbar sind. Mit Blick auf den Kontext des Windsurfens wurde zur Elementarisierung Literatur zum Segeln (Püschl, 2012), zur Entstehung von Wind (Malberg, 2007; Etling, 2002), zum aerodynamischen und hydrodynamischen Auftrieb (Wodzinski, 2000; Scheer, 2010) sowie zur Strömungslehre (Bschorer, 2018) herangezogen. Darüber hinaus wurden im zweiten Teil der fachlichen Klärungen Windsurflehrer:innen als langjährige, sporttreibende Praktiker:innen in Experteninterviews (Bogner, Littich & Menz, 2005) nach ihren Vorstellungen von physikalischen Konzepten im Kontext des Segelns und zu wünschenswerten Inhalten in einem zu entwickelnden Lernmaterial befragt. Es wurden hier auch Fragen gestellt, die sich auf ihren Unterricht beziehen, um somit ihre diesbezügliche Expertise zu erkunden. Die Auswertung der Experteninterviews erfolgte durch eine qualitative Inhaltsanalyse (Kuckartz, 2018).

Teil 1: Herausschälen von Elementaria aus der Fachliteratur
Ein zentrales Konzept beim Segeln ist der sog. scheinbare Wind. Dieser resultiert aus der vektoriellen Addition von atmosphärischem Wind und Fahrtwind. Dieser scheinbare Wind umströmt das Segelprofil, wodurch die Segelkraft erzeugt wird. Sie besitzt eine Auftriebs- und eine Widerstandskomponente. Der aerodynamische Auftrieb wird durch das spitzwinkelige Anströmen des tragflächenförmigen Segelprofils generiert. Je frontaler der scheinbare Wind auf das Segel fällt, desto größer wird der Anteil der Widerstandskomponente. Ein weiteres wichtiges Konzept ist die Tatsache, dass die Summe aller Kräfte eines gleichförmig bewegten Objektes gleich Null ist, denn darüber wird die Einführung der sog. Wasserkraft als Gegenkraft zur Segelkraft motiviert: Was zuvor für Luft und Segel beschrieben wurde, gilt nämlich analog auch für Wasser und Unterwassertragfläche; das Schwert und das Unterwasserschiff (Unterwassertragfläche; kurz: UWTF) bilden ebenfalls eine Tragfläche, durch die die Wasserkraft generiert wird. Hier greift die Idee der Symmetrie des Segelns: Demnach stehen Segel- und Wasserkraft im Gleichgewicht zueinander. Je nach Achse kann ein Drehmoment deshalb als Steuermanöver oder Stabilitätsproblem gedeutet werden.

Teil 2: Experteninterviews
Die Windsurflehrkräfte legen Wert darauf, dass die Lernenden sich dem Einfluss des Wassers auf das Board und der damit einhergehenden Änderung der eigenen Position bewusst sind. Das betreffe vor allem die Erkenntnis, dass die Abdrift, hervorgerufenen durch Strömung und Wellen, sie permanent seitlich zum Kurs versetzt. Eine weitere wichtige Fähigkeit sei, dass Windsurfer:innen sich an Luv und Lee orientieren und sich souverän zwischen ihnen bewegen können. Die Windrichtung sei in der Segelfahrt die wichtigste Orientierungsgröße. Sie lege

fest, wie man Segeln muss, um das Ziel zu erreichen bzw. in die jeweilige Himmelsrichtung zu fahren. Es zeigt sich im Interview, dass die Lehrkräfte viel Wert auf prozedurales Wissen legen, wohingegen es sich bei den Elementaria um deklaratives Wissen handelt. Das zeigt, wie wichtig es ist, beiderlei im Rahmen der didaktischen Strukturierung zu verknüpfen.

Sicht der Lernenden erfassen

Mit problemzentrierten Interviews (Witzel, 1985) wurden Lernende nach ihren Erklärungskonzepten (Posner, Strike, Hewson & Gertzog, 1982) zur Physik des Windsurfens befragt: Dabei wurden die Fragen so konzipiert, dass die Denk- und Erfahrungswelt der Befragten hinsichtlich der Wechselwirkungen Luft-Segel, Segel-Mensch, Mensch-UWTF und UWTF-Wasser erkundet werden konnte. Die Auswertung der Daten erfolgte durch eine zusammenfassende qualitative Inhaltsanalyse nach Kuckartz (2018).

Drei zentrale Vorstellungen konnten bei den Lernenden identifiziert werden, die sich auf die Ursache für die Vortrieberzeugung beziehen. Bei der Windsackvorstellung (1) werden dem Segel Eigenschaften eines Behältnisses (wie Fassungsvermögen) zugeschrieben; das Segel bewege sich, weil Luft vom Segel gefasst werde, sodass die Luft ihre natürliche Eigenschaft der Bewegung an das Segel übertrage. Einige Lernende ziehen aus anderen Kontexten eine Tragflügelvorstellung (2) heran, verwechseln jedoch Ursache und Wirkung: Der Wind ströme an den beiden Profilseiten unterschiedlich schnell, woraus eine Druckdifferenz und letztlich der Antrieb entstehe. Eine weitere Vorstellung drückt sich als Schubvorstellung (3) aus: Windkräfte drücken auf das Segel und es entstehen "Druckpunkte", die den Surfer antreiben.

Didaktische Strukturierung

Aktuell wird der Bereich der didaktischen Strukturierung bearbeitet. Hier werden die analysierten fachlichen Inhalte und die empirisch erhobenen Vorstellungen der Lernenden miteinander verglichen. Auf Basis dieses Vergleichs werden Leitlinien für didaktische Strukturierungen formuliert. Das sind Vorschläge, wie sich die fachlichen Inhalte ausgehend von den Laienvorstellungen erarbeiten lassen, indem an die Vorstellungen angeknüpft, sie umgedeutet oder sie durch einen kognitiven Konflikt konfrontiert werden (Duit, 2007). Die aktuellen Ideen für Leitlinien werden nachfolgend vorgestellt.

Leitlinie I: Das Windfeld muss als bildliche Darstellung samt vektorieller Eigenschaften eingeführt werden, sodass der Unterschied zwischen Fahrtwind und atmosphärischem Wind verdeutlicht sowie der Einfluss des Windes auf den Windsurfer in Bezug auf seine Lage/ Position veranschaulicht wird. Somit wird einerseits dem strömungsmechanischen Charakter des scheinbaren Windes (Elementarium) als auch seiner Rolle als Orientierungsgröße Rechnung getragen (Anmerkung in den Experteninterviews).

Leitlinie II: Die Windsackvorstellung legt einen diskontinuierlichen Lernweg nahe, der durch einen kognitiven Konflikt angebahnt wird, indem das Kreuzen gegen den Wind praktisch erfahren und theoretisch anhand strömungsmechanischer Betrachtungen erläutert wird.

Leitlinie III: An die Schubvorstellung lässt sich gut anknüpfen, indem das Widerstandssegeln am Vorwindkurs erfahren wird. Es sollten verschiedene Segelgrößen verwendet werden, damit sich die Beziehung zwischen Widerstandskraft und Angriffsfläche herausarbeiten lässt.

Leitlinie IV: Ein kontinuierlicher Lernweg lässt sich auch bei der Tragflügelvorstellung realisieren, indem der Auftriebsaspekt des Segelns am Kreuzen gegen den Wind praktisch erfahren wird. Hier muss jedoch insofern eine Umdeutung angebahnt werden, als die Druckunterschiede am Profil häufig über unterschiedliche Strömungsgeschwindigkeiten begründet werden, da fälschlicherweise über Weglängenbetrachtungen am Profil argumentiert wird (Weltner, 1997).

Literatur

Bleichroth, W. (1991). Elementarisierung, das Kernstück der Unterrichtsvorbereitung. *Naturwissenschaft im Unterricht. Physik*, *39*, 4-11.

Bogner, A., Littich, B. & Menz, W. (2005). *Das Experteninterview. Theorie, Methode, Anwendung.* Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Bschorer, S. (2018). *Technische Strömungslehre. Lehr- und Übungsbuch*. Berlin, Heidelberg: Springer.

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.

Etling, D. (2008). *Theoretische Meteorologie. Eine Einführung*. Berlin, Heidelberg: Springer.

Falk, J. H. & Dierking, L. D. (2002). *Lessons without limit: How Free-Choice Learning is Transforming Education.* Lanham, MD: AltaMira Press.

Gräsel, C. & Parchmann, I. (2004). Implementationsforschung – oder: der steinige Weg, Unterricht zu verändern. *Unterrichtswissenschaft, 32(3),* 196-214.

Kuckartz, U. (2018). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung*. Weinheim, Basel: Beltz Juventa.

Malberg, H. (2007). *Meteorologie und Klimatologie: Eine Einführung*. Springer-Verlag.

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

Püschl, W. (2012). *Physik des Segelns. Wie Segeln wirklich funktioniert*. John Wiley & Sons.

Scheer, E. (2010). Auftrieb durch Wasser und Wind. Physik des Segelns. *Physik in unserer Zeit*, *41(4),* 184-190.

Witzel, A. (1985). Das problemzentrierte Interview. In G. Jüttemann (Hrsg.), *Qualitative Forschung in der Psychologie* (S. 227-255). Weinheim: Beltz.

Weltner, K. (1997). Flugphysik im Unterricht. *Physik in der Schule, 35(1),* 3-9.

Wodzinski, R. (2000). Wie erklärt man das Fliegen in der Schule? Versuch einer Analyse verschiedener Erklärungsmuster, *Plus Lucis, 2,* 18-22.

Matthias Fischer[1]
Manuela Welzel-Breuer[1]

[1]Pädagogische Hochschule Heidelberg

Naturwissenschaftliche Bildung in Straßenschulen und die Erfüllung des SDGs „Quality Education" – erste Studienergebnisse

Problembeschreibung

Nach einer aufwändigen Schätzung von Hoch (2017) gibt es in Deutschland etwa 37.000 Straßenjugendliche bis zum Alter von 27 Jahren. Den Begriff Straßenjugendliche definieren Beierle und Hoch dabei folgendermaßen: „Damit sind sowohl wohnungs- als auch obdachlose Jugendliche und junge Erwachsene unter […] 27 Jahren […] gemeint, die keinen festen Wohnsitz haben oder sich für eine nicht vorhersehbare Zeit abseits ihres gemeldeten Wohnsitzes aufhalten" (2017, S. 7). Zu Beginn ihrer Straßenkarrieren sind Straßenjugendliche durchschnittlich 16 Jahre alt, wobei die meisten (ca. 80%) volljährig sind (Hoch, 2016; Hoch, 2017). Ein großer Teil besitzt trotz entsprechendem Alter keinen Schulabschluss, da viele ihre Schullaufbahn mit Beginn der Straßenkarrieren aufgeben. So haben 22 von 30 befragten Jugendlichen in einem Interview von Bielert (2006) die Schule im Alter von durchschnittlich 14 Jahren abgebrochen. In den Interviews von Hoch (2016) haben sogar 59 von 205 befragten Jugendlichen angegeben, dass sie keinen Schulabschluss haben. Im Jahr 2019 betrug die Schulabbruchsquote zudem in Deutschland 6,6% (INSM, 2020). Straßenjugendliche berichten immer wieder von fehlender Unterstützung in der Schule aber auch von negativen Erfahrungen beispielsweise aufgrund von Mobbing oder Leistungsproblemen. Laut Beierle (2017) liegt der Grund für den Schulabbruch weniger in Überforderung oder Lernabneigung, sondern vielmehr in Problemen beim Zurechtfinden im Sozialsystem Schule. Somit ist offensichtlich, dass Angebote nötig sind, die Straßenjugendlichen Schulbesuche und -abschlüsse trotz begonnener Straßenkarrieren ermöglichen.

Hintergrund

Im September 2015 wurden die 17 Nachhaltigkeitsziele (SDGs) von den Vereinten Nationen verabschiedet. Jedes dieser Ziele besitzt mehrere Unterziele. Angestrebt ist die weltweite Realisierung dieser Ziele sowie ihrer Unterziele bis 2030. Das vierte SDG lautet in Kurzform „Hochwertige Bildung". Vergleicht man die Ziele dieses SDGs mit der oben dargestellten Problemlage, wird deutlich, wie groß der Abstand zwischen den Zielen und der Realität für die Gruppe der Straßenjugendlichen in Deutschland ist. So soll doch sichergestellt werden, „dass alle […] eine […] Sekundarschulbildung abschließen" und „dass alle […] die notwendigen Kenntnisse […] zur Förderung nachhaltiger Entwicklung erwerben" (Vereinte Nationen, 2015, S. 18). Der häufige vorzeitige Schulabbruch von Straßenjugendlichen steht diesen beiden Unterzielen entgegen. Ein weiteres Unterziel fordert, „den gleichberechtigen Zugang der Schwachen in der Gesellschaft […] zu allen Bildungs- und Ausbildungsebenen [zu] gewährleisten" (Vereinte Nationen, 2015, S. 18). Vergleicht man dieses Ziel mit der Feststellung von Beierle (2017), dass für die Schulabbrüche nicht Überforderung oder Lernabneigung verantwortlich sind, sondern Schwierigkeiten mit dem Sozialsystem Schule, muss auch für Deutschland festgehalten werden, dass insbesondere Straßenjugendliche keinen gleichberechtigten Zugang zu Bildung

besitzen. Um hochwertige Bildung inklusive -abschlüsse auch für Straßenjugendliche zu ermöglichen, sind verschiedene Schulprojekte, sogenannte Straßenschulen, entstanden. Unter Straßenschulen verstehen wir Projekte, die insbesondere Straßenjugendlichen unter Berücksichtigung ihrer Lebenslagen formale Bildungsangebote unterbreiten und in denen Bildungsabschlüsse gemacht bzw. nachgeholt werden können. In Deutschland haben wir derzeit Kenntnis von zehn verschiedenen Straßenschulen.

Forschungsfragen und methodisches Vorgehen

Im Rahmen des Forschungsprojektes soll untersucht werden, wie naturwissenschaftliche Bildung in Straßenschulen umgesetzt wird und welches Potential sie besitzt, zur Realisierung des SDGs „Hochwertige Bildung" für Straßenjugendliche beizutragen. Bei der Beantwortung dieser Fragen sollen u.a. die folgenden Forschungsfragen helfen:

- Welche besonderen Anforderungen sollten naturwissenschaftliche Bildungsangebote erfüllen?
- Welche besonderen Anforderungen benennen Lehrkräfte und Verantwortliche der Straßenschulen in Deutschland hinsichtlich naturwissenschaftliche Lernsituationen?

Die erste Frage wurde mit einer ausführlichen Literaturrecherche in Quellen über Straßenkinder in Entwicklungsländern und über Straßenjugendliche in westlichen Ländern beantwortet. Festzuhalten ist hierbei, dass die Recherche sehr breitgefächert durchgeführt werden musste, da es nur vereinzelt Quellen zu Straßenkindern / Straßenjugendlichen in Verbindung mit naturwissenschaftlicher Bildung gibt. Die zweite Frage wird mit Hilfe von leitfadengestützten Interviews mit ExpertInnen gemäß Helfferich (2019) bearbeitet. Interviewt wurden bzw. werden dabei naturwissenschaftliche Lehrkräfte ($N_L = 16$) und Verantwortliche ($N_V = 10$) aller gefundenen Straßenschulen ($N_S = 10$). Der Leitfaden hierfür basiert auf den Ergebnissen der Literaturrecherche und erfasst die Perspektive der Lehrkräfte und Verantwortlichen in existierenden Straßenschulen. Die Interviews werden aufgezeichnet, transkribiert und mit Hilfe einer thematischen qualitativen Inhaltsanalyse nach Kuckartz (2018) ausgewertet. Anschließend werden Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen Interviews und Literaturergebnissen sowie in der Literatur fehlende Aspekte herausgearbeitet.

Erste Ergebnisse aus Literatur und Interviews

Für eine gelingende Lernsituation ist nach fachdidaktischen Erkenntnissen insbesondere „das Wechselspiel zwischen Lernenden, Lehrenden und den zu vermittelnden Inhalten innerhalb der Lehr-Lern-Situation" zu berücksichtigen (Welzel-Breuer & Breuer, 2018, S. 28). Häufig wird auch die Schule, in der die Lernsituation stattfindet, mit in das Wechselspiel aufgenommen (Seel & Hanke, 2015). Aufbauend auf diesen Erkenntnissen stellt Abb. 1 ein Modell für die Anforderungen an Lernsituationen mit Straßenkindern und -jugendlichen dar.

Abb. 1: Modell für die Anforderungen an Bildungssituationen für Straßenjugendliche

Bisher wurden zwei von 26 Interviews (eines mit einem Verantwortlichen (V1) und eines mit einer naturwissenschaftlichen Lehrkraft (L1) von Straßenschulen) ausgewertet. Bereits

in diesen ersten Interviews lassen sich mit Blick auf die Literaturbefunde viele Anforderungen an naturwissenschaftliche Lernsituationen wiederfinden, allerdings gibt es auch Aspekte, die gar nicht in der Literatur benannt werden. Stichpunktartig sind in den folgenden Tabellen ausgewählte Funde zu den Lernvoraussetzungen und Anforderungen an die Inhalte sowie deren Vermittlung (Tab. 1) sowie zu den Anforderungen an die Lehrkräfte und an die Straßenschulen (Tab. 2) gesammelt. Die rot gekennzeichneten Stichpunkte konnten wir bisher noch nicht in der Literatur finden.

Lernvoraussetzungen (Fundstellen)	**Anforderungen an Inhalte und deren Vermittlung (Fundstellen)**
- Aufmerksamkeitsprobleme (L1; Flick & Röhnsch, 2008)	- Viel praktisches Arbeiten (L1; Gebhardt, 2007)
- Geringe Selbstwirksamkeitserwartung (V1; Beierle, 2017)	- Alltagsnahe und -praktische Darstellung (V1; Gebhardt, 2007)
- Oft geringes Vorwissen in den Naturwissenschaften (L1; Welzel-Breuer & Breuer, 2018)	- Nutzung vieler verschiedener Methoden mit individueller Passung an Jugendliche (L1; V1)
- Probleme mit alltagsfremden Fachbegriffen (L1)	- Möglichst anschauliche Darstellung des Inhalts (L1; V1)

Tab. 1: Anforderungen an naturwissenschaftliche Bildung für Straßenjugendliche (Teil 1)

Anforderungen an Kompetenzen der Lehrkräfte (Fundstellen)	**Anforderungen an Straßenschulen (Fundstellen)**
- Umgang und Arbeiten auf Augenhöhe (L1; V1; Wolfer, 2019)	- Niedrigschwellige Teilnahme (L1, Wolfer, 2019)
- Sensibilisierung für Straßenjugendliche und ihre Probleme (L1; V1; Calabrese Barton, 1998)	- Sozialarbeiterische Betreuungsmöglichkeiten (V1; Beierle, 2019)
- Großes Methodenrepertoire (L1)	- Regelmäßige Teamtreffen (L1; V1; Beierle, 2019)
- Didaktisches Vereinfachen von naturwissenschaftlichen Inhalten (L1, V1)	- Fortbildungsmöglichkeiten (L1; Pfitzenmaier, 2006)

Tab. 2: Anforderungen an naturwissenschaftliche Bildung für Straßenjugendliche (Teil 2)

Einordnung der ersten Ergebnisse

Wir gehen davon aus, dass naturwissenschaftlicher Unterricht in Straßenschulen Straßenjugendlichen prinzipiell einen motivierenden und Neugierde weckenden Zugang zu den Naturwissenschaften ermöglichen kann, der auch dem SDG „Hochwertige Bildung“ Rechnung trägt. Dazu muss er den spezifischen Anforderungen an die Situation von Straßenjugendlichen genügen. Da über die Arbeitsweise und die Situation an Straßenschulen und deren Unterstützungsbedarf bisher wenig bekannt ist, wird in dieser Studie zunächst der Ist-Stand hinsichtlich naturwissenschaftlicher Bildungsangebote erfasst, analysiert und anschließend systematisiert. Bereits mit der Literaturrecherche und den ersten zwei Interviews zeigen sich vielversprechende Daten und Ansatzpunkte. Die Datenanalysen werden derzeit fortgesetzt.

Literatur

Beierle, S. (2017). Praxisbericht zur Projektarbeit mit Straßenjugendlichen. Erkenntnisse aus den Modellprojekten des Innovationsfonds (des Kinder- und Jugendplans) im Bereich Jugendsozialarbeit (2014-2016). Halle: Deutsches Jugendinstitut. Url: https://www.dji.de/veroeffentlichungen/literatursuche/detailansicht/literatur/24664-praxisbericht-zur-projektarbeit-mit-strassenjugendlichen.html (09/2021)

Beierle, S. (2019). Projekte für die Zielgruppe der Straßenjugendlichen entwickeln und durchführen. Erkenntnisse aus Modellprojekten des Innovationsfonds des Bundes im Handlungsfeld Jugendsozialarbeit (2014-2016 und 2017-2019). Halle: Deutsches Jugendinstitut. Url: https://www.dji.de/fileadmin/user_upload/bibs/DJI_Strassenjugendliche_Handreichung_4.pdf (09/21)

Beierle, S. & Hoch, C. (2017). Straßenjugendliche in Deutschland. Forschungsergebnisse und Empfehlungen. München: Deutsches Jugendinstitut. Url: https://www.dji.de/fileadmin/user_upload/bibs2017/25865_beierle_hoch_strassenjugendliche.pdf (09/21)

Bielert, D. (2006). Straßenkarrieren von Kindern und Jugendlichen. Wenn es passiert ist… Erklärungen aus Sicht der Jugendlichen und Hilfestellung für ihre Eltern (Dissertation, Universität Hamburg). Url: https://ediss.sub.uni-hamburg.de/bitstream/ediss/1484/1/Bielertdissertation.pdf (09/21)

Calabrese Barton, A. (1998): Teaching Science with Homeless Children. Pedagogy, Representation, and Identity. Journal of Research in Science Teaching, 35 (4), 379–394

Flick, U.; Röhnsch, G. (2008). Gesundheit auf der Straße. Gesundheitsvorstellungen und Umgang mit Krankheit im Kontext von Jugendobdachlosigkeit. Weinheim, München: Juventa- Verlag

Gebhardt, J. (2007). Der „Hirntoaster“ am Hauptbahnhof. In: B. Herz (Eds.). Lernbrücken für Jugendliche in Straßenszenen. Münster: Waxmann, 13-20

Helfferich, C. (2019). Leitfaden- und Experteninterviews. In: N. Baur & J. Blasius (Eds.). Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung. Wiesbaden: Springer Fachmedien, 669-686

Hoch, C. (2016). Straßenjugendliche in Deutschland - eine Erhebung zum Ausmaß des Phänomens. Zwischenbericht - zentrale Ergebnisse der 1. Projektphase. Halle: Deutsches Jugendinstitut. Url: https://www.dji.de/fileadmin/user_upload/bibs2016/Bericht_Strassenjugendliche_2016.pdf (09/21)

Hoch, C. (2017). Straßenjugendliche in Deutschland - eine Erhebung zum Ausmaß des Phänomens. Endbericht - zentrale Ergebnisse der 2. Projektphase. Halle: Deutsches Jugendinstitut. Url: https://www.dji.de/fileadmin/user_upload/bibs2017/Strassenjugendliche_Endbericht.pdf (09/21)

Initiative Neue Soziale Marktwirtschaft (INSM) (2020). INSM-Bildungsmonitor 2020. Schulische Bildung in Zeiten der Corona-Krise. Köln: Institut der deutschen Wirtschaft. Url: https://www.insm-bildungsmonitor.de/pdf/Forschungsbericht_BM_Langfassung.pdf (09/21)

Kuckartz, U. (2018). Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung. Weinheim, Basel: Beltz Juventa

Pfitzenmaier, B. (2006). Raus aus der Sackgasse! Dokumentation des Programms „Hilfen für Straßenkinder und Schulverweigerer“. Stuttgart: Landesstiftung Baden-Württemberg. Url: https://www.bwstiftung.de/fileadmin/bw-stiftung/Publikationen/Gesellschaft_und_Kultur/G_K_Raus_aus_der_Sackgasse_Nr._20.pdf (09/21)

Seel, N. M. & Hanke, U. (2015). Erziehungswissenschaft. Lehrbuch für Bachelor-, Master- und Lehramtsstudierende. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag

Vereinte Nationen (2015). Transformation unserer Welt: die Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung. Url: https://www.un.org/depts/german/gv-70/band1/ar70001.pdf (09/21)

Welzel-Breuer, M. & Breuer, E. (2018). Physik (nicht nur) für Straßenkinder. Ein Praxis-Handbuch mit Experimentiervorschlägen. Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum

Wolfer, D. (2019). Straßenpädagogik und Straßenschule. In: M. Schweder (Eds.). Bildung und Erziehung im Abseits. Erste Annäherungen. Weinheim, Basel: Beltz Juventa, 72-89

Florian Frank[1]
Christoph Stolzenberger[1]
Thomas Trefzger[1]

[1]Julius-Maximilians Universität Würzburg

Vorstellung einer qualitativen Studie zur Eignung einer AR-Applikation zur Unterstützung der Modellvorstellungsbildung in der E-Lehre

Rahmen des Projekts

Im Rahmen des vom BMBF geförderten Projekts CoTeach werden Augmented Reality-Anwendungen für den Einsatz im Unterricht konzipiert, gestaltet und evaluiert. Augmented Reality (erweiterte Realität, kurz: AR) bezeichnet die Überblendung der realen Welt mit digitalen Inhalten und Objekten. Primär sollen zwei Forschungsfragen untersucht werden: 1) „Welchen Einfluss hat der Einsatz von AR auf das *konzeptuelle Verständnis* der Lernenden, gemessen in Form von Fachwissenszuwachs und Änderung der Auftretenswahrscheinlichkeit von Schülervorstellungen, und auf die *Motivation* im Vergleich zum traditionellen Physikunterricht und zur Nutzung einer bildschirmgestützten Simulation?“ und 2) „Welchen Einfluss haben *Leistungsniveau*, *Geschlecht, Vorwissen* und *Technikaffinität* und *-kompetenz* der Lernenden auf die Entwicklung des konzeptuellen Verständnisses und der Motivation beim Einsatz von AR?“ Die Fragestellungen wurden aus der Theorie der kognitiven Belastung (Sweller, 2010; Sweller, Merriënboer & Plass, 2019) und der Selbstbestimmungstheorie der Motivation (Ryan & Deci, 2016) entwickelt. Wir vermuten eine Verbesserung des konzeptuellen Verständnisses bei der Verwendung von AR in der Lehre didaktischer Modelle, da durch den Einsatz von AR die räumliche und zeitliche Trennung von Experiment und Theorie reduziert werden kann, was zu einer Entlastung der kognitiven Ressourcen führt (Mayer & Moreno, 2010; Mayer & Fiorella, 2014). Außerdem vermuten wir durch den Einsatz von AR eine Erhöhung des Internalisierungsgrads der Motivation, da durch die Nutzung von AR der Unterricht in einer Weise umgestaltet wird, welche die drei angeborenen menschlichen Grundbedürfnisse nach Kompetenz, Autonomie und sozialer Eingebundenheit stärker befriedigt (Ryan & Deci, 2020).

Vorstellung der untersuchten AR-Applikation

Zum oben vorgestellten Zweck wird am Lehrstuhl Physik und ihre Didaktik der JMU Würzburg eine AR-Applikation entwickelt, die Schüler*innen bei der Bildung einer didaktisch korrekten Modellvorstellung zum elektrischen Strom unterstützen soll. Die in Unity erstelle Applikation überblendet dafür mithilfe des Plugins Vuforia den Experimentierkasten Elektrik 1 der Firma MEKRUPHY mit virtuellen Repräsentationen zum Elektronengasmodell der Elektrizitätslehre (Burde, 2018). Hierfür können digitale Elektronen entlang der Leiterbahnen angezeigt werden, deren Geschwindigkeit und Dichte sich durch die realen Stromstärken und elektrischen Potentiale im Stromkreis ergibt. Die Leiterbahnen können außerdem je nach vorherrschendem elektrischem Potential (im Elektronengasmodell durch elektrischen Druck abstrahiert) eingefärbt werden: rot steht dabei für einen niedrigen elektrischen Druck, blau für hohen (Lutz, Burde, Wilhelm & Trefzger, 2020). Die Applikation soll im Unterricht sowohl in Verbindung mit Lehrer- als auch mit Schülerexperimenten genutzt werden. Sie ermöglicht die Untersuchung von Stromkreisen mit mehreren verschiedenen Bauelementen, sowohl Ohm’schen Widerständen als auch Glühlampen, in Reihen- oder Parallelschaltungen. Zusätzlich können für die

Bauteile Visualisierungen der Interaktion von Elektronen und Materie auf Teilchenebene eingeblendet werden. Hier können die Schüler*innen beispielsweise beobachten, wie die Elektronen mit den Gitteratomen der Bauteile interagieren und wie sich die Atomanordnungen der Bauteile unterscheiden (Frank, Stolzenberger & Trefzger, 2020).

Qualitative Erhebung zum Entwicklungsstand der AR-Applikation

Zur Unterstützung der Entwicklung der Applikation werden Begleiterhebungen durchgeführt, deren Ergebnisse in den weiteren Entwicklungsverlauf einfließen. Es sind hierfür drei Erhebungszeiträume geplant. Die erste Erhebung soll hier vorgestellt werden. Der Fokus liegt dabei auf Einschätzungen von Lehrkräften zur Applikation, genauer zur Umsetzung des didaktischen Modells in der Applikation und einem möglichen Einsatz der Applikation im Unterricht.

Die Forschung dreht sich im ersten entwicklungsbegleitenden Zeitraum daher um zwei Fragen: 1) „Wie bewerten Lehrkräfte den aktuellen Stand der Applikation in Hinsicht auf die Verständlichkeit und die Korrektheit der Darstellung und einen möglichen Einsatz im Unterricht?“ und 2) „Welche Änderungen sind aus Sicht von Lehrkräften mit Blick auf den Einsatz im Unterricht notwendig und sinnvoll?“. Zielgruppe der Erhebung sind Lehrkräfte des Gymnasiums mit mehrjähriger Lehrerfahrung. Die Erhebung wird nach dem Muster eines problemzentrierten Experteninterviews mit Leitfaden vollzogen (Mey & Mruck, 2011; Witzel, 2000). Die Lehrkraft bekommt zu Beginn der Befragung eine kurze Einführung in das Elektronengasmodell, im Anschluss interagiert sie selbstständig mit dem Experimentierkasten und der Applikation. Der Interviewer steht für Rückfragen zur Verfügung, beobachtet die Interaktion und stellt sicher, dass alle Funktionalitäten der Applikation ausprobiert werden. Im Anschluss wird das Experteninterview mit Leitfaden durchgeführt. Die Auswertung des Interviews verläuft mittels qualitativer Inhaltsanalyse mit induktiver Kategorienbildung (Mayring, 2015).

Der in den Interviews verwendete Leitfaden besteht aus über die Durchführungen hinweg konstant bleibenden Kernfragen zur Untersuchung der oben genannten Forschungsfragen und wechselnden explizierenden Fragen, die auf einzelne Aspekte der Applikation eingehen und aus der Beobachtung der Interaktion, den Antworten auf die Kernfragen und vorigen Interviews entwickelt werden. Die Kernfragen orientieren sich unter anderem an den Fragen einer ähnlichen Erhebung zur Validierung einer AR-Applikation (Kreienbühl, Wetzel, Burgess, Schmid & Brovelli, 2020).

Ausgewählte vorläufige Ergebnisse

Die bisherigen Versuchspersonen (n=6) waren Gymnasiallehrkräfte der Physik (davon ein Drittel Quereinsteiger als Diplomphysiker), hatten eine Lehrerfahrung zwischen 5 und 30 Jahren und bezeichneten ihre Einstellung gegenüber der Nutzung digitaler Geräte im Unterricht zwischen *Aufgeschlossenheit* demgegenüber und *regelmäßiger Nutzung* selbiger.

Die Lehrkräfte bezeichnen die Darstellung des Elektronengasmodells in der Applikation als gelungen und empfinden die Bedienung als einfach und intuitiv, auch bei kurzer Einarbeitungszeit und unter Missachtung des Tutorials. Sie loben außerdem die wahrgenommene vielseitige Nutzbarkeit der Applikation im Unterricht und sehen das Potential der App als Instrument für Schüler*innen zur Entwicklung oder Prüfung von Hypothesen und zur Planung von quantitativen Experimenten durch vorherige qualitative Beobachtung von Abläufen in Stromkreisen.

Als größte Limitation des momentanen Entwicklungsstands wurde die noch nicht erfolgte Implementierung aller Bauteile des Experimentierkastens bezeichnet. Diese ist erst im weiteren Verlauf der Entwicklung geplant. Außerdem wurden Probleme mit dem User Interface angeführt, besonders mit der Lesbarkeit einzelner Beschriftungen und der Farbgebung der Potentialdarstellung und der Elektronen. Einzelne Lehrkräfte bezeichneten diese als möglicherweise fehlerhafte Schülervorstellungen befördernd. Die Befragten merkten außerdem eine geringe Interaktion des Experiments und der digitalen Darstellung an und wünschten sich eine schüler*innengerechtere Einführung in die Bedienung der App als das bisher rein schriftliche Tutorial.

Änderungen an der App basierend auf den Ergebnissen der Erhebung

Die Anmerkungen zum User Interface wurden bereits in die Applikation eingearbeitet, zur Verbesserung der als gering eingeschätzten Interaktion wird an einer Bluetooth-Schnittstelle für die App gearbeitet, um Messwerte externer Messgeräte einlesen zu können und damit dynamisch die Darstellungen zu ändern, wenn beispielsweise die anliegende Spannung geändert wird. Ebenso ist eine Überarbeitung des Tutorials in Planung.

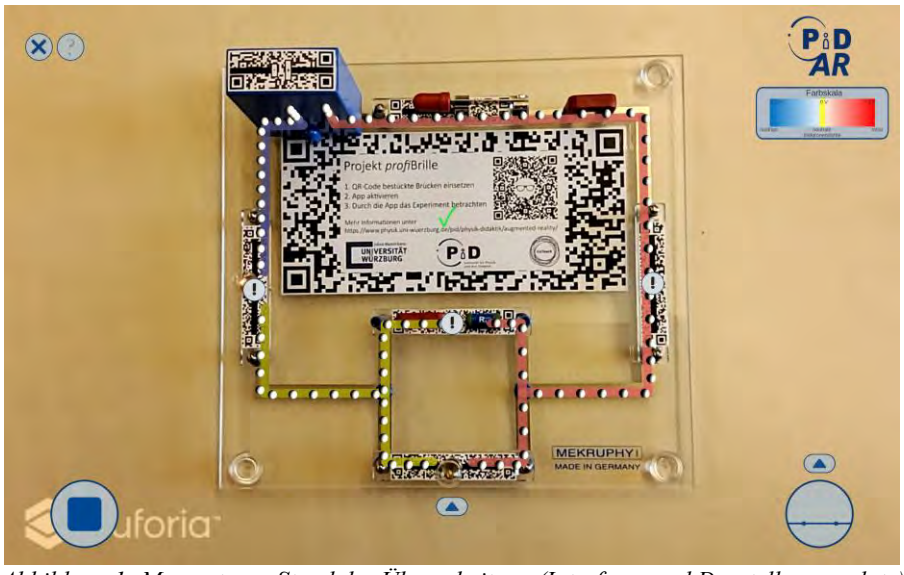


Abbildung 1: Momentaner Stand der Überarbeitung (Interface- und Darstellungsupdate)

Verlauf der zukünftigen entwicklungsbegleitenden Erhebungen

Für die Zukunft sind weitere Interviews im oben beschriebenen Stil mit Lehrkräften geplant. Nach Einarbeitung der Anmerkungen in die App soll sich eine Erhebungsrunde mit Schüler*innen mit Fokus auf der Handhabung der Applikation und der Verständlichkeit der Darstellungen anschließen. Die dritte und letzte Runde entwicklungsbegleitender Erhebungen soll mit Expert*innen der Physikdidaktik durchgeführt werden und die Entwicklung abschließen, hier soll die Applikation noch einmal grundlegend auf Eignung für den Unterricht geprüft werden. Im Rahmen der evaluierenden Forschung sind Studien in Lehr-Lern-Laboren und Interventionsstudien an Schulen geplant.

Literatur

Burde, J.-P. (2018). Konzeption und Evaluation eines Unterrichtskonzepts zu einfachen Stromkreisen auf Basis des Elektronengasmodells. In H. Niedderer, H. Fischler & E. Sumfleth (Hrsg.), Studien zum Physik- und Chemielernen. Logos-Verlag, Berlin.

Frank, F., Stolzenberger, C. & Trefzger, T. (2020). Augmented-Reality-Applikation zum Einsatz bei Schülerexperimenten im Elektrizitätslehreunterricht der Sekundarstufe I. In V. Nordmeier & H. Grötzebauch (Hrsg.), PhyDid B, Didaktik der Physik, Beiträge zur virtuellen DPG-Frühjahrstagung 2021, S. 383-387

Kreienbühl, T., Wetzel, R., Burgess, N., Schmid, A. & Brovelli, D. (2020). AR Circuit Constructor: Combining Electricity Building Blocks and Augmented Reality for Analogy-Driven Learning and Experimentation. IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality Adjunct (ISMAR-Adjunct). IEEE Publishing.

Lutz, W., Burde, J.-P., Wilhelm, T. & Trefzger, T. (2020). Digitale Unterrichtsmaterialien zum Elektronengasmodell. In V. Nordmeier & H. Grötzebauch (Hrsg.), PhyDid B, Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung Bonn 2020, S. 333-341

Mayer, R. & Moreno, R. (2010). Techniques That Reduce Extraneous Cognitive Load and Manage Intrinsic Cognitive Load during Multimedia Learning. In J. Plass, R. Moreno & R. Brünken (Hrsg.), Cognitive Load Theory. Cambridge University Press, New York, S. 131 – 152

Mayer, R. & Fiorella, L. (2014). Principles for Reducing Extraneous Processing in Multimedia Learning: Coherence, Signaling, Redundancy, Spatial Contiguity, and Temporal Contiguity Principles. In R. Mayer (Hrsg.), The Cambridge Handbook of Multimedia Learning, Second Edition. Cambridge University Press, New York, S. 279 – 315

Mayring, P. (2015). Qualitative Inhaltsanalyse – Grundlagen und Techniken, 12., überarbeitete Auflage. Beltz Verlag, Weinheim und Basel.

Mey, G. & Mruck, K. (2011). Qualitative Interviews. In G. Naderer & E. Balzer (Hrsg.), Qualitative Marktforschung in Theorie und Praxis. Gabler Verlag, S. 258-288

Ryan, R. & Deci, E. (2016). Facilitating and Hindering Motivation, Learning, and Well-Being in Schools. In K. Wentzel & D. Miele (Hrsg.), Handbook of Motivation at School, 2nd Edition. Routledge, New York, S. 96 – 119

Ryan, R. & Deci, E. (2020). Intrinsic and extrinsic motivation from a self-determination theory perspective: Definitions, theory, practices, and future directions. Contemporary Educational Psychology, 61, April 2020, 101860.

Sweller, J. (2010). Cognitive Load Theory: Recent Theoretical Advances. In J. Plass, R. Moreno & R. Brünken (Hrsg.), Cognitive Load Theory. Cambridge University Press, New York, S. 29 – 47

Sweller, J., Merriënboer, J. & Pass, F. (2019). Cognitive Architecture and Instructional Design: 20 Years Later. Educational Psychology Review 31 (2), S. 261-292

Witzel, A. (2000). Das problemzentrierte Interview. Forum Qualitative Sozialforschung/Forum: Qualitative Social Research, 1(1), Art. 22.

Förderung

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

Stefanie Reimer[1]
Oliver Tepner[1]

[1]Universität Regensburg

Reflexion videobasierter Erklärеinheiten

Theoretischer Hintergrund

Shulman (1986) hat das Wissen zum Erklären bereits als wesentlichen Aspekt des fachdidaktischen Wissens beschrieben. Unter dem Begriff Erklären wird ein komplexer, vorbereiteter oder sich situativ ergebender Prozess verstanden. Erklärprozesse sind immer interaktiv mit dem Ziel, ein Verständnis bei den Lernenden hervorzurufen (Kiel, 1999; Prediger, S., Erath, K., 2014; Wagner & Wörn, 2011). Wittwer und Renkl (2008) beschreiben instruktionale Erklärungen (Instructional Explaining) als Erklärungen welche in einem pädagogischen Kontext gegeben und für den Unterricht entworfen werden. Bisherige Studien zeigen einen positiven Zusammenhang zwischen dem fachdidaktischen Wissen (Krauss, S., et al., 2008; Kunter et al., 2013) bzw. der Erklärqualität einer Lehrkraft und dem Lernerfolg von Schüler:innen (Evans, W. E., Guyson, R. E., 1978). Die Erklärkompetenz von Lehrkräften ist aus den genannten Gründen von großer Bedeutung und es wurden bereits verschiedene Aspekte des Erklärens in empirischen Studien beleuchtet. Kulgemeyer und Tomczyszyn (2015) sowie Findeisen (2017) haben die adaptive Erklärkompetenz durch simulierte Erklärsituationen erhoben. Auch Erklärvideos wurden bereits, bezogen auf die Bewertungsmerkmale guter Erklärvideos, empirisch erforscht (Kulgemeyer, 2018). Folgende fächerübergreifende Kriterien guten Erklärens wurden im Vorläuferprojekt FALKE (**Fa**chspezifische **L**ehrer**k**ompetenzen im **E**rklären) empirisch identifiziert: Strukturiertheit, Adressatenorientierung, sprachliche Verständlichkeit und Sprech- und Körperausdruck. Nach Beck (2008) kann adaptives Handeln im Unterricht in zwei Bereiche untergliedert werden: Adaptivität in der Planung (längerfristige Maßnahmen) und Adaptivität in der Handlung (kurzfristige Anpassungen).

Lehrkräfte sollen im Sinne der Professionalisierung in der Lage sein, Unterricht zu reflektieren, um ihre Kompetenzen weiterzuentwickeln (Kultusministerkonferenz [KMK], 2014). Eine Studie zur Messung und Förderung der Reflexionskompetenz zeigte, dass Lehramtsstudierende die Fremdreflexion durchführten (fremden Unterricht beobachteten und reflektierten) einen vergleichbaren Zuwachs des prozeduralen Wissens zum Reflektieren erlangen wie Studierende, die Selbstreflexion (selbst gehaltenen Unterricht reflektieren) durchführten. Ebenfalls konnte festgestellt werden, dass sich die Reflexionskompetenz (schriftlicher Unterrichtsreflexionen) erst zwischen dem zweiten und dritten Messzeitpunkt im Bereich der Reflexionstiefe signifikant verbessert (Kobl, 2020).

Ein Desiderat stellt die Erforschung der adaptiven Erklärkompetenz im unterrichtlichen Setting dar. Im vorliegenden Projekt sollen die adaptive Erklärkompetenz von Chemielehramtsstudierenden im unterrichtlichen Setting gemessen und durch das Vermitteln von fachdidaktischem Wissen zum „guten Erklären und Reflektieren“, sowie durch mehrfache Reflexion der videografierten Unterrichtseinheiten und anschließende Überarbeitung der Unterrichtsminiaturen gefördert werden.

Forschungsfragen

Messung und Förderung der adaptiven Erklärkompetenz

F1.1 Kann die adaptive Erklärkompetenz durch das entwickelte Messinstrument objektiv, reliabel und valide gemessen werden?

F1.2 Hat das universitäre Seminar zum Thema: „Erklären und Reflektieren“ einen positiven Effekt auf die adaptive Erklärkompetenz der Studierenden?

F1.3 Unterscheidet sich die Zunahme der adaptiven Erklärkompetenz bei Studierenden die drei Mal die Möglichkeit bekommen adaptiv zu handeln von den Lehramtsstudierenden, die nur zwei Mal vor Schüler:innen unterrichten?

F1.4 Haben die beobachtenden Studierenden, die fremden Unterricht beobachten und anschließend reflektieren, einen vergleichbaren Zuwachs in der adaptiven Erklärkompetenz I (Planung) und dem Test zur adaptiven Erklärkompetenz, als Studierenden die drei Mal selbst adaptiv handeln und Ihre eigenen Erkläreinheiten reflektieren?

Zusammenhang der Reflexions- und adaptiven Erklärkompetenz

F2 Entwickeln Studierende mit einer höheren Reflexionskompetenz auch eine höhere adaptive Erklärkompetenz (I und II) als Studierende mit einer niedrigeren Reflexionskompetenz?

Studiendesign und Methoden

Die Studierenden, die an dem Forschungsvorhaben teilnehmen, werden in drei Gruppen eingeteilt: die Erklärgruppe (EG), die Beobachtergruppe (BG) und die Kontrollgruppe (KG). Im Verlauf des universitären Seminars planen alle Studierenden eine Erkläreinheit von zwanzig Minuten zum Thema „Chemische Reaktion und Energetik“. Die Erklärgruppe und die Beobachtergruppe halten diese im Verlauf des Seminars vor Schüler:innen, während diese videografiert werden. Anschließend werden die Unterrichtsvideografien, mit Hilfe der im Seminar vermittelten fachdidaktischen Inhalte zum „Erklären und Reflektieren“, reflektiert und überarbeitet. Die überarbeiteten Unterrichtsminiaturen werden erneut vor einer anderen Klasse gehalten und videografiert. Die Studie kombiniert ein Vergleichsgruppen- mit einem Pre-Post-Testdesign. Die EG hat die Möglichkeit, dreimal adaptiv vor Schulklassen zu erklären, anschließend die Unterrichtsvideos zu reflektieren und die Erkläreinheit zu überarbeiten. Die Kontrollgruppe hat nur zweimal die Möglichkeit, adaptiv vor Schüler:innen zu handeln und die dabei entstehenden Videografien zu reflektieren und zu überarbeiten. Die Beobachtergruppe plant ebenfalls eine Erkläreinheit von zwanzig Minuten, führt diese aber nicht mit einer Schulklasse durch. Somit handelt die BG nie adaptiv. Diese Gruppe beobachtet den Unterricht einer Person der Erklärgruppe (mit dem gleichen Thema der Erkläreinheit), reflektiert diesen anschließend und überarbeitet auf Basis dieser Beobachtung und Reflexion die eigene Planung der Unterrichtsminiatur. Die Unterrichtsreflexionen, die zwischen den Handlungs- und Überarbeitungsphasen erfolgen, sind schriftlich.

Zusätzlich werden Fragebögen und Tests bei den Studierenden durchgeführt. Dies soll im Pre–Post–Follow-Up-Design erfolgen. Die Studierenden bekommen einen Fragebogen zur Selbstwirksamkeitserwartung und einen Bogen, der die demografischen Daten erfasst. Zusätzlich sollen die Lehramtsstudierenden Tests zum Fachwissen, zur Reflexionskompetenz und zur adaptiven Ertklärkompetenz bearbeiten. Mit Hilfe eines Wissenstests für die Schüler:innen vor und nach jeder Erkläreinheit soll der prognostizierte Wissenszuwachs der

Lernenden gemessen werden. Durch einen Bewertungsbogen beurteilen die Schüler:innen zusätzlich die Erklärungen der Studierenden.

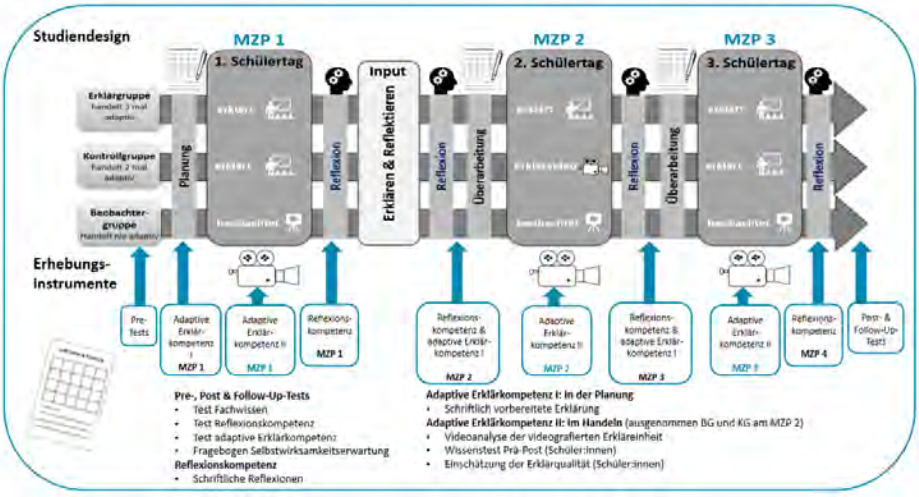


Abbildung 1 Studiendesign und Erhebungsinstrumente

Für die schriftlich ausformulierten Planungen der Erkläreinheiten, die Unterrichtsvideografien und die schriftlichen Reflexionen sollen Kodiermanuale entwickelt werden. Die Tests zur Reflexions- und adaptiven Erklärkompetenz sollen diese Kodiermanuale validieren. Die erwarteten Zuwächse in der Reflexions- und adaptiven Erklärkompetenz sollen durch den Vergleich der schriftlich geplanten Erklärungen, der videografierten Unterrichtsminiaturen und der schriftlichen Reflexionen gezeigt werden.

Ergebnisse und Ausblick

Im Sommersemester 2021 wurde das Seminar mit 31 Studierenden präpilotiert. In diesem Rahmen konnten die schriftlichen Planungen der Erkläreinheiten, die Unterrichtsvideografien und schriftlichen Reflexionen von Chemielehramtsstudierenden erhoben werden. Auch der Reflexionstest (geringfügige Adaptation des Reflexionstests nach Kobl (2020)) wurde präpilotiert. Im folgenden Wintersemester (2021/22) wird der Test zur adaptiven Erklärkompetenz entwickelt. Die Hauptstudie startet im Sommersemester 2022.

Literaturverzeichnis

Beck, E., Baer, M., Guldimann, T., Bischoff, S., Brühwiler, C., Müller, p. (2008). *Adaptive Lehrkompetenz: Analyse und Struktur, Veränderbarkeit und Wirkung handlungssteuernden Lehrerwissens*. *Pädagogische Psychologie und Entwicklungspsychologie: Bd. 63*. Waxmann.

Evans, W. E., Guyson, R. E. (1978). *Clarity of explanation: A powerful indicator of teacher effectiveness*. https://eric.ed.gov/?id=ED151321

Findeisen, S. (2017). *Fachdidaktische Kompetenzen angehender Lehrpersonen*. Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-18390-5

Kiel, E. (1999). *Erklären als didaktisches Handeln*. Zugl.: Göttingen, Univ., Habil.-Schr., 1998. *Bibliotheca academica /Reihe Pädagogik: Bd. 1*. Ergon-Verl.

Kobl, C. (2020). *Förderung und Erfassung der Reflexionskompetenz im Fach Chemie*. Dissertation. *Studien zum Physik- und Chemielernen: Band 312* [III, 243 Seiten].

Krauss, S., Neubrand, M., Blum, W., Baumert, J., Brunner, M., Kunter, M. et al. (2008). Die Untersuchung des professionellen Wissens deutscher Mathematik-Lehrerinnen und-Lehrer im Rahmen der COACTIV-Studie. *Journal für Mathematik-Didaktik*, *29*(3-4), 233–258.

Kulgemeyer, C. (2018). *Wie gut erklären Erklärvideos? Ein Bewertungs-Leitfaden*. ResearchGate.

Kulgemeyer, C. & Tomczyszyn, E. (2015). Physik erklären – Messung der Erklärensfähigkeit angehender Physiklehrkräfte in einer simulierten Unterrichtssituation. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *21*(1), 111–126. https://doi.org/10.1007/s40573-015-0029-5

Kultusministerkonferenz. (2014). *Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften: Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.12.2004 i. d. F. vom 12.06.2014.*

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), 805–820. https://doi.org/10.1037/a0032583

Prediger, S., Erath, K. (2014). Cintent, Interaction, or Both? Synthesizing Two German Traditions in a Video Study on Learning to Explain in Mathematics Classroom Microcultures. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, *10*(4), 313–327.

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

Wagner, A. & Wörn, C. (2011). *Erklären lernen - Mathematik verstehen: Ein Praxisbuch mit Lernangeboten* (1. Aufl.). Klett Kallmeyer.

Wittwer, J. & Renkl, A. (2008). Why Instructional Explanations Often Do Not Work: A Framework for Understanding the Effectiveness of Instructional Explanations. *Educational Psychologist*, *43*(1), 49–64. https://doi.org/10.1080/00461520701756420

Inka Haak[1] [1]MLU Halle-Wittenberg

Rekonstruktion von Lerngruppenprozessen mithilfe der dokumentarischen Methode

In der Studieneingangsphase begegnen Studierende der Naturwissenschaften unterschiedlichsten Herausforderungen: Sie müssen zum einen fachlich-kognitive, regulatorische, organisatorische aber auch soziale Anforderungen bewältigen (zusammenfassend: Haak et al., 2021). Dabei findet ein naturwissenschaftliches (Lehramts-)Studium im sozialen Umfeld einer (oder mehrerer) Fachkulturen an einer Universität oder Hochschule statt (Multrus, 2005). Typisch für diese Fachkultur ist unter anderem der Zusammenschluss von Studierenden in Lerngruppen (Schulmeister & Metzger, 2011), die vor allem eine Ressource für das Lösen aber auch Abschreiben von Übungsaufgaben sind (Renkl, 2009; Liebendörfer & Göller, 2016).

Theoretischer Rahmen

Lerngruppen können als *Communities of Practice* (CoP) nach Wenger (2018) aufgefasst werden. Wenger (2011) schreibt: ”Communities of practice are groups of people who share a concern or a passion for something they do and learn how to do it better as they interact regularly”. Sie zeichnen sich aus durch eine *shared Practice*, also – übertragen auf die Lerngruppen in der Studieneingangsphase – eine bestimmte Handlungspraxis Übungsaufgaben zu lösen, eine *shared Domain of Interest* (die Lösung der Übungsaufgaben) und eine *Community*, die sich gegenseitig unterstützt und Informationen austauscht. Die Rolle bzw. Bedeutung von Lerngruppen in der Studieneingangsphase Physik ist bisher kaum erforscht. Erste Studien in der Studieneingangsphase Physik und Mathematik von Haak et al. (2020, 2021) konnten zeigen, dass sich Studierende in Lerngruppen bei den oben genannten Herausforderungen auf unterschiedliche Arten unterstützen: Zentral ist die gegenseitige Unterstützung bei der organisatorischen und kognitiven Auseinandersetzung mit den Übungsaufgaben, ebenso wie die Emotionsregulation. Qualitative Inhaltsanalysen nach Kuckartz (2014) von leitfadengestützten Interviews mit Lerngruppen in der Studie von Haak et al. (2021) zeigen, dass die beschriebenen Arbeitsweisen in jeder interviewten Lerngruppe ähnlich sind. Es kann also vermutet werden, dass es eine immanente soziale Praxis, eine Art geteilte Lernkultur, gibt.

Forschungsziel und -fragen

Diese geteilte Lernkultur soll in dieser Studie über die Rekonstruktion konjunktiver Erfahrungsräume (nach Mannheim, 1980) erforscht werden, um ein tiefergehendes Verständnis von Lernprozessen in Lerngruppen hinsichtlich des Übungszettelrechnens zu erlangen. Konkret stellen sich folgende Fragen:

- Welche Orientierungsrahmen zu geteilten Lernkulturen lassen sich aus Erzählungen über das Lösen von Physikübungsaufgaben rekonstruieren?
- Welche Orientierungen lassen sich hierbei zur sozialen Strukturiertheit der Studieneingangsphase aus Perspektive von Lerngruppen rekonstruieren?

Zudem soll eine Deutung der Ergebnisse vor dem Hintergrund des Konstruktes *Community of Practice* nach Wenger (2018) erfolgen.

Design und methodisches Vorgehen

Bei der Beantwortung dieser Forschungsfragen wurde auf bereits erhobenes Material einer längsschnittlichen Interviewstudie zu Lerngruppen zurückgegriffen (siehe Haak et al., 2021). Die in diesem Beitrag beschriebene Studie ist als Vertiefungsstudie mithilfe der dokumenta-

rischen Methode nach Przyborski & Wohlrab-Sahr (2014) angelegt. Insgesamt wird auf Transkripte folgender Gruppen- und Einzelinterviews mit Physikstudierenden zurückgegriffen: 1) Gruppeninterviews mit N=4 Lerngruppen (Dezember 2019), 2) Einzelinterviews mit N=2 Einzellernenden (Januar 2020), 3) Einzelinterviews mit N=6 Gruppenlernenden (April 2020, Teilstichprobe aus 1) & 4) Einzelinterviews mit denselben N=6 Gruppenlernenden und N=2 Einzellernenden (März 2021). Hierbei ist limitierend zu beachten, dass die Studienteilnahme auf freiwilliger Basis erfolgte, nachdem in der Erstsemesterveranstaltung Experimentalphysik A dafür geworben wurde, zudem erhielten die Proband:innen pro Interview eine Aufwandsentschädigung.
Für eine Analyse mithilfe der dokumentarischen Methode nach Przyborski & Wohlrab-Sahr (2014) erfolgt zunächst die Auswahl des Falls, dann werden Passagen, die zur Beantwortung der Forschungsfragen dienen, ausgewählt. In bzw. auf der Basis von Interpretationswerkstätten werden dann sequentiell der immanente und dokumentarische Sinngehalt rekonstruiert (durch formulierende bzw. reflektierende Interpretation), sodass wechselseitig Hypothesen für Orientierungsschemata und -rahmen gebildet werden können, die durch die Komparation weiterer Fälle überprüft, ergänzt oder reformuliert werden. Durch die komparative Analyse und Typenbildung werden dann die Orientierungsrahmen zu Orientierungen abstrahiert.
In dieser Studie wurde zunächst der Fall „Linus“ von Interviewzeitpunkt 3 gewählt. Die formulierende und reflektierende Interpretationen wurden in einem zyklischen Überarbeitungsverfahren von der Autorin dieses Beitrags alleine, aber vor allem in Interpretationswerkstätten im Arbeitsgruppenkolloquium der Physikdidaktik an der MLU Halle-Wittenberg und der GDCP-Schwerpunkttagung 2021 ausgehandelt. Zudem wurden bereits Hypothesen für Orientierungsrahmen hergeleitet.

Beispielhafte Darstellung von formulierenden und reflektierenden Interpretationen
Im folgenden wird beispielhaft die formulierende und reflektierende Imterpretation für einen ausgewählten Transkriptausschnitt dargestellt:
*Transkript:*Linus: ((lacht)) also im prinZIP (.) ähm (.) bei stinknormalen (.) ÜBUNGSserien (.) macht si- machen (.) jeder das eigentlich mehr oder weniger zuHAUSE.
Formulierende Interpretation: Linus sagt, dass jeder die stinknormalen Übungsserien „mehr oder weniger zuhause“ macht.
Reflektierende Interpretation: Das „im prinzip“ deutet wieder auf ein Schema oder Muster, etwas Typisches, hin. Unklar ist, ob es sich um ein Schema für Linus selbst, seine Lerngruppe oder darüber hinaus (alle Erstsemesterphysikstudierenden) handelt.
Stark unterstützt wird dieses Schema-Motiv durch den umgangssprachlichen Begriff „stinknormal“. Es wird also stinknormale und andere Übungsserien geben. Möglicherweise könnte aber auch gemeint sein, dass Exphy-Übungsserien an sich „stinknormal“ sind – im Vergleich zu Mathe-Übungsserien – die im vorherigen Interviewverlauf als anspruchsvoller charakterisiert wurden. „Stinknormal“ könnte sich auf einer allgemeineren Ebene auf Routineaufgaben beziehen, die schon beherrscht werden, die ein Hinterfragen/ein Knobeln nicht erfordern.
Normal scheint zu sein, „Übungsserien zuhause zu machen“. Es gibt aber Ausnahmen, was sich durch die Weichmacher „eigentlich mehr oder weniger“ andeutet. Dabei könnte sich das „eigentlich mehr oder weniger“ entweder auf „jeder“ beziehen, was bedeutet, dass fast alle aus der Gruppe die Übungsserien zuhause rechnen. Oder es kann sich auf das „zuhause“ beziehen. Das kann wiederum bedeuten, dass neben „zuhause“ auch an anderen Orten – wie in der Uni – Übungsserien gemacht werden. Eine wahrscheinlichere Interpretation, ist, dass der größte Teil der Übungsserien zuhause bearbeitet wird, und wenn es zu Schwierigkeiten bzw. Austauschbedarf kommt, dann wird das „Zuhausebearbeiten“ unterbrochen.

Erste Deutungen der Ergebnisse

Aus der Analyse aller Segmente zum Bearbeiten von Übungszetteln der Physik beim Fall Linus können erste Hypothesen für Orientierungsrahmen generiert werden. Dabei ist aber limitierend zu beachten, dass bislang nur ein Fall zu einem Interviewzeitpunkt ausgewertet wurde, sodass die folgenden Deutungen bei Hinzunahme weiterer Interviewzeitpunkte von Linus und Analysen weiterer Fälle stets kritisch zu überprüfen sowie zu erweitern oder zu ergänzen sind.
Normalitätshypothese: Linus zeichnet bei der Beschreibung der Bearbeitung von Übungsaufgaben ein starkes Bild von Normalität auf. Dieses kann als Indiz für die angenommene geteilte Lernkultur sein: Physikübungsserien werden i.d.R zuhause bearbeitet, bei Fragen wird über Messengerdienste Hilfe erfragt. Da Physikübungsserien als wesentlich einfacher als Mathematikübungsserien wahrgenommen werden, ist der (intrinsische oder exstrinische) Anspruch, möglichst viele Punkte zu erreichen, bei Linus hoch.
Warenhypothese: Auch bei konkreten Nachfragen zur Beschreibung des Vorgehens beim Lösen von Übungsaufgaben wird die Erzählung fast nie inhaltlich, der Fachinhalt wird nur an wenigen Stellen benannt. Hingegen zeigt sich bei Linus eine fast pekuniäre Erwartung – weniger spielt die inhaltliche Auseinandersetzung, vielmehr die Bewertung des Tuns eine Rolle. Gelöste Übungsaufgaben, aber auch Lösungsansätze werden dadurch zur Ware.
Vor dem Hintergrund der CoP-Theorie kann eine erste Deutung der Interpretationen vorgenommen werden:

- **Community:** Der Begriff „Lerngruppe“ wird relativ fließend aufgefasst, dennoch hierarchisieren die Interviewten ihre Kontakte in Personen, mit denen sie regelmäßig in persönlichem Kontakt stehen, Personen, mit denen sie sich über Messenger-Dienste („Gruppen“) austauschen und alle Studierenden der entsprechenden Veranstaltung (z.B. „Exphy A“ oder „mathematische Methoden“).
- **Domain**: Das geteilte Interesse der Lerngruppe ist die Lösung der Übungsaufgaben. Im Vordergrund steht bei den Beschreibungen nicht die inhaltliche Auseinandersetzung, sondern das Erfüllen formaler Vorgaben und Normen sowie die Organisation der Woche nach Dringlichkeit der Abgabe. Diese Normativität zeigt sich aber bereits schon in den Nachfragen durch den Interviewer. Auffällig ist, dass Mathematikaufgaben aufgrund der wahrgenommenen erhöhten Schwierigkeit gegenüber Physikaufgaben priorisiert werden.
- **Practice**: Physikübungsserien (im Gegensatz zu „Mathe“) bearbeitet jede:r für sich, bei Fragen wendet man sich direkt aneinander oder schreibt in eine Messenger-Gruppe. Ein Abschreibeverhalten wird bei Physikaufgaben nicht beschrieben.

Auch bei diesen Deutungen ist die Vorläufigkeit zu beachten.

Zusammenfassung und Ausblick

In diesem Beitrag wurde an einem Fall dargestellt, wie Lerngruppenprozesse mithilfe der dokumentarischen Methode rekonstruiert werden können. Die Analysen stehen dabei erst am Anfang, dennoch zeigt sich, dass die dokumentarische Methode geeignet erscheint, Orientierungsrahmen zu geteilten Lernkulturen zu rekonstruieren und dabei die soziale Strukturiertheit der Studieneingangsphase in den Blick nehmen kann. Dabei scheint die CoP-Theorie ein passender theoretischer Rahmen zu sein, da sie sich den für die Forschungsfragen relevanten Ebenen der Beschreibungen der Handlungen (Practice), des Zwecks/Interesses (Domain) der Gruppe sowie der sozialen Strukturiertheit (Community) widmet.
Als nächste Schritte sind die Analyse und die Komparation weiterer Fälle zur Weiterentwicklung der Hypothesen für Orientierungsschemata geplant. Dazu sollen zunächst möglichst kontrastreiche Fälle vom selben Interviewzeitpunkt hinzugezogen werden, anschließend soll eine längsschnittliche Auswertung folgen.

Literatur

Haak, I., Gildehaus, L., & Liebendörfer, M. (2021) Genese und Funktionen von Lerngruppen in der Studieneingangsphase. In: S. Habig (Hrsg.): *Naturwissenschaftlicher Unterricht und Lehrerbildung im Umbruch?*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Online-Jahrestagung 2020. (89-92).

Haak, I., Gildehaus, L., & Liebendörfer, M. (2020). Entstehung und Bedeutung von Lerngruppen in der Studieneingangsphase. In: H.-S. Siller, Weigel, W. & J. F. Wörler (Hrsg.). *Beiträge zum Mathematikunterricht 2020*. GDM-Online-Jahrestagung 2020. (1405-1407).

Kuckartz (2014). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung.* 2. Auflage. Beltz Juventa.

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

Mannheim, K. (1980). Strukturen des Denkens. Suhrkamp.

Multrus, F. (2005). *Identifizierung von Fachkulturen über Studierende deutscher Hochschulen: Ergebnisse auf der Basis des Studierendensurveys vom WS 2000/01*. http://kops.uni-konstanz.de/handle/123456789/11403

Przyborski, A., & Wohlrab-Sahr, M. (2014). Qualitative Sozialforschung. Ein Arbeitsbuch. 4. erweiterte Auflage. Oldenbourg Verlag.

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

Schulmeister, R. & Metzger, C. (2011). *Die Workload im Bachelor: Zeitbudget und Studierverhalten. Eine empirische Studie*. Waxmann. http://www.content-select.com/index.php?id=bib_view&ean=9783830975168

Wenger, E. (2018). *Communities of Practice. Learning, Meaning, and Identity*. 23. Auflage. Cambridge University Press. (Originalquelle publiziert in 1998).

Wenger, E. (2011). Communities of practice: A brief introduction. https://scholarsbank.uoregon.edu/xmlui/handle/1794/11736

Daniel Laumann[1]
Malte Ubben[1]
Susanne Heinicke[1]
Stefan Heusler[1]

[1]WWU Münster

Schüler- oder schuleigene Smartphones im Physikunterricht?

Digitale Technologien beeinflussen bereits heute fast sämtliche Lebensbereiche und ihr Einfluss nimmt weiter zu. Das Leben in digitalen Gesellschaften impliziert auch digitales Lernen. Die Herausforderung „digital kompetente" Schülerinnen und Schüler sowie Lehrkräfte auszubilden (Redecker, 2017, S. 12), z.B. im Zusammenhang mit den sogenannten „21st-century skills“ (Voogt, Erstadt, Dede & Mishra 2013; Ifenthaler, Adcock, Erlandson, Gosper, Greiff, & Pirnay-Dummer, 2014) und die enormen Möglichkeiten, die digitalen Unterrichtstechnologien zugeschrieben werden (z. B. Neumann & Waight, 2020), sind zwei Seiten derselben Medaille. Internationale Studien zeigen, dass Bildungseinrichtungen in vielen Ländern bereits auf dem Weg sind, die Voraussetzungen für ein umfassendes Angebot an digitaler Bildung zu schaffen (Fraillon, Ainley, Schulz, Friedman, & Duckworth, 2020).
Um die Entwicklung digitaler Kompetenzen in formalen Lernumgebungen zu fördern, ist es wichtig, Lernangebote zu schaffen, die sowohl traditionelle Inhalte als auch Kompetenzen einzelner Schulfächer und Elemente digitaler Bildung integrieren. Unter den verschiedenen Schulfächern scheint der naturwissenschaftliche Unterricht im Allgemeinen und das Lernen in Physik im Besonderen geeignet, um digitale Lerntechnologien auf verschiedene Weise in den regulären Unterricht einzubeziehen: Computer als Lernmittel sind seit Jahrzehnten im Physikunterricht präsent (Bork, 1975), während mobile Technologien, wie Smartphones und Tablet-Computer, erst in den letzten Jahren zunehmend an Bedeutung gewonnen haben (Liu, Wu, Wong, Lien, & Chao, 2017; Girwidz et al., 2019). Auch neueste technologische Entwicklungen wie Virtual-Reality- oder Augmented-Reality-Anwendungen sind bereits zur Nutzung im Physikunterricht adaptiert worden (Ibáñez & Delgado-Kloos, 2018). Unter diesen Geräten können Smartphones als das „Schweizer Taschenmesser" der Bildung angesehen werden (Livingston, 2004, S. 46). Im Physikunterricht können Smartphones genutzt werden, um verschiedene physikalische Größen mit integrierten Sensoren zu messen und diese Daten mit Tabellenkalkulationsprogrammen zu analysieren (Staaks, Hütz, Heinke, & Stampfer, 2018), um sich Erklärvideos und Animationen anzusehen (Kulgemeyer & Peters, 2016) oder um im Internet zu recherchieren. Empirische Studien weisen auf den möglichen positiven Einfluss von Smartphones auf das Interesse und die Wissensentwicklung von Lernenden hin (Shi, Sun, Huan, & Huan, 2016; Hochberg, Kuhn, & Müller, 2018). Smartphones im Physikunterricht haben also großes Potenzial, allerdings stellt sich bei dessen Nutzung u.a. die Frage, welcher der folgenden Ansätze vorteilhaft erscheint:

1. Die Lernenden bringen ihre persönlichen Mobilgeräte in den Unterricht und nutzen diese für Unterrichtszwecke („bring your own device“, nf. BYOD).
2. Den Lernenden werden im Unterricht mobile Geräte zur Verfügung gestellt, die der Schule gehören und durch diese als Teil eines Gerätepools verwaltet werden (nf. POOL).

Dabei lassen sich für beide Ansätze aus unterschiedlichen Perspektiven Vor- und Nachteile identifizieren. Aus der Lernperspektive ist zunächst zu erwarten, dass BYOD gegenüber

POOL im Nachteil ist, da durch BYOD private Medieninhalte und der Zugang zu sozialen Medien etc. während des schulischen Lernens über persönliche Geräte sofort verfügbar sind. Im Gegensatz dazu könnten die Schulen POOL-Geräte so konfigurieren, dass die Nutzung außerhalb des Schulzwecks fast vollständig eingeschränkt wird. Würde man jedoch die möglichen Einflüsse der „fear of missing out" (nf. FOMO) berücksichtigen, ergäbe sich die gegenteilige Annahme, da die Verfügbarkeit privater Inhalte und Kommunikation FOMO im Sinne einer geringeren Ablenkung reduzieren würde, während FOMO im POOL-Ansatz zusätzlich gefördert würde. Weitere Vorteile für das Lernen könnten sich beim BYOD-Ansatz daraus ergeben, dass die Lernenden bereits mit ihren Geräten vertraut sind, während beim POOL-Ansatz möglicherweise ungewohnte Betriebssysteme verwendet werden müssen, was eine zusätzliche kognitive Belastung für die Lernenden darstellen könnte. Das heterogene Bild von Vor- und Nachteilen wird noch verstärkt, wenn man andere Perspektiven (Organisation, Ökonomie, Ökologie) betrachtet.
Die vorliegende Studie vergleicht beide Ansätze im Hinblick auf das Lernen im Detail: Es wird untersucht, inwieweit der Einsatz des BYOD-Ansatzes im Vergleich zum POOL-Ansatz affektive, fachbezogene und kognitive Variablen der Lernenden im Physikunterricht beeinflusst. Darüber hinaus wird untersucht, welche Erfolgsbedingungen einen zielgerichteten Einsatz von Smartphones im Unterricht fördern, aber auch welche (spezifischen) Ablenkungen zu beobachten sind.

Methode

Die Studie folgt einem quasi-experimentellen Vergleichsgruppendesign (Bedingung 1: BYOD-Ansatz, Bedingung 2: POOL-Ansatz). Während der Hauptuntersuchung absolvierten $N_c = 11$ Klassen der Jahrgangsstufen 8 und 9 ($N_s = 201$ Schülerinnen und Schüler) eine kurze zusammenhängende Lernsequenz (ca. 5 Stunden) im Physikunterricht zum Thema Elektromobilität mit dem Schwerpunkt „nachhaltige Energie“. Alle Klassen verfügten auch über die Möglichkeit, entsprechende Lernsequenzen in Chemie und Mathematik zu anderen Aspekten des Themas Elektromobilität durchzuführen. Jede der teilnehmenden Klassen wurde nach dem Zufallsprinzip entsprechend der beiden Bedingungen in zwei Gruppen aufgeteilt ($N_{s,BYOD} = 101$ Lernende; $N_{s,POOL} = 100$ Lernende). Im Unterricht nutzten die Lernenden Smartphones, um fachspezifische Aufgaben zu bearbeiten. Im Fach Physik lag der Schwerpunkt der Aufgaben auf der digitalen Datenerfassung und der Nutzung des Smartphones zur Durchführung von Experimenten mit der App *phyphox* (Staaks et al., 2018). Die jeweiligen Geräte standen den Lernenden während der gesamten Einheit zur Verfügung und konnten im Rahmen einer „typischen“ Unterrichtssituation eingesetzt werden.
Um zu untersuchen, wie sich beide Ansätze der Smartphone-Nutzung auf affektive, fachbezogene und kognitive Variablen auswirken, wurden diese Daten zu verschiedenen Messzeitpunkten umfassend erhoben. Die Lernleistung der Schülerinnen und Schüler wurde mit einem speziell entwickelten Fragebogeninstrument als Prä-Post-Messung gemessen. Der Fragebogen enthält Items zum deklarativen Wissen der Lernenden, zur gedanklichen Konsistenz sowie zur Transferfähigkeit in Bezug auf die behandelten Inhalte (8 Items Pre-Test - LP1, 18 Items Post-Test - LP2). Die Lernleistung wird dabei als Anteil richtig beantworteter Aufgaben bestimmt. Für das situative Interesse der Schüler liegen Längsschnittdaten vor (5 Items, 5 Messpunkte). Die Items erheben das situative Interesse in Bezug auf den Inhalt des jeweiligen Abschnitts der Einheit (SI1) auf der Grundlage der Arbeit von Schiefele (1999) sowie das allgemeine situative Interesse der Schüler an der Arbeit mit einem Smartphone (SI2), an der Durchführung von Messungen mit *phyphox* (SI3) und an der

Betrachtung von Lehrvideos zur Durchführung dieser Messungen (SI4). Das situative Interesse wurde auf einer vierstufigen Likert-Skala gemessen. Auch für die kognitive Belastung (CL) der Schüler während der Aufgabenbearbeitung liegen Längsschnittdaten in Form von Selbstberichten vor (1 Item, 5 Messzeitpunkte). Die kognitive Belastung wurde auf einer neunstufigen Likert-Skala gemessen. Weiterhin wurden Daten für verschiedene Kovariaten erhoben.

Ergebnisse

Zur Bestimmung von Unterschieden beider Ansätze der Smartphonenutzung auf die drei genannten Merkmalsgruppen (affektiv, fachbezogen, kognitiv) wurde eine einfaktorielle MANCOVA (UV: Ansatz Smartphonnutzung; AV: SI1-SI4, LP2, CL; Kovariaten: LP1) gerechnet. Die zu prüfenden Voraussetzungen können für den vorliegenden Datensatz nach Prüfung als erfüllt angenommen werden. Die einfaktorielle MANCOVA zeigt einen statistisch signifikanten Unterschied mittlerer Effektstärke zwischen beiden Ansätzen der Smartphonenutzung für die kombinierten abhängigen Variablen mit einem Vorteil des BYOD- gegenüber dem POOL-Ansatz ($F(3, 185) = 3.898$, $p = .010$, $\eta^2 = .059$, Wilk's $\lambda = .941$). Post-hoc wurde zudem für jede der drei Merkmalsgruppen eine einfaktorielle ANCOVA durchgeführt. Sowohl für die affektiven Merkmale ($M_{BYOD} = 2.59 \pm .63$, $M_{POOL} = 2.41 \pm .64$; $F(1, 187) = 3.467$, $p = .064$, $\eta^2 = .018$) als auch für die fachbezogenen Merkmale ($M_{BYOD} = .63 \pm .24$, $M_{POOL} = .57 \pm .23$; $F(1, 187) = 2.471$, $p = .118$, $\eta^2 = .013$) und die kognitiven Merkmale ($M_{BYOD} = 4.23 \pm 1.41$, $M_{POOL} = 3.96 \pm 1.42$; $F(1, 187) = 2.156$, $p = .144$, $\eta^2 = .011$) zeigen sich dabei keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen beiden Ansätzen der Smartphonenutzung.

Neben den quantitativen Daten wurden auch qualitative Daten mittels Videographie erhoben. In diesem zeigt sich in den ersten Tendenzen kein ausgeprägter Unterschied zwischen BYOD und POOL. Die Analyse der Videos gibt jedoch Aufschluss, inwiefern die Geräte an Distraktion mitwirken und welche Strategie die Lernenden zeigen, um diesen zu begegnen.

Diskussion & Ausblick

Zusätzliche Daten und eine Vergrößerung des Stichprobenumfangs erscheint notwendig, um potenzielle Unterschiede statistisch zu belegen, sodass die Stichprobe bis vsl. Ende 2021 erweitert wird. Weiterführende Fragen werden sich insbesondere auf didaktische Maßnahmen zur Optimierung beider Ansätze beziehen, z.B. eine zeitlich eingeschränkte zeitliche Verfügbarkeit.

Hinweis

Dieses Projekt wird im Rahmen des Metavorhabens „Digitalisierung im Bildungsbereich" vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert (01JD1827) und gemeinsam mit folgenden Personen durchgeführt: Cornelia Denz, Gilbert Greefrath, Robin Janzik, Bianca Kramp, Maurice Krause, Fabienne Kremer, Barbara Leibrock, Annette Marohn, Thorsten Quandt, Elmar Souvignier.

Literatur

Bork, A. M. (1975). Effective computer use in physics education. *American Journal of Physics, 43*, 81-88

Fraillon, J., Ainley, J., Schulz, W., Friedman, T., & Duckworth, D. (Eds.). (2020). *Preparing for life in a digital world. IEA international computer and information literacy study 2018 international report*. Cham, Switzerland: Springer Nature

Girwidz, R., Thoms, L.-T., Pol, H., López, V., Michelini, M., Stefanel, A. et al. (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*, 1181-1206

Hochberg, K., Kuhn, J., & Müller, A. (2018). Using smartphones as experimental tools – effects on interest, curiosity, and learning in physics education. *Journal of Science Education and Technology, 27*, 385-403

Ibáñez, M.-B., & Delgado-Kloos, C. (2018). Augmented reality for STEM learning: A systemic review. *Computers & Education, 123*, 109-123

Ifenthaler, D., Adcock, A. B., Erlandson, B. E., Gosper, M., Greiff, S., & Pirnay-Dummer, P. (2014). Challenges for education in a connected world: digital learning, data rich environments, and computer-based assessment. *Technology, Knowledge and Learning, 19*, 121-126

Kulgemeyer, C., & Peters, C. (2016). Exploring the explaining quality of physics online explanatory videos. *European Journal of Physics, 37*, 065705

Liu, C.-Y., Wu, C.-J., Wong, W.-K., Lien, Y.-W., & Chao, T.-K. (2017). Scientific modeling with mobile devices in high school physics labs. *Computers & Education, 105*, 44-56

Livingston, A. (2004). Smartphones and other mobile devices: The swiss army knives of the 21st century. *Educause Quarterly*, 46-52

Neumann, K. & Waight, N. (2020). The digitalization of science education: Déjà vu all over again? *Journal of Research in Science Teaching, 57*, 1519-1528

Redecker, C. (2017). *European framework for the digital competence of educators: DigCompEdu*. Luxembourg: Publications Office of the European Union

Schiefele, U. (1999). Interest and learning from text. *Scientific Studies of Reading, 3*, 257-279

Shi, W.-Z., Sun, J., Huan, C., & Huan, W. (2016). Assessing the use of smartphone in the university general physics laboratory. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 12*, 125-132

Staaks, S., Hütz, S., Heinke, H., & Stampfer, C. (2018). Advanced tools for smartphone-based experiments: phyphox. *Physics Education, 53*, 045009

Voogt, J., Erstad, O., Dede, C., & Mishra, P. (2013). Challenges to learning and schooling in the digital networked world of the 21st century. *Journal of Computer Assisted Learning, 29*, 403-413

Lukas Faltin[1] [1]Gymnasium Bleckede
Markus Sebastian Feser[2] [2]Universität Hamburg
Ingrid Krumphals[3] [3]Pädagogische Hochschule Steiermark

Schülervorstellungen zum viskosen Verhalten von Flüssigkeiten

In vielen Alltagssituationen lässt sich ein viskoses Verhalten von Flüssigkeiten beobachten (z. B. beim Herauslöffeln von Honig aus einem Glas). Es ist daher plausibel anzunehmen, dass Schüler*innen der Sekundarstufe (vorunterrichtliche) Vorstellungen besitzen, die sie zur Erklärung derartiger Phänomene heranziehen. Nach unserem Kenntnisstand mangelt es jedoch bislang an empirischen Untersuchungen über Schülervorstellungen zu viskosem Verhalten von Flüssigkeiten. So finden sich beispielsweise in der Schülervorstellungs-Bibliographie von Duit (2009) keine Einträge zu Schülervorstellungen zum Thema „Viskosität". Den einzigen expliziten Hinweis auf bisherige Forschung, den wir in der Literatur finden konnten, ist ein Konferenzbeitrag, der erste Entwürfe für ein Testinstrument zur Erfassung von Schülervorstellungen zu Dichte und Viskosität von Flüssigkeiten vorstellt (Bystrianska, 2012).
Im vorliegenden Projekt widmen wir uns diesem Desiderat in zweierlei Hinsicht. In einem ersten bereits abgeschlossenen Teilprojekt wurden Vorstellungen von Neuntklässler*innen zum viskosen Verhalten von Flüssigkeiten exploriert (Faltin & Feser, 2021). In einem zweiten Teilprojekt – ein Kooperationsprojekt der Physikdidaktiken der Universität Hamburg und der Pädagogischen Hochschule Steiermark – erfolgt die Entwicklung und Ersterprobung eines Lernangebots für Physiklehramtsstudierende, in dem Artefakte aus Teilprojekt 1 als Lernmaterial für die Diagnose von Schülervorstellungen, die in physikdidaktischen Lehrwerken nicht abgebildet sind, genutzt werden. In diesem Beitrag geben wir einen zusammenfassenden Überblick zu beiden Teilprojekten und berichten ausgewählte Ergebnisse.

Teilprojekt 1: Exploration von Schülervorstellungen
Ziel und methodisches Vorgehen: Das Ziel des Teilprojekts 1 bestand darin zu explorieren, welche Schülervorstellungen sich aus Erklärungen von Schüler*innen der Sekundarstufe zu Alltagsphänomenen, in denen Flüssigkeiten ein viskoses Verhalten zeigen, ableiten lassen. Hierzu wurden im Juni 2020 strukturierte Online-Interviews geführt, wobei eine Gelegenheitsstichprobe von N = 12 Neuntklässler*innen von drei Hamburger Gymnasien befragt wurde. Im Rahmen dieser Interviews wurden den Schüler*innen nacheinander drei Videos von alltäglichen Viskositätsphänomenen gezeigt (siehe Abbildung 1). Nachdem die Schüler*innen ein Video gesehen hatten, sollten sie in eigenen Worten zunächst das im Video gezeigte Phänomen beschreiben und anschließend dieses (physikalisch) erklären. Zur Analyse wurden die Interviews videographiert und transkribiert. Anschließend erfolgte mit Hilfe eines induktiven Kategoriensystems ($\kappa = 0.82$) eine inhaltsanalytische Auswertung mit Fokus auf die sich in den Interviews manifestierenden Schülervorstellungen (Kuckartz, 2016).

*Abbildung 1:Screenshots der drei Videos, die den Schüler*innen gezeigt wurden: (i) ein Salatdressing aus vier flüssigen Zutaten zubereiten; (ii) einen Löffel in ein Honigglas fallen lassen; (iii) Ketchup aus einer Flasche herausbekommen.*

Zentrale Ergebnisse: In den erhobenen Interviewdaten konnten vier zentrale Schülervorstellungen identifiziert werden, die sich zusammengefasst wie folgt charakterisieren lassen (für eine ausführliche Charakterisierung siehe Faltin & Feser, 2021):

1. Schüler*innen führen das viskose Verhalten einer Flüssigkeit auf deren Dichte zurück, wobei manche Schüler*innen die Massendichte, andere hingegen die Teilchendichte einer Flüssigkeit für ihre Erklärung heranziehen.
2. Schüler*innen führen das viskose Verhalten einer Flüssigkeit auf deren Zusammensetzung zurück. Sie argumentieren, dass Flüssigkeiten sich zähflüssig verhalten, wenn sie aus bestimmten (submikroskopischen) Bestandteilen zusammengesetzt sind.
3. Schüler*innen führen das viskose Verhalten einer Flüssigkeit auf deren Klebrigkeit zurück. Sie argumentierten, dass „dickflüssige" Stoffe auch „klebrig" sind, können dies aber nicht weiter ausführen.
4. Schüler*innen führen das viskose Verhalten einer Flüssigkeit darauf zurück, inwieweit diese „zusammengepresst" ist. Insbesondere beim dritten Video (siehe Abbildung 1) argumentieren sie, dass der Ketchup so stark in die Flasche „gepresst" wurde, dass er nur schwer von selbst herausfließen kann.

Besonders hervorzuheben ist, dass die Ergebnisse unserer Explorationsstudie nicht zu vernachlässigenden Limitationen unterliegen, insbesondere da sie auf einer sehr kleinen Gelegenheitsstichprobe von Schüler*innen der neunten Jahrgangsstufe beruhen. Zukünftige physikdidaktische Forschung ist daher unseres Erachtens in jedem Fall erforderlich, um die eben aufgeführten Ergebnisse zu replizieren und ggf. zu erweitern.

Teilprojekt 2: Entwicklung und Ersterprobung eines Lernangeobts für Lehramtsstudierende zur Diagnose von Schülervorstellungen

Ausgangspunkt: Lernprozesse im Physikunterricht sind mit (individuell geformten) Vorstellungen der Schüler*innen zum jeweiligen Lerngegenstand verknüpft, die fachliches Lernen (z. T.) erschweren können (Jung, 1978; Niedderer & Schecker, 1992). Ausgeprägte Diagnosefähigkeiten von Lehrkräften bzgl. fachlicher Lernprozesse stellen daher eine Basis für adaptiven (Fischer et al., 2014) und damit qualitativ hochwertigen (Physik-)unterricht dar (von Aufschnaiter et al., 2017). Viele Schülervorstellungen, die im Physikunterricht vorkommen, sind in fachdidaktischen Lehrwerken ausführlich beschrieben (vgl. z. B. Driver et al., 1985; Schecker et al., 2018; Stavy & Tirosh, 2000). Genauso gibt es aber auch eine Vielzahl an Schülervorstellungen, denen Lehrkräfte im Unterricht begegnen, die in Physikdidaktiklehrwerken nicht zu finden sind (z. B. zu curricular eher randständigen Themen, wie dem viskosen Verhalten von Flüssigkeiten). Folglich ist die Diagnose von Schülervorstellungen (insb. von Schülervorstellungen, die in physikdidaktischen Lehrwerken nicht abgebildet sind) eine alltägliche und wichtige, sowie anspruchsvolle Aufgabe von Physiklehrkräften. Angehende Physiklehrkräfte sollten daher bereits im Studium auf diese Aufgabe vorbereitet werden.

Ziel: In Teilprojekt 2 steht die Entwicklung und Erprobung eines Lernangebots für das Bachelor Physiklehramtsstudium zur Diagnose von Schülervorstellungen, die in Physikdidaktiklehrwerken nicht zu finden sind, im Fokus. Hierzu werden Artefakte aus Teilprojekt 1 genutzt (Videographien und Transkripte). Ziel des Lernangebotes für Lehramtsstudierende ist es, den für Lehrkräfte quasi alltäglichen Diagnoseprozess (exemplarisch) zu üben.

Entwicklung des Lernangebots: Das entwickelte Lernangebot schließt an eine existierende Lernumgebung zur Diagnose von Schülervorstellungen an, die einem Design Based Research Ansatz folgend (Haagen-Schützenhöfer & Hopf, 2020; Barab & Squire, 2004) an der Universität Graz entwickelt wurde (für Details siehe Krumphals & Haagen-Schützenhöfer, 2021). Dabei wurde die ursprüngliche Lernumgebung, welche ausschließlich auf die Diagnose

von Schülervorstellungen fokussierte, die in Physikdidaktiklehrwerken zu finden sind, um das Lernangebot zur Diagnose von Schülervorstellungen zum viskosen Verhalten von Flüssigkeiten erweitert (als ein Beispiel für Schülervorstellungen, die in physikdidaktischen Lehrwerken nicht zu finden sind).

Design des Lernangebots:
Das Lernangebot zur Diagnose von Schülervorstellungen zum viskosen Verhalten von Flüssigkeiten wurde als eine 2½ stündige Seminareinheit entwickelt. Der Ablauf der Seminareinheit ist in Abbildung 2 zusammengefasst dargestellt.

Abbildung 2: Lernangebot zur Diagnose von Schülervorstellungen zu viskosem Verhalten von Flüssigkeiten.

Ersterprobung des Lernangebots:
Das Lernangebot wurde im Sommersemester 2021 als Online- und Teamteaching-Einheit mit Studierenden an der Pädagogischen Hochschule Steiermark (6. Semester; N = 11) erstmalig erprobt. Die gesamte Seminareinheit wurde videographiert und am Ende mittels eines Kurzfragebogens evaluiert. Letzteres dient hierbei als grobes Feedback der Studierenden bzgl. der von ihnen als gelungen bzw. weniger gelungen empfundene Elemente der Seminareinheit. Außerdem sollen die Auskünfte aus den Kurzfragebögen erste Richtungshinweise für die noch ausstehende qualitative Analyse der Videodaten liefern.

Ausgewählte Befunde des Kurzfragebogens:
Das Lernangebot wurde von den Studierenden im Median mit 5.0 „Sternen" insgesamt positiv bewertet (Skala: 1–6 Sterne; N = 9). Darüber hinaus zeigt sich in den Ergebnissen allerdings auch eine ausgeprägte Streuung bezüglich des durch die Studierenden empfundenen Schwierigkeitsgrades fachlicher, fachdidaktischer und schulpraktischer Inhalte der Seminareinheit (siehe Abbildung 3).

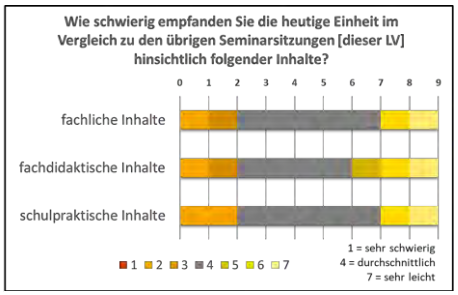


Abbildung 3: Schwierigkeitseinhschätzungen der Studierenden bzgl. unterschiedlicher Inhalte des Lernangebots (N=9).

Ausblick
Die Kurzfragebogen-Evaluation des Lernangebots aus Teilprojekt 2 liefert insbesondere Hinweise auf ein heterogenes Schwierigkeitsempfinden durch die Studierenden. Dies könnte darauf hinweisen, dass das entwickelte Angebot für bestimmte Studierende nicht nur lernförderliche Elemente, sondern auch (ungewollte) Lernbarrieren umfasst. Der Fokus der noch ausstehenden qualitiativen Analyse der Seminarvideographie wird daher auf der Identifikation solcher Lernbarrieren liegen. Darüber hinaus ist in Bezug auf Teilprojekt 1 geplant, weitere Untersuchungen von Schülervorstellungen zum viskosen Verhalten von Flüssigkeiten durchzuführen (u. a. in der Primarstufe).

Literatur

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

Bystrianska, M. (2012). Testing misconceptions in physics for elementary school. *13th International Scientific Conference of PhD Students and Young Scientists and Pedagogues – Book of Scientific Papers*, 358–363.

Duit, R. (2009). *Bibliography – STCSE. Students' and Teachers' Conceptions and Science Education*.

Driver, R., Guesne, E., & Tiberghien, A. (Hrsg). (1985). *Children's ideas in science*. Open University Press.

Faltin, L., & Feser, M. S. (2021). Secondary school students' conceptions about the viscous behaviour of liquids. *Physics Education*, *3*(56), Article 035018.

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.

Haagen-Schützenhöfer, C., & Hopf, M. (2020). Design-based research as a model for systematic curriculum development: The example of a curriculum for introductory optics. Physical Review Physics Education Research, 16(2), Article 020152.

Jung, W. (1978). *Zum Problem der „Schülervorstellungen"*. Physica didactica *5*, 125–126.

Krumphals, I., & Haagen-Schützenhöfer, C. (2021). Development of a Learning Environment to Enhance Preservice Physics Teachers' Diagnostic Competence in Terms of Students' Conceptions. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, *17*(6), Article em1972.

Kuckartz, U. (2016). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung* (3. Aufl.). Beltz Juventa.

Niedderer, H., & Schecker, H. (1992). Towards an explicit description of cognitive systems for research in physics learning. In R. Duit, H. Goldberg, & H. Niedderer (Eds.), *Research in Physics Learning—Theoretical Issues and Empirical Studies*. IPN.

Schecker, H., Wilhelm, T., Hopf, M., & Duit, R. (Hrsg.). (2018). *Schülervorstellungen und Physikunterricht: Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis*. Springer Spektrum.

Stavy, R., & Tirosh, D. (2000). *How students (mis-)understand science and mathematics: Intuitive rules*. Teachers College Press.

von Aufschnaiter, C., Selter, C., & Michaelis, J. (2017). Nutzung von Vignetten zur Entwicklung von Diagnose- und Förderkompetenzen - Konzeptionelle Überlegungen und Beispiele aus der MINT-Lehrerbildung. In Selter, C., Hußmann, S., Hößle, C., Knipping, C., Lengnink, K. & Michaelis, J. (Hrsg.), *Diagnose und Förderung heterogener Lerngruppen. Theorien, Konzepte und Beispiele aus der MINT-Lehrerbildung* (S. 85–106). Münster, New York: Waxmann.

Anja Lembens[1]
Rita Elisabeth Krebs[1]
Johanna Taglieber[2]

[1]Universität Wien
[2]Universität Innsbruck

sensiMINT – Sprachsensibler Chemie- und Biologieunterricht

Aufgrund des Zusammenhangs zwischen fachlichen und sprachlichen Kompetenzen (Suchań & Breit, 2016) sowie der zunehmenden sprachlichen Diversität im Klassenzimmer (Braunsteiner et al., 2019) ist die Sprachbildung eine zentrale Aufgabe des Fachunterrichts. Sie wird als eine in den Unterricht integrierte und zielgerichtete Bildungsaufgabe in allen Fächern verstanden, ist aber besonders dann zielführend, wenn sie spezifisch an der Fachkultur der jeweiligen Disziplinen ausgerichtet ist (Drumm, 2016). Bisherige empirische Studien zeigen u. a., dass fachspezifische Sprachbildung das inhaltliche Verstehen unterstützt (Özcan, 2012), wobei sich selbstständiges aufgabenorientiertes Arbeiten als erfolgreich gezeigt hat (Tepner, Roeder & Melle, 2010). Gleichzeitig ist die fachspezifische Sprachbildung jedoch nicht ausreichend im Fachunterricht verankert (Riebling, 2013) und die Lernenden verbringen dort nicht ausreichend aktive Lernzeit mit sprachlichen – v. a. schriftlichen – Aufgaben (Thürmann, Pertzel & Schütte, 2015).

Projektziele und -beteiligte

Das Erasmus+Projekt sensiMINT (2020-2023) setzt sich die Förderung einer durchgängigen fachspezifischen Sprachbildung im Biologie- und Chemieunterricht zum Ziel. Dazu arbeiten Projektbeteiligte aus mehreren deutschsprachigen Ländern (AUT, CH, GER, LIE, IT) und unterschiedlichen Fächern, Disziplinen und Institutionen (Sprach- und Fachdidaktiken, Bildungswissenschaften, Schulpraxis, Lehrer*innenaus- und -fortbildung) ko-konstruktiv in Communities of Practice (CoP) zusammen (Ralle & Di Fuccia, 2014; Straub & Waschewski, 2019). Mit ihren vielseitigen und komplementären Expertisen und Erfahrungen bringen die Beteiligten breitgefächerte Kompetenzen in die CoPs ein und verfolgen als gemeinsames Ziel, Unterrichtsstundenkonzepte und Strategien zur Implementierung eines fachlich fundierten sprachsensiblen Biologie- und Chemieunterrichts zu entwickeln, zu evaluieren und zu reflektieren. Dabei wird an folgenden Projekt-Outputs gearbeitet:

sensiMINT-Materialienfundus	sensiMINT-Materialienkompass Biologie	sensiMINT-Materialienkompass Chemie
Datenbank sprachsensibler Aufgaben für den Biologie- und Chemieunterricht	Interdisziplinär reflektierte sprachsensible Unterrichtsstundenkonzepte mit multiperspektivischem Praxisleitfaden	Interdisziplinär reflektierte sprachsensible Unterrichtsstundenkonzepte mit multiperspektivischem Praxisleitfaden
sensiMINT-Qualitätssiegel	**sensiMINT - Best-Practice-Guide**	**sensiMINT - Coaching-Curriculum**
Kriterienraster zur Zertifizierung erfolgreicher sprachsensibler Unterrichtsstundenkonzepte	Fachschaftsübergreifendes Teambuilding zur kleinschrittigen bottom-up-Verankerung des sprachsensiblen MINT-Unterrichts	Systemische Implementierung durch systematische Professionalisierung und institutionsübergreifende Vernetzung

Abb. 1 Überblick über die angestrebten Outputs des laufenden Projekts.

Wie aus der Abbildung ersichtlich wird, setzen sich die Projektbeteiligten sowohl die Analyse und Systematisierung bereits bestehender sprachsensibler Unterrichtsmaterialien (sensiMINT Materialienfundus), als auch die Erstellung und Erprobung neuer Konzepte (sensiMINT Materialienkompass Biologie und Chemie) zum Ziel. Durch die Erstellung eines vorläufigen Materialienfundus erfolgte bereits eine erste Sensibilisierung der Projektbeteiligten für Qualitätsmerkmale fachlich fundierter sprachsensibler Unterrichtsangebote. Aktuell arbeiten die Projektbeteiligten an den Materialienkompassen und leiten daraus ein Kriterienraster für erfolgreiche sprachsensible Unterrichtsstundenkonzepte (sensiMINT-Qualitätssiegel) ab; Einblicke in die Entwicklung der Unterrichtsstundenkonzepte werden nachfolgend gegeben. Die Erfahrungen und Erkenntnisse aus der Konzeption und Evaluation der Unterrichtsstundenkonzepte werden zukünftig für die Entwicklung des sensiMINT Best-Practice-Guide und des sensiMINT Coaching-Curriculums genutzt, um sprachsensiblen Fachunterricht an Schul- und Lehrstandorten systematisch zu verankern. Die Projekt-Outputs werden auf der Projekthomepage (https://www.sensimint.eu) zugänglich gemacht.

Entwicklung von Unterrichtsstundenkonzepten für den sensiMINT Materialienkompass
Ausgangspunkt für die Entwicklung von sensiMINT-Unterrichtsstundenkonzepten sind situierte und praxisnahe (Parchmann & Kuhn, 2018), fachliche und sprachliche Lehr-Lern-Ziele (Dalton-Puffer, 2013). Darüber hinaus werden die fachlichen Hintergründe und Perspektiven der Lernenden im Sinne der didaktischen Rekonstruktion (Duit, 2010) sowie das Konkretisierungsraster nach Tajmel und Hägi-Mead (2017) berücksichtigt. Mit Hilfe des Konkretisierungsrasters werden die sprachlichen Anforderungen der Lerngelegenheiten analysiert und linguistische Stolpersteine identifiziert, um den Erwerb und die angemessene Verwendung von Fach- und Bildungssprache zu unterstützen. Alle erstellten Lernumgebungen werden möglichst divers und multimodal gestaltet; zum Einsatz kommen vielfältige Sprachkompetenzen (sprechen, hören, schreiben, lesen), Darstellungsebenen, Methoden und Sozialformen (Leisen, 2013).

Erprobung und Evaluation
Die Erprobung der Unterrichtsstundenkonzepte erfolgt im Sinne von Aktionsforschung (Ralle & Di Fuccia, 2014). Die beteiligten Lehrkräfte und Partnerlehrkräfte (sog. Critical Friends, die sich über das länderübergreifende Projektnetzwerk oder über die Projekthomepage zur Unterstützung von sensiMINT bereit erklärt haben) erproben die Unterrichtsstundenkonzepte im Unterricht, führen persönliche Notizen und holen Rückmeldungen von Lernenden ein. Die wissenschaftlichen CoP-Mitglieder koordinieren die Datenerhebung und werten die von den Lernenden produzierten Artefakte mittels qualitativer Inhaltsanalyse (Mayring, 2010) aus.

Reflexion und Weiterentwicklung
Die Ergebnisse aus den Erprobungen werden in der CoP zusammengetragen. Im Rahmen von Projekttreffen wird gemeinsam auf Basis der vorhandenen Daten (ausgewertete Notizen der Lehrkräfte und Schüler*innenartefakte) reflektiert, welche Aspekte der Unterrichtsstundenkonzepte bereits funktionieren und welcher Überarbeitungsbedarf besteht (Ralle & Di Fuccia, 2014). Anschließend werden Verbesserungen an den Materialien und Entwürfen vorgenommen und diese in einen neuen Forschungszyklus von Entwicklung, Erprobung, Evaluation und Reflexion übertragen (ibid.).

Beispielhafte Einblicke in die Materialentwicklung: Biologie

Aus der Fachliteratur (z. B. Kattmann, 2005) ist bekannt, dass Schüler*innen im Biologieunterricht häufig anthropomorphe Vorstellungen haben. Diese wurden von den CoP-Mitgliedern im Erasmus+Projekt sensiMINT auch in Artefakten der eigenen Lernenden identifiziert; z. B. in einem von S1 (2020) geschriebenen Lexikoneintrag zum Thema ‚Antibiotika': „Der Nachteil bei Antibiotika ist, dass sie nicht nur ‚feindliche' Bakterien, sondern auch gute und nützliche Bakterien töten". Kattmann (2005, S. 166) schlägt in diesem Kontext die Entwicklung einer „Zweisprachigkeit" vor, z. B. durch die Gegenüberstellung von anthropomorphen Vorstellungen und den damit verbundenen alltagssprachlichen Formulierungen (z. B. ‚feindliche Bakterien') mit fachlich adäquaten fachsprachlichen Formulierungen (z. B. ‚pathogene Bakterien'). Ein vor diesem Hintergrund im Rahmen des sensiMINT Materialienkompasses Biologie entwickeltes Unterrichtsstundenkonzept regt in Anlehnung an Rincke (2010) einen expliziten Metadiskurs über die fachsprachliche Angemessenheit von unterschiedlichen Schüler*innenaussagen über die Definition, Wirkungsweise und Spezifität von Antibiotika an. Den Ausgangspunkt für diesen Metadiskurs stellt ein Concept Cartoon dar, welcher anthropomorphisierende Aussagen fachsprachlich adäquaten Formulierungen gegenüberstellt.

Beispielhafte Einblicke in die Materialentwicklung: Chemie

Im Unterrichtsfach Chemie ist es für Lehrende und Lernende eine zentrale und wiederkehrende Herausforderung, die beobachtbaren chemischen Phänomene unter Bezug auf die Teilchenebene und mit Verwendung von Elementen der Symbolebene angemessen zu verstehen und zu erklären (Johnstone, 1991; Lembens et al., 2019). Dies wurde im Erasmus+Projekt sensiMINT z. B. offenbar, als CoP-Mitglieder Lernende dazu aufgefordert hatten, einen beschreibenden Text zu einer gegebene Reaktionsgleichung (ein Wasserstoffchloridmolekül und ein Wasssermolekül reagieren zu einem Oxoniumion und einem Chloridion) zu formulieren und von S2 (2021) unter anderem folgende Antwort produziert wurde: „Alle Teilreaktionen sind auch in die andere Richtung möglich, dabei entsteht aus Oxoniumionen und Säureresten bzw. Chloridionen über den Übergangszustand Wasser und Salzsäure." Um einer solchen Vermischung der makroskopischen Ebene der Stoffe (Wasser, Salzsäure) mit der submikroskopischen Ebene der Teilchen (Oxoniumionen, Chloridionen) entgegenzuwirken, werden im sensiMINT Materialienkompass Chemie Unterrichtsstundenkonzepte entwickelt, die ganz gezielte sprachliche Hilfen gegeben. Dabei werden die Lernenden unterstützt, gleichzeitig sowohl konzeptuell als auch sprachlich den Schritt von der Stoffebene zur Teilchenebene zu gehen, um in ihren Erklärungen konsequent diese beiden Ebenen voneinander trennen zu können und dadurch zu einem besseren Verstehen zu gelangen. Die einzelnen Aufgaben fordern ausdrücklich kooperative Lern- und Arbeitsformen in denen gesprochen, geschrieben und gemeinsam über Formulierungen reflektiert wird.

Erasmus+ Projekt sensiMINT: Sprachsensibler Biologie- und Chemieunterricht — Kontext und Materialien Interdisziplinär reflektiert, 2020-1-AT01-KA201-078144

Die Unterstützung der Europäischen Kommission für die Erstellung dieser Veröffentlichung stellt keine Billigung des Inhalts dar, welcher nur die Ansichten der Verfasser wiedergibt, und die Kommission kann nicht für eine etwaige Verwendung der darin enthaltenen Informationen haftbar gemacht werden.

Literatur

Braunsteiner, M.-L., Fischer, C., Kernbichler, G., Prengel, A. & Wohlhart, D. (2019). Erfolgreich lernen und unterrichten in Klassen mit hoher Heterogenität. In S. Breit, F. Eder, K. Krainer, C. Schreiner, A. Seel, & C. Spiel (Eds.), Nationaler Bildungsbericht. Österreich 2018. Fokussierte Analysen und Zukunftsperspektiven für das Bildungswesen (Vol. 2, pp. 19-61). Bundesinstitut für Bildungsforschung, Innovation & Entwicklung des österreichischen Schulwesens. http://doi.org/10.17888/nbb2018-2

Dalton-Puffer, C. (2013). A construct of cognitive discourse functions for conceptualising content-language integration in CLIL and multilingual education. European Journal of Applied Linguistics 1(2), 216-253. https://doi.org/10.1515/eujal-2013-0011

Drumm, S. (2016). Sprachbildung im Biologiunterricht. De Gruyter.

Duit, R. (2010). Didaktische Rekonstruktion. Piko-Brief 3, 1-5.

Johnstone, A. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seen. Journal of Computer Assisted Learning, 2(7), 75-83. https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.1991.tb00230.x

Kattmann, U. (2005) Lernen mit anthropomorphen Vorstellungen? – Ergebnisse von Untersuchungen zur Didaktischen Rekonstruktion in der Biologie. ZfDN. Jg. 11

Leisen, J. (2013). Handbuch Sprachförderung im Fach. Sprachsensibler Fachunterricht in der Praxis. Grundlagenteil. Klett.

Lembens, A., Hammerschmid, S., Jaklin-Farcher, S., Nosko, C. & Reiter, K. (2019). Textbooks as source for conceptional confusion in teaching and learning ‘acids and bases’ in lower secondary school. Chemistry Teacher International, 1(2), 19. https://doi.org/10.1515/cti-2018-0029

Mayring, P. (2010). Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken. Beltz.

Özcan, N. (2012). Zum Einfluss der Fachsprache auf die Leistung im Fach Chemie. Eine Förderstudie zur Fachsprache im Chemieunterricht. Dissertation. Universität Duisburg-Essen.

Parchmann, I. & Kuhn, J. (2018). Lernen im Kontext. In Krüger, D., Parchmann, I. & Schecker, H. (Hrsg.). Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung. Springer Spektrum.

Ralle, B. & Di Fuccia, D.-S. (2014). Aktionsforschung als Teil fachdidaktischer Entwicklungsforschung. In Krüger, D., Parchmann, I. & Schecker, H. (Hrsg.). Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung. Springer Spektrum.

Riebling, L. (2013). Sprachbildung im naturwissenschaftlichen Unterricht. Eine Studie im Kontext migrationsbedingter sprachlicher Heterogenität. Waxmann.

Rincke, K. (2010) Von der Alltagssprache zur Fachsprache. Bruch oder schrittweise Übergang? In: G. Fenkart, A. Lembens & E. Erlacher-Zeitlinger (Hrsg.) Sprache, Mathematik und Naturwissenschaften. 47-62.

Straub, R. & Waschewski, T. (2019). Transdisziplinäre Entwicklungsteams – Lerntheorien und didaktische Implikationen eines kooperativen Ansatzes zur Theorie-Praxis-Verzahnung in der Lehrkräftebildung. In BMBF (Hrsg.). Verzahnung von Theorie und Praxis im Lehramtsstudium. Erkenntnisse aus Projekten der "Qualitätsoffensive Lehrerbildung".

Suchań, B. & Breit, S. (2016). PISA 2015. Grundkompetenzen am Ende der Pflichtschulzeit im internationalen Vergleich. Leykam.

Tajmel, T. & Hägi-Mead, S. (2017). Sprachbewusste Unterrichtsplanung. Prinzipien, Methoden und Beispiele für die Umsetzung. Waxmann.

Tepner, O.; Roeder, B. & Melle, I. (2010). Effektivität von Aufgaben im Chemieunterricht der Sekundarstufe I. In Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften (16).

Thürmann, E., Pertzel, E. & Schütte, A.U. (2015). Der schlafende Riese: Versuch eines Weckrufs zum Schreiben im Fachunterricht. In Schmölzer-Ebinger, S. & Thürmann, E. (Hrsg.). Schreiben als Medium des Lernens. Kompetenzentwicklung durch Schreiben im Fachunterricht. Waxmann.

Christian Nosko[1,2]
Susanne Jaklin-Farcher[1,3]
Katrin Reiter[1,3]
Anja Lembens[1]

[1]Universität Wien
[2]Kirchliche Pädagogische Hochschule Wien / Krems
[3]Pädagogische Hochschule Wien

Entwicklung und Evaluation von Materialien, zur Anregung von Sinnkonstruktionsprozessen im naturwissenschaftlichen Sachunterricht

Naturwissenschaftlicher Sachunterricht in der Primarstufe

Naturwissenschaftlicher Sachunterricht soll einerseits das Fundament für ein schrittweises Verstehen von Welt legen. Andererseits geht es um die Entwicklung von Urteils- und Handlungskompetenzen in unserer naturwissenschaftlich und technisch geprägten Lebenswelt. Um die meist komplexen Alltagsphänomene verstehen und erklären zu können, sind biologische, chemische und physikalische Konzepte notwendig.

Im aktuellen österreichischen Sachunterrichtslehrplan (BMBWF, 2012) finden sich folgende Erfahrungs- und Lernbereiche: *Gemeinschaft*, *Natur*, *Raum*, *Zeit, Wirtschaft* und *Technik*. Besonders die Erfahrungs- und Lernbereiche *Natur* und *Technik* sind für den Aufbau einer naturwissenschaftlichen Grundbildung von Bedeutung. Der Teilbereich *Technik* weist chemische und physikalische, der Teilbereich *Natur* in erster Linie biologische Bezüge auf. Chemische Inhalte sind vorwiegend im Abschnitt „Stoffe und ihre Veränderungen" des Teilbereichs *Technik* verortet, der folgendermaßen gegliedert ist:

- Kenntnisse über Stoffe und ihre Veränderungen erwerben
- Spezifische Arbeitstechniken anwenden
- Im Umgang mit Stoffen sachgemäß und verantwortungsbewusst handeln

Obwohl hier ganz klar eine chemische Perspektive gefordert ist, nehmen chemische Aspekte in der Ausbildung von Sachunterrichtslehrkräften meist nur einen sehr geringen Raum ein. Es ist daher nicht verwunderlich, dass die chemische Perspektive im naturwissenschaftlichen Sachunterricht nur sehr selten in den Fokus gerückt wird. An dieser Stelle setzt das Forschungs- und Entwicklungsprojekt *‚Säuren und Basen' in der Primarstufe* (SuBiP) an.

„Säuren und Basen" im Sachunterricht?

Das Thema ‚Säuren und Basen' findet sich nicht explizit im Lehrplan des Sachunterrichts. Aus mehreren Gründen bietet es sich jedoch an, ‚saure und basische Lösungen' in systematischer Weise als Ausgangspunkt für die Anbahnung von Sinnkonstruktionsprozessen im Kontext „*Kenntnisse über Stoffe und ihre Veränderungen erwerben*" zu nutzen. Saure und basische Lösungen sind im Alltag allgegenwärtig, so z. B. in Zusammenhang mit Ernährung, Körperpflege und Gesundheit. Außerdem kann durch die Beschäftigung mit diesem Themenfeld eine Basis für das konzeptionelle Lernen im Fach Chemie in der Sekundarstufe gelegt werden.

Um einen Überblick über den Status Quo zu diesem Thema in Sachunterrichtsschulbüchern zu gewinnen, wurden die gängigen österreichischen Sachunterrichtsschulbücher einer Analyse unterzogen. Bei dieser Analyse konnten zahlreiche Versuche mit Bezug zum Themenfeld ‚saure und basische Lösungen' identifiziert werden (Nosko et al., 2019). Beispielsweise finden sich immer wieder Versuche, bei denen auf unterschiedliche Arten Kohlenstoffdioxid aus Carbonaten und sauren Lösungen erzeugt und meist als Feuerlöschmittel oder als „Raketentreibstoff" eingesetzt wird. Auch die Farbänderungen von Rotkrautextrakt sind ein

beliebtes Phänomen. Jedoch fehlt in den Sachunterrichtsbüchern oftmals eine Systematik, die es Lernenden mit Unterstützung durch ihre Lehrkräfte ermöglicht, immer wiederkehrende Muster im Zusammenhang mit diesen Phänomenen zu erkennen und altersgemäß zu deuten. Sinnkonstruktionsprozesse werden dadurch nur bedingt angeregt da. Zudem sind viele der Versuche mit Schritt-für-Schritt Anleitungen versehen, sodass diese kaum zum eigenständigen Formulieren von Fragen, oder zum Planen, Durchführen und Interpretieren eigener Untersuchungen anregen.

Sinnkonstruktionsprozesse im naturwissenschaftlichen Sachunterricht

Eine der Bildungs- und Lehraufgaben des Sachunterrichts lautet: „*Ein kindgemäßer und gleichzeitig sachgerechter Unterricht führt die Kinder allmählich zu einem differenzierten Betrachten und Verstehen ihrer Lebenswelt und befähigt sie damit zu bewusstem, eigenständigem und verantwortlichem Handeln.*“ (BMBWF, 2012, S. 84). Dementsprechend muss der Sachunterricht Lerngelegenheiten bieten, die an naturwissenschaftliches Denken und Arbeiten sowie an verantwortungsvolles Handeln heranführen. „*Es sollte darum gehen, für jedes Kind die zentralen, übergreifenden Ideen der Naturwissenschaften erfahrbar zu machen, um darauf in der weiterführenden Schule ein konzeptuelles Verstehen aufbauen zu können*“ (Lembens et al., 2021, S. 261). Dazu ist es notwendig, Lerngelegenheiten bereitzustellen, die geeignet sind, Sinnkonstruktionsprozesse zu initiieren. Solche Sinnkonstruktionsprozesse sind dynamische Prozesse des Entwickelns bzw. Überdenkens von Erklärungen für naturwissenschaftliche Phänomene. Lernende auf dem Weg des „sensemaking“ (Davis et al., 2020) zu begleiten, ist für Noviz*innen und erfahrene Lehrkräfte gleichermaßen eine voraussetzungsreiche und herausfordernde Aufgabe, die einerseits solide Fachkenntnisse und andererseits ein reiches Instrumentarium an didaktischen Kompetenzen voraussetzt (Lembens et al., 2021; Zembal-Saul et al., 2020).

Um im naturwissenschaftlichen Sachunterricht Sinnkonstruktionsprozesse bei den Lernenden anregen und begleiten zu können, sollten naturwissenschaftliche Phänomene so ausgewählt und arrangiert werden, dass für die Lernenden Muster erkennbar werden. Diese Muster bilden Ausgangspunkte für Sinnkonstruktionsprozesse. Wichtig ist es auch, den Lernenden eine echte Teilhabe an naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen (planen, untersuchen, interpretieren) sowie sinnstiftenden Aushandlungsprozessen zu ermöglichen.

Das Forschungs- und Entwicklungsprojekt SuBiP

Um Lehrkräfte dabei zu unterstützen, im naturwissenschaftlichen Sachunterricht Prozesse des Sensemaking mit Blick auf chemische Aspekte anzuregen und zu begleiten, kooperieren im Forschungs- und Entwicklungsprojekt *‚Säuren und Basen‘ in der Primarstufe* (SuBiP) Expert*innen aus Elementarbildung, Schule und Lehrer*innenbildung. Gemeinsam gehen sie folgenden Fragen nach: Welche Versuche, Methoden und Kontexte sind geeignet, ein anschlussfähiges, kontextuelles und konzeptuelles Verstehen im Themenfeld ‚Säuren und Basen‘ anzubahnen? Welche Unterstützung brauchen Sachunterrichtslehrkräfte, um Lernende auf dem Weg des Sensemaking im Kontext ‚Säuren und Basen‘ angemessen begleiten zu können?

Folgende Teilschritte des Projektes wurden bisher realisiert:

- Analyse der gängigen österreichischen Sachunterrichtsbücher (Nosko et al., 2018)
- Entwicklung von Materialien für den Sachunterricht, bestehend aus einem Geschichtenband für Schüler*innen und Begleitmaterial für Lehrkräfte
- Einsatz der Materialien in Unterricht und Lehrer*innenfortbildungen

- Evaluation und Weiterentwicklung der Materialien auf Basis von:
  - teilnehmenden Beobachtungen beim Einsatz in Schulklassen (4. Schulstufe)
  - teilnehmenden Beobachtungen bei Fortbildungen für Primarstufenlehrkräfte
  - Feedback zum Material durch Bachelor- und Masterstudierende sowie erfahrene Primarstufenlehrkräfte mithilfe von Fragebögen
  - Kollegiales Feedback durch Bachelor- und Masterstudierende sowie erfahrene Primarstufenlehrkräfte im Rahmen von Evaluationsworkshops anhand kommentierter Arbeitsmaterialien mit anschließenden Leitfadeninterviews

Einblick in das Konzept der Materialien und Fortbildungen

Der Geschichtenband

Der Geschichtenband *Leo – Saures und Basisches in unserem Alltag* (Nosko et al., 2020) orientiert sich am Konzept des Storytelling. Die zehn Geschichten rund um Leo, die Protagonistin der Geschichten, ermöglichen es, anhand verschiedener Alltagskontexte Erfahrungen und Erkenntnisse zu systematisieren und dadurch zum Aufbau anschlussfähiger Konzepte innerhalb dieses Themenkomplexes beizutragen.

Das Begleitmaterial

Das Begleitmaterial soll Lehrkräften fachliche Sicherheit und Anregungen für die Gestaltung entsprechender Lerngelegenheiten geben. Zu jeder Geschichte gibt es fachliche Klärungen, fachdidaktische Anregungen sowie Arbeitsmaterialien für die Schüler*innen. Strukturiert ist das Begleitmaterial wie folgt:

- Überblicksblatt mit Kurzinformation zum Inhalt mit Kompetenzformulierungen
- Fachliche Klärungen in adressatengerechter Art und Weise
- Aktivitätenblätter (ein Basisblatt und mehrere Erweiterungsblätter) für Schüler*innen mit Lösungsvorschlägen
- Didaktischer Kommentar mit Vorschlägen zur Gestaltung von Lerngelegenheiten
- Materialien zur Differenzierung (bebilderte Anleitungen, Wort-Bild-Kärtchen, …)

Fortbildungsangebot

Über verschiedene Kanäle werden Fortbildungen angeboten, in denen Sachunterrichtslehrer*innen das Konzept und die Materialien kennenlernen, im eigenen Unterricht erproben und gemeinsam mit Expert*innen weiterentwickeln können.

Evaluation und Weiterentwicklung

Im Sinne der Optimierungsfunktion von Evaluationsforschung (Döring, 2014, S. 172ff) verfolgen wir ein iteratives Vorgehen, das sich in der permanenten Weiterentwicklung der Materialien niederschlägt. Hierzu wird ein Methodenmix (Kuckartz, 2014) eingesetzt, der aus einer Kombination von teilnehmender Beobachtung (Schnell et al., 2018) beim Einsatz des Materials in Schulklassen, der Analyse der von Schüler*innen bearbeiteten Aktivitätenblätter sowie von Fragebögen und Interviews mit Lehrkräften besteht. Auf dieser Basis werden die Materialien in einen fortlaufenden evidenz- und erfahrungsbasierten Evaluations- und Überarbeitungsverfahren weiterentwickelt.

Es werden auch Studierende im Rahmen von Bachelor- und Masterarbeiten eingebunden. Eine dieser Arbeiten beschäftigt sich z. B. mit der Adaption der Materialien für inklusive Lerngruppen. Als einer der nächsten Schritte ist die Beforschung der Lernwirksamkeit und Akzeptanz der Materialien geplant.

Literatur

BMBWF (2012). Lehrplan der Volksschule – Sachunterricht. Wien Retrieved from https://bildung.bmbwf.gv.at/schulen/unterricht/lp/lp_vs.html

Davis, E., Zembal-Saul, C. & Kademian, S. (2020). Working towards a vision of sensmaking in elementary science. In E. Davis, C. Zembal-Saul & S. Kademian (Hrsg.), Sensemaking in elementary science. Supporting teacher learning (S. 1-11). New York: Routledge.

Döring, N. (2014). Evaluationsforschung. In N. Baur & J. Blasius (Hrsg.), Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung (S. 167-182). Heidelberg: Springer.

Kuckartz, U. (2014). Mixed Methods - Methodologie, Forschungsdesigns und Analyseverfahren. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Lembens, A. & Nosko, C. (2021). Erfahrungen und Erkenntnisse zu chemischen Aspekten des Alltags ermöglichen. Entwicklung und Evaluation eines Materialpaketes für den naturwissenschaftlichen Sachunterricht. In A. Holzinger, S. Kopp-Sixt, S. Luttenberger, & D. Wohlhart (Hrsg.), Fokus Grundschule - Qualität von Schule und Unterricht (Vol. 2, S. 261-270). Waxmann.

Nosko, C., Jaklin-Farcher, S. & Lembens, A. (2018). „Das Gegenteil von sauer ist süss“ – chemische Aspekte in Sachunterrichtsbüchern der Primarstufe. Progress in Science Education (PRISE), 1(2), 9. doi:10.25321/prise.2018.808

Nosko, C., Jaklin-Farcher, S., Lembens, A. & Reiter, K. (2019). Von nackten Eiern und unsichtbaren Gasen. Oder: „Säuren und Basen“ in der Primarstufe. Erziehung und Unterricht, 169(3-4), 375-382.

Nosko, C., Jaklin-Farcher, S., Reiter, K. & Lembens, A. (2020). Leo – Saures und Basisches in unserem Alltag. Norderstedt: BoD.

Schnell, R., Hill, P. & Esser, E. (2018). Methoden der empirischen Sozialforschung. Berlin: De Gruyter Oldenbourg.

Zembal-Saul, C. & Hershberger, K. (2020). Positioning students at the center of sensemaking. In E. Davis, C. Zembal-Saul & S. Kademian (Hrsg.), Sensemaking in elementary science (S. 15-30). New York: Routledge.

Melina Doil[1]
Verena Pietzner[1]

[1]Universität Oldenburg

Strukturelle Analyse der Lehrkräftebildung der in der PISA Erhebung führenden Länder

Einführung und theoretischer Hintergrund

Das die Leistung deutscher SchülerInnen in der naturwissenschaftlichen Domäne nicht den Erwartungen entsprechen, wurde erstmals in den ersten Erhebungsrunden von PISA (Reiss et al. 2019), wie auch TIMSS (Schwippert et al. 2020), dargestellt. Ungeachtet der umfangreichen Bildungsreformen der letzten Jahre in Deutschland, konnten deutsche Lernende weder in PISA 2018 noch in TIMSS 2019 den Anschluss an die Ergebnisse der führenden Länder der jeweiligen Erhebung erreichen (Reiss et al. 2019; Schwippert et al. 2020).

Da die Lehrerkräftebildung in den Ländern mit Spitzenpositionen unterschiedlich organisiert ist, ergibt sich die Fragestellung, ob die Gestaltung des Studiums, ein ggf. vorhandener Vorbereitungsdienst sowie die Lehrkräftefortbildung für Naturwissenschaften in Zusammenhang mit dem Bildungserfolg von Singapur, Japan, Finnland und Kanada stehen.

Um diese Fragestellung tiefgehend beantworten zu können, ist es zunächst das Ziel, eine strukturelle Analyse der Lehrkräftebildung innerhalb Deutschlands vorzunehmen. Hierbei werden die fachwissenschaftliche, die fachdidaktische sowie die praktische Qualifikation (angehender) Lehrkräften der Naturwissenschaften, sowohl der Primar- als auch der Sekundarstufe, betrachtet. Ergänzend werden die Voraussetzungen sowie Karrierechancen für (werdende) LehrerInnen charakterisiert. Im Bezug hierauf wird ein Fokus auf die Zulassungskriterien zum Lehramtsstudium sowie den Fort- und Weiterbildungsmöglichkeiten nach Beendigung der Lehrkräftebildung gelegt. Auf Grundlage dieser ersten Ergebnisse soll die deutsche Lehrkräftebildung kritisch betrachtet werden.

Forschungsvorhaben

Aus den geschilderten Gegebenheiten ergeben sich zunächst für Deutschland die folgenden zwei Forschungsfragen:

- Wie ist die Lehrkräftebildung in Deutschland strukturiert?
- Wo wird verstärkt ein Fokus in der Lehrkräftebildung gelegt?

Diese Fragen sollen mit Hilfe eines Systematic Reviews nach dem PRISMA-Statement (Liberati et al. 2009) bearbeitet werden.

Anschließend an die Auswertung der deutschen Lehrkräftebildung ist ein ähnliches Verfahren für die in PISA führenden Länder geplant, um folgende Fragestellungen zu beantworten:

- Wie ist die Lehrkräftebildung strukturiert?
- Gibt es Unterschiede im Fokus der Lehrkräftebildung der verschiedenen Länder?
- Sind Adaptionen aus anderen Ländern im Bereich der Lehrkräftebildung möglich?

Hierbei ist sowohl interessant, welche Bausteine in der Lehrkräftebildung im Vergleich zu anderen (Bundes-)Ländern vorhanden oder auch nicht vorhanden sind.

Methode und erste Ergebnisse

Als Methode zur Bearbeitung der Fragestellungen wird für die Lehrkräftebildung in Deutschland ein Systematic Review (Butler et al. 2016; Tawfik et al. 2019) durchgeführt. Um

die methodische Vergleichbarkeit zu gewährleisten wird nach dem PRISMA-Statement vorgegangen (Liberati et al. 2009). Angesichts des Themenschwerpunktes muss ein Zwischenschritt vorgenommen werden, in dem auf Grundlage von Grey Literature Schwerpunkte der deutschen Lehrkräftebildung dargestellt werden.

Hierfür wurden die folgenden Suchkriterien genutzt:
- LehrerInnenbildung, LehrerInnenausbildung, Lehrkräftebildung, Lehramtsstudium
- KMK, Vorgaben, Bildungsministerien, Kultusministerien

Für die erste Strukturierung wurden aktuelle Vorgaben der KMK (n=7) sowie der zuständigen Ministerien der einzelnen Bundesländer (n=54) herangezogen. Daraus ergeben sich für die deutsche Lehrkräftebildung die folgenden Schwerpunkte:
- Persönliche Voraussetzungen, zu erwerbende Kompetenzen
- Studium, Praxisphase im Studium
- Vorbereitungsdienst, Quer- und Seiteneinstieg
- Fort- und Weiterbildungen

Die Schwerpunkte persönliche Voraussetzungen (KMK 2013), zu erwerbende Kompetenzen (KMK 2019) sowie Fort- und Weiterbildung (KMK 2020) sind auf Grundlage der KMK Vorgaben rechtlich gleich organisiert. Ebenfalls gibt es allgemeine Vorgaben für den Quer- und Seiteneinstieg (KMK 2009), welche innerhalb der Bundesländer allerdings noch angepasst werden. Für die Phase des Studiums und des Vorbereitungsdienstes ergibt sich die folgende Übersicht:

Tabelle 1 - Vorgaben zur Lehrkräftebildung in Deutschland

Bundesland	Studium (Abschluss)	Praxisphasen (im Studium)	Vorbereitungsdienst in Monaten
BW	1.Staatsex.	Orientierungspraktikum; Schulpraxissemester	18
BY	1.Staatsex.	Schulpraktikum	24
BE	M.Ed.	Orientierungspraktikum; Schulpraxissemester	18
BB	M.Ed.	Orientierungspraktikum; Schulpraxissemester	12
HB	M.Ed.	Orientierungspraktikum; Schulpraxissemester	18
HH	1.Staatsex.	Erkundungspraktikum; Orientierungspraktikum; integriertes Schulpraktikum; Kernpraktikum	18
HE	1.Staatsex.	Orientierungspraktikum; Betriebspraktikum; Schulpraktikum	21
MV	1.Staatsex.	Praktika	18
NI	M.Ed.	Orientierungspraktikum; Betriebspraktikum; Schulpraktikum; Schulpraxissemester	18
NW	M.Ed.	Orientierungspraktikum; Schulpraxissemester	18
RP	M.Ed.	BA Praktikum; vertiefendes BA Praktikum; MA Praktikum	18
SL	1.Staatsex.	Orientierungspraktikum; Betriebspraktikum; fachdidaktisches Praktikum; Schulpraxissemester	18
SN	1.Staatsex.	Blockpraktikum	18
ST	1.Staatsex.	Betriebspraktikum; 2 Schulpraktika; schulpraktische Übung	16
SH	M.Ed.	Orientierungspraktikum; Schulpraxissemester	18
TH	M.Ed.	schulpraktische Studien	18

Bereits im direkten Vergleich der einzelnen Bundesländer können in den ersten beiden Phasen der Lehrkräftebildung Unterschiedene festgehalten werden. Vor allem die Quantität von Praxisphasen sowie deren Dauer ist innerhalb des föderalen Systems in Deutschland sehr unterschiedlich ausgestaltet. Gleiches gilt für die Dauer des Vorbereitungsdienstes, welchen die angehenden Lehrkräfte durchlaufen müssen.
Aufbauend auf den dargestellten Ergebnissen wurden die Suchkriterien für die Literaturrecherche für den Systematic Review verfeinert. Anschließend wurden alle Publikationen, welche die Suchkriterien im Titel oder Abstract aufweisen in eine Excel Tabelle aufgenommen. Hieraus ergibt sich die folgende Datenbank:

Tabelle 2 - Zuordnung Datenbank

	Studium	Praxisphase	Referendariat	Fortbildungen	Quer-/ Seiteneinstieg	Andere
Google Scholar	64	113	47	40	6	53
Beltz	11	4	8	7	1	32
Waxmann	19	13	6	3	3	27
Springer	46	14	5	6	1	48
Logos	18	4	7	9	1	14
Gesamt	158	148	73	65	12	174

Dabei sind unter der Rubrik „Andere“ Veröffentlichungen zusammengefasst, welche mehr als eine der vorher genannten Kategorien oder relevante Reformen der deutschen Lehrkräftebildung nach 2004 behandeln.

Ausblick

Mit Hilfe der oben dargestellten Datenbank wird zurzeit ein Systematic Review durchgeführt. Um weiter nach dem PRISMA-Statement (Liberati et al. 2009) vorzugehen werden für den Reviewprozess der zusammengetragenen Literatur Gutachtende aus den Naturwissenschaftsdidaktiken eingebunden. Dabei bleiben alle Gutachtenden anonym, um Absprachen zu vermeiden. Die Publikationen werden dabei per Zufallsverfahren zugewiesen, sodass mindestens zwei Personen die gleiche Veröffentlichung bewerten. Bei Uneinigkeit wird ein weiteres Gutachten hinzugezogen (Butler et al. 2016; Tawfik et al. 2019). Für diesen Prozess wird den Gutachtenden eine Liste mit Auswahl- bzw. Ausschlusskriterien zur Verfügung gestellt.
Die so ausgewählten Veröffentlichungen werden anschließend mit SPSS 27 (quantitative Studien) oder mit MAXQDA (qualitative Studien) ausgewertet. Abschließend wird eine Bilanz aus den quantitativen sowie qualitativen Ergebnissen gezogen, um eine umfassendere Aussage über die deutsche Lehrkräftebildung treffen zu können.

Sobald der Systematic Review für die deutsche Lehrkräftebildung abgeschlossen ist, werden die vorgestellten Kriterien innerhalb der in PISA und TIMSS führenden Länder (Japan, Finnland, Kanada, Singapur) überprüft und die Kriterienliste gegebenenfalls erweitert, um abschließend mögliche Adaptionen für die deutsche Lehrkräftebildung herauszuarbeiten.

Literatur

Butler, A., Hall, H., & Copnell, B. (2016). A Guide to Writing a Qualitative Systematic Review Protocol to Enhance Evidence-Based Practice in Nursing and Health Care. *Worldviews on Evidence-Based Nursing*, *13*(3), 241–249. https://doi.org/10.1111/wvn.12134

KMK. (2009). Gemeinsame Leitlinien der Länder zur Deckung des Lehrkräftebedarfs. (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 18.06.2009).

KMK. (2013). Empfehlungen zur Eignungsabklärung in der ersten Phase der Lehrerausbildung (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 07.03.2013).

KMK. (2019). Standards für die Lehrerbildung: Bildungswissenschaften (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.12.2004 i. d. F. vom 16.05.2019).

KMK. (2020). Ländergemeinsame Eckpunkte zur Fortbildung von Lehrkräften als ein Bestandteil ihrer Professionalisierung in der dritten Phase der Lehrerbildung (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 12.03.2020).

Liberati, A., Altman, D. G., Tetzlaff, J., Mulrow, C., Gøtzsche, P. C., Ioannidis, J. P. A., et al. (2009). The PRISMA Statement for Reporting Systematic Reviews and Meta-Analyses of Studies That Evaluate Health Care Interventions: Explanation and Elaboration. *PLoS Medicine*, *6*(7), e1000100. https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000100

Reiss, K., Weis, M., Klieme, E., & Köller, O. (Eds.). (2019). *PISA 2018: Grundbildung im internationalen Vergleich*. Münster New York: Waxmann.

Schwippert, K., Kasper, D., Köller, O., McElvany, N., Selter, C., Steffensky, M., & Wendt, H. (Eds.). (2020). *TIMSS 2019: mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen von Grundschulkindern in Deutschland im internationalen Vergleich*. Münster New York: Waxmann. https://doi.org/10.31244/9783830993193

Tawfik, G. M., Dila, K. A. S., Mohamed, M. Y. F., Tam, D. N. H., Kien, N. D., Ahmed, A. M., & Huy, N. T. (2019). A step by step guide for conducting a systematic review and meta-analysis with simulation data. *Tropical Medicine and Health*, *47*(1), 46. https://doi.org/10.1186/s41182-019-0165-6

Simon Kaulhausen[1]
Carolin Eitemüller[1]
Maik Walpuski[1]

[1]Universität Duisburg-Essen

Strukturelle Ursachen von Prüfungsmisserfolg in Chemie an der Universität

Theoretischer Hintergrund

Studierende in Modulen der Allgemeinen Chemie haben häufig Probleme in der Modulprüfung. Sichtbar wird dies durch eine hohe Misserfolgsquote. Mehr als ein Drittel der Studierenden fällt durch die Klausur zur Allgemeinen Chemie (Averbeck, 2021; Freeman, Haak & Wenderoth, 2011). Diese Beobachtung ist problematisch, da Studien zum Studienabbruch bereits zeigen konnten, dass Prüfungsmisserfolg ein wesentlicher Faktor für Studienabbruch darstellt (Heublein, Hutzsch, Schreiber, Sommer & Besuch, 2010). Ursächlich für die Probleme in der Klausur sind individuelle und strukturelle Faktoren. Individuelle Faktoren sind bereits ausgemacht worden. Hier konnte Averbeck (2021) zeigen, dass neben mathematischer Kompetenz auch Vorwissen in Chemie, Motivation und die Kurswahl im Fach Chemie in der Oberstufe einen Einfluss auf den Studien- und Klausurerfolg haben. Zu strukturellen Faktoren für Klausurmisserfolg gibt es erste Indizien. So zeigte sich, dass eine Diskrepanz zwischen den gelehrten Inhalten und den tatsächlich von Studierenden gelernten Inhalten besteht (Eilks, Bäumer & Byers, 2010). Schindler (2015) konnte in seiner Studie nachweisen, dass Lehrende sich bei der Wahl der Prüfungsaufgaben oftmals nicht auf die zuvor definierten Lernziele beziehen. Aus Sicht der Studierenden ist es daher verständlich, dass diese sich transparentere Anforderungen wünschen (Schindler, Schulz, Bauer & Prenzel, 2015). Auch in der Allgemeinen Chemie konnten bereits erste strukturelle Defizite ausgemacht werden. Im Laborpraktikum unterscheiden sich die als wichtig empfundenen Lernziele der Studierenden deutlich von den gewünschten Lernzielen der Lehrenden (Elert, 2019).
Diese Befunde spiegeln eine geringe Passung zwischen Lernzielen, Lehre und Prüfungen wider, die nach dem Constructive Alignment Modell als besonders wichtig herausgestellt wird (Kennedy, 2008; Wildt & Wildt, 2011). Nur wenn Prüfungen die Kompetenzen abprüfen, die zuvor gelehrt wurden und in Kompetenzbeschreibungen transparent dargestellt wurden, können empfundene Willkür und Angst bei Studierenden und ein hohes Belastungsempfinden bei Lehrenden reduziert werden (den Ouden, Frölich-Steffen & Gießmann, 2019). Romeike (2010) führt auf, dass durch eine Passung von Lehre, Lernzielen Prüfungen die Motivation und die Leistungen von Studierenden steigen.

Ziel der Studie

Das Ziel dieser Studie ist, zu prüfen, inwieweit sich diese strukturellen Probleme im Sinne des Constructive Alignments in Modulen mit Allgemeiner Chemie beobachten lassen und ob die Kompetenzen, die die Prüfungen abprüfen zum Modul passen. Es ergeben sich in diesem Zusammenhang mehrere Forschungsfragen.

Forschungsfragen

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

FF2: Welchen Einfluss hat eine mangelnde Lernzielübereinstimmung zwischen den von Studierenden wahrgenommen Lernzielen und den als wichtig erachteten Lernzielen der Lehrenden auf den Klausurerfolg?

FF3: In welchem Umfang bilden Prüfungen die von den Lehrenden intendierten bzw. die von den Studierenden rezipierten Kompetenzen ab?

Methodik und Design der Studie

Zur Beantwortung der ersten Forschungsfrage wurden in einem ersten Schritt Lernziele aus Modulhandbüchern, gängigen Lehrwerken der Allgemeinen Chemie und aus Vorlesungsskripten abgeleitet. Hierbei wurde darauf geachtet die Allgemeine Chemie thematisch vollständig abzudecken. Die Lernziele wurden in verschiedenen kognitiven Dimensionen formuliert, um innerhalb eines Lernzielthemas Unterschiede in der Tiefe der gewünschten Vermittlung beziehungsweise der empfundenen Wichtigkeit aufzeigen zu können. Orientiert wurde sich hierbei an den kognitiven Dimensionen nach Anderson und Krathwohl (2001). Mittels Fragebogen wurden anschließend die Dozierenden zu Beginn der Module nach der Wichtigkeit der einzelnen Lernziele befragt. Den gleichen Fragebogen erhielten die Studierenden nach Besuch der Lehrveranstaltung. Sie sollten die Lernziele mittels Likert-Skala nach empfundener Wichtigkeit bewerten. Die Stichprobe besteht aus 4 Dozierenden und 350 Studierende. Getestet wurde in mehreren Modulen zur Allgemeinen Chemie in verschiedenen Studiengängen. Mittels Cohen's Kappa konnten die bewerteten Lernziele von Studierenden mit den bewerteten Lernzielen der jeweiligen Dozierenden verglichen werden. Die Kappa-Werte der Studierenden wurden zur Beantwortung der zweiten Forschungsfrage mit den Klausurpunkten verglichen. Hierzu sind Korrelationen und lineare Regressionen gerechnet worden. Um den Einfluss struktureller und individueller Faktoren auf den Klausurerfolg vergleichend zu untersuchen, werden zusätzlich auch Kontrollvariablen wie die Motivation, das Fachwissen und die Abiturnote mit in das Regressionsmodell genommen. Für die dritte Forschungsfrage werden die Klausuraufgaben mit den bewerteten Lernzielen von Lehrenden und Studierenden verglichen. Zwei Rater überprüfen hierzu auch mit Hilfe des Bewertungshorizonts, welche Lernziele abgefragt wurden und wie stark die Lernziele innerhalb der Aufgaben mit Punkten gewichtet sind. Ein Vergleich der Klausurpunkte der Studierenden mit dem Ergebnis eines externen Fachwissenstests zur Allgemeinen Chemie soll klären, inwiefern die Klausur geeignet ist, Kompetenzen der Allgemeinen Chemie abzuprüfen.

Ergebnisse

Um die erste Forschungsfrage zu beantworten, wurde im ersten Schritt die Interrater-Reliabilität zwischen den Studierenden und dem jeweiligen Dozenten ermittelt. Hierzu wurde jeder Studierende als Rater mit den Dozierenden verglichen. Jedem Studierenden kann so ein Cohen's κ-Wert zugeordnet werden. Die durchschnittlichen Interrater-Reliabilitäten der Teilstichproben Lehramt Chemie und Mediziner zeigen eine eher geringe Übereinstimmung. So hat die Gruppe Chemie für Lehramt einen κ-Wert von .13, die Gruppe der Medizinstudierenden einen κ-Wert von .16. Die Ergebnisse lassen den Schluss zu, dass durch das Besuchen der Vorlesung die Lernziele, die von den Dozierenden als wichtig erachtet werden, den Studierenden nicht klar werden.

Im Hinblick auf die zweite Forschungsfrage wurde untersucht, ob die niedrige Interrater-Reliabilität einen Einfluss auf den Klausurerfolg hat. Hierzu wurden die Kappa-Werte mit den

Klausurpunkten korreliert. Es zeigt sich für die Teilstichprobe Medizin eine moderate Korrelation ($r = .38$, $p \leq .01$). In einem Regressionsmodell mit Lernzielübereinstimmung in Form von Kappa-Werten als unabhängige Variable und Klausurpunkten als abhängige Variable kann ein Varianzanteil von 12 % aufgeklärt werden ($F(1, 74) = 12.44$, $p \leq .001$, $R^2 = .12$) (Cohen, 1988). Es zeigt sich, dass mit steigender Lernzielübereinstimmung die Klausurpunkte zunehmen ($\beta = 62.61$; $t(74) = 3.53$; $p < .001$). Es kann also geschlussfolgert werden, dass Lernzielwahrnehmung und -übereinstimmung einen Einfluss auf die Prüfungsleistung hat.
Im Sinne der dritten Forschungsfrage wurden die Klausurpunkte mit den Personenfähigkeiten aus einem externen Fachwissenstest verglichen. Im Sinne der externen Validität sollte eine kompetenzorientierte Prüfung mit diesem Fachwissenstest hoch korrelieren. Hierfür wurde zuerst überprüft, ob der Test zum Raschmodell passt und welche Reliabilität er aufweist. Es wurde herausgefunden, dass der Test gut zum Raschmodell passt ($0.84 \leq \text{wMNSQ} \leq 1.20$). Die Reliabilität des Tests ist ebenfalls gut (WLE-Reliabilität = .79). Für die Teilstichprobe der Mediziner zeigt sich eine starke Korrelation ($r = .54$, $p \leq .01$). Es ist davon auszugehen, dass die Klausur zur Allgemeinen Chemie im Studiengang Medizin Kompetenzen abprüft, die zuvor erworben worden sind. Die Ergebnisse weiterer Module folgen in Kürze.

Ertrag der Forschung und Ausblick

Die ersten Ergebnisse lassen auf strukturelle Probleme in Modulen der Allgemeinen Chemie schließen. Durch tiefergreifende Analysen und weitere Module mit Allgemeiner Chemie werden weitere Indizien gesammelt, die strukturelle Probleme darstellen. Durch das Modell des Constructive Alignments ist bereits definiert, wie der optimale Aufbau von Modulen gestaltet werden sollte. So können aus den Erkenntnissen dieser Studie Optimierungsbedarfe für die Modulhandbücher, welche Lernziele transparent darstellen sollen, die Lehre, welche die Lernziele transparent aufgreifen soll und den Prüfungen, die die Kompetenzen abprüfen, die auch vermittelt wurden, abgeleitet werden. Durch diese Maßnahmen soll langfristig eine Leistungsverbesserung der Studierenden erfolgen und damit einhergehend die Misserfolgsquote in Prüfungen sinken.

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. (2021). *Zum Studienerfolg in der Studieneingangsphase des Chemiestudiums. Der Einfluss Kognitiver und Affektiv-Motivationaler Variablen* (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 308). Berlin: Logos.

Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2.). Hillsdale, NJ: Erlbaum. Zugriff am 25.09.2021. Verfügbar unter: http://www.loc.gov/catdir/enhancements/fy0731/88012110-d.html

Den Ouden, H., Frölich-Steffen, S. & Gießmann, U. (Hrsg.). (2019). *Kompetenzorientiert prüfen und bewerten an Universitäten. Didaktische Grundannahmen, rechtliche Rahmenbedingungen und praktische Handlungsempfehlungen* (1. Auflage). Leverkusen: Verlag Barbara Budrich.

Eilks, I., Bäumer, M. & Byers, B. (2010). Methodische Innovationen für die Chemielehre. *CHEMKON*, *17*(3), 124–130. https://doi.org/10.1002/ckon.201010139

Elert, T. (2019). *Course Success in the Undergraduate General Chemistry Lab* (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 284). Berlin: Logos.

Freeman, S., Haak, D. & Wenderoth, M. P. (2011). Increased course structure improves performance in introductory biology. *CBE life sciences education*, *10*(2), 175–186. https://doi.org/10.1187/cbe.10-08-0105

Heublein, U., Hutzsch, C., Schreiber, J., Sommer, D. & Besuch, G. (2010). Ursachen des Studienabbruchs in Bachelor- und in herkönnlichen Studiengängen. Zugriff am 25.09.2021. Verfügbar unter: http://www.dgb-jugend.de/neue_downloads/data/abbrecherstudie_2010.pdf

Kennedy, D. (2008). *Lernergebnisse (Learning Outcomes) in der Praxis. Ein Leitfaden.* Bonn: DAAD.

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

Schindler, C. (2015). *Herausforderung Prüfen. Eine fallbasierte Untersuchung der Prüfungspraxis von Hochschullehrenden im Rahmen eines Qualitätsentwicklungsprogramms*. München.

Schindler, C., Schulz, F., Bauer, J. & Prenzel, M. (2015). Herausforderung Prüfen. Entwicklung und Evaluation eines Qualitätsentwicklungsprogramms für Lehrende an Hochschulen.

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.

Milan Nemling[1]
Markus Obczovsky[1]
Thomas Schubatzky[1]
Claudia Haagen-Schützenhöfer[1]

[1]Universität Graz

Systematische Unterstützungsangebote für Physik-Mentor:innen (PhyMe-Sup)

Ausgangslage und Zielsetzung

Schulpraktika stellen einen wesentlichen Teil der Lehramtsausbildung dar. In Österreich werden Studierende in Pädagogisch-Praktischen Studien (kurz: PPS) von einer im Normalfall hierfür ausgebildeten Lehrkraft der Praktikumsschule (Mentor:in) begleitet. Die Mentor:innenausbildung wird als Hochschullehrgang angeboten, welcher jedoch nicht von allen gegenwärtig tätigen Mentor:innen absolviert wurde. Den betreuenden Mentor:innen kommt in der Begleitung und Betreuung studentischer Lernprozesse eine entscheidende Rolle zu (vgl. Bach, 2013). In der Beziehung zwischen Mentor:in und Studierenden ist das gemeinsame Erkunden, Erarbeiten und Reflektieren von Unterricht von zentraler Bedeutung für die Tätigkeit von Studierenden am zukünftigen Arbeitsplatz (vgl. Carter & Francis, 2001). Zur gemeinsamen Analyse und Reflexion nach fachdidaktischen Kriterien bedarf es im Praktikum u. a. auch einer gemeinsamen fachdidaktischen Basis, z.B. des Wissens über fachdidaktische Forschungsergebnisse, Modelle und Konzepte. Aus informellen Rückmeldungen von Studierenden in den die Praktika begleitenden Lehrveranstaltungen am Standort zeigt sich, dass diese gemeinsame Basis häufig nur teilweise gegeben ist.
Im Zuge des Projekts PhyMe-Sup sollen systematische Unterstützungsangebote Mentor:innen die Möglichkeit bieten, zentrale Inhalte der aktuellen fachdidaktischen Lehramtsausbildung in Physik kennenzulernen. Als ein solches Angebot sollen Erklärvideos zu fachdidaktischen Themen zur Verfügung gestellt und von einer Befragung begleitet werden. Dabei soll die Wahrnehmung der Mentor:innen in Bezug auf Format und Zweckmäßigkeit des Unterstützungsangebots erhoben und Themen, welche die Mentor:innen für die Betreuung als wichtig erachten, in Erfahrung gebracht werden. Die so gewonnenen Erkenntnisse werden bei der Konzeption und Gestaltung weiterer Unterstützungsangebote berücksichtigt.

Umsetzung erster Videos

Die Kurzvideos des Projekts „PhyMe-Sup“ mit einer Länge von 5-10 Minuten haben den Zweck, bestimmte fachdidaktische Themenbereiche in Grundzügen zu erklären und Schwierigkeiten der Studierenden in Bezug auf den Themenbereich aufzuzeigen. Ein erstes Kurzvideo wurde im Sommersemester 2021 produziert und in diesem Semester aktiven Mentor:innen des Unterrichtsfachs Physik zur Verfügung gestellt. Bei der Konzeption wurden die Kriterien guter Erklärvideos von Kulgemeyer (2020) als Leitlinien verwendet. Als Thema wurde der LESS-Raster – ein zentrales Planungstool für die Didaktisierung von Unterrichtssequenzen in der Physik-Lehramtsausbildung am Standort Graz - bestimmt, zur Dissemination wurde die Videoplattform YouTube gewählt. Die Mentor:innen wurden per Mail über das Erscheinen des Videos informiert. Anschließend wurde eine Befragung mit den folgenden Schwerpunkten durchgeführt:

- Allgemeine Akzeptanz des Unterstützungsangebots
- Akzeptanz der formalen Aspekte des Videos (Aufbereitung, Erklärqualität)
- Arbeit mit dem LESS-Raster in der Praktikumsbetreuung

Weiters hatten die Mentor:innen die Möglichkeit, für sie relevante Themen mit Bezug zu Fachdidaktik und Praktikumsbetreuung zu nennen.

Ergebnisse der begleitenden Befragung

Von 39 der bezüglich des Unterstützungsangebotes kontaktierten Mentor:innen beantworteten 13 den Fragebogen vollständig. Bei der Auswertung zeigte sich, dass Kurzvideos als Unterstützungsangebot gerne angenommen werden. Auch die Verständigung per Mail und die Dissemination über YouTube wird als passend empfunden, während längerfristige Unterstützungsangebote wie Moodle-Kurse eher abgelehnt werden (Abb.1)

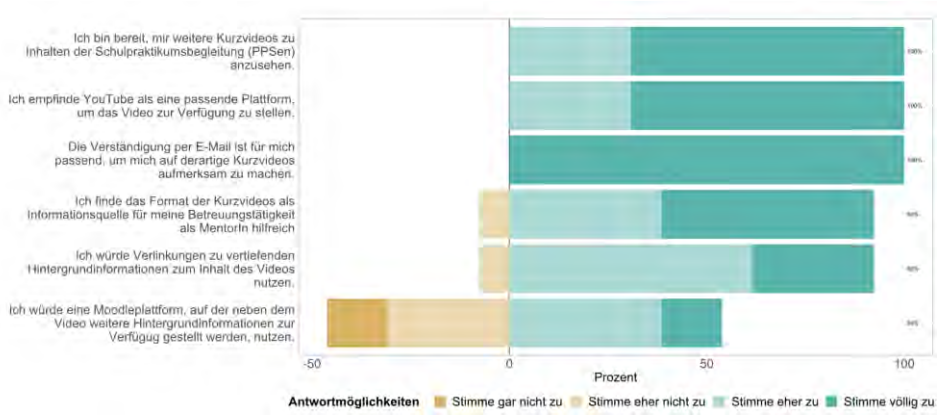


Abb. 1: Zur Akzeptanz des Unterstützungsangebots

Die Auswertung eines Fragenblocks zu Wünschen der Mentor:innen in Bezug auf Unterstützungsangebote zeigt, dass Bedarf an Informationen zu den fachdidaktischen Schwerpunkten der PPS sowie zu den Inhalten der fachdidaktischen Begleitlehrveranstaltungen besteht. Von Fachdidaktiker:innen erstellte Kompetenzraster als Grundlage für das gemeinsame Reflektieren und Nachbesprechen von Unterricht sowie Möglichkeiten zum Austausch zwischen Mentor:innen und Leiter:innen von Begleitlehrveranstaltungen sind eher erwünscht, ebenso ein kurzes virtuelles Kick-Off-Meeting von Mentor:innen und LV-Leiter:innen zu Beginn des Semesters. Dass verschiedene Arten von längerfristigen, kursartig organisierten Unterstützungsangeboten (z.B. Moodle) unter den befragten Mentor:innen eher unerwünscht sind, zeigt sich auch in der Auswertung dieses Fragenblocks. Weitere Fragenblöcke betrafen das Informationsangebot in Bezug auf die Abwicklung der Praxisphasen, den Inhalt des ersten vorgestellten Videos, persönliche Angaben der Mentor:innen und Themenwünsche der Mentor:innen für zukünftige Kurzvideos. Diese Themenwünsche wurden zunächst im Rahmen eines offenen, dann eines geschlossenen Fragenteils erhoben. In der Auswertung zeigt sich, dass sowohl im geschlossenen als auch im offenen Fragenteil die Themen Schülervorstellungen, Heterogenität / Differenzierung und Experimentieren als Themen für Kurzvideos favorisiert werden (siehe Abb.2 und die Aufzählung unterhalb).

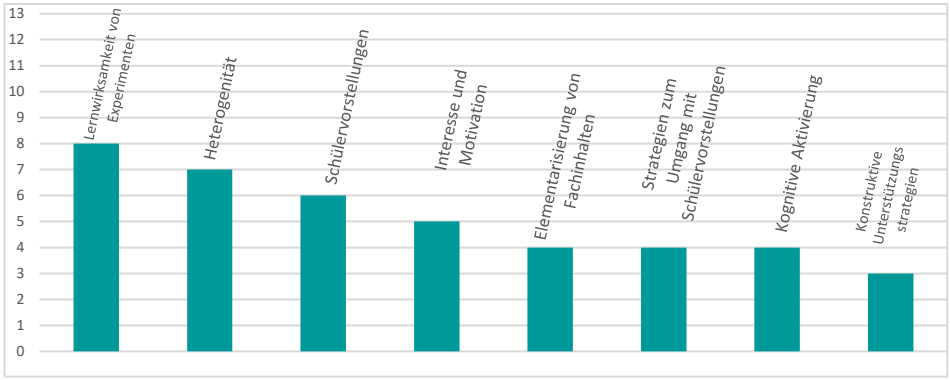


Abb. 2: Für Mentor:innen relevante Themen
(Mehrfachnennungen: max. 4 Themen auswählbar)

Weitere von Mentor:innen genannte Themen (offene Frage)
- Schülervorstellungen
- Differenzierung / Heterogenität
- Rolle des Experiments im Physikunterricht
- Leistungsfeststellung und Beurteilung
- Diagnose im Unterricht
- Sprachbewusstheit

Zusammenfassung

Die hier in Auszügen präsentierten Ergebnisse der Begleitbefragung zum Kurzvideo zeigen eine breite Akzeptanz für Kurzvideos als niederschwelliges, einfach zugängliches Unterstützungsangebot für die Betreuungstätigkeit. Offenbar besteht hingegen nur geringer Bedarf an der Unterstützung oder dem Austausch über Lernplattformen wie Moodle und dergleichen. Themen, deren Behandlung in zukünftigen Kurzvideos von den Mentor:innen gewünscht wird, sind „Lernwirksamkeit von Experimenten“, „Differenzierung / Heterogenität im Physikunterricht sowie „Schülervorstellungen“.

Ausblick

Aufgrund der hohen Akzeptanz erfolgt die Dissemination künftiger Kurzvideos weiterhin über YouTube und per Mail. Die Wahl der Themen für weitere Kurzvideos geschieht im Sinne der Kohärenz von Praktikumsbetreuung und fachdidaktischer Lehre am Standort. Dazu werden die fachdidaktischen Konzepte der Lehramtsausbildung, die Schwerpunktsetzungen der einzelnen Praktika und die von den Mentor:innen geäußerten Themenwünsche berücksichtigt. Im zweiten, bereits erschienenen Video wird die Rolle des Experiments im Physikunterricht aus Sicht der fachdidaktischen Forschung thematisiert. Zur Unterstützung bei der Vermittlung fachdidaktischer Inhalte und Konzepte sollen die Kurzvideos aus dem Unterstützungsangebot im kommenden Semester auch in den Begleitlehrveranstaltungen der Praktika eingesetzt werden.

Literatur:

Bach, A. (2013): *Kompetenzentwicklung im Schulpraktikum. Ausmaß und zeitliche Stabilität von Lerneffekten hochschulischer Praxisphasen*. Waxmann Verlag.

Carter, M., & Francis, R. (2001). Mentoring and Beginning Teachers' Workplace Learning. In: *Asia-Pacific Journal of Teacher Education* 29 (3), S. 249–262. DOI: 10.1080/13598660120091856.

Kulgemeyer, C. (2020): A Framework of Effective Science Explanation Videos Informed by Criteria for Instructional Explanations. In: *Research in Science Education* 50 (6), S. 2441–2462. DOI: 10.1007/s11165-018-9787-7.

Ronja Langendorf[1]
Susanne Schneider[1]

[1]Universität Göttingen

Technologiebezogene Professionalisierung in einem Astrophysik-Seminar

Zusammenfassung
Im Rahmen der Digitalisierung ist in universitären Lehrveranstaltungen auch die Förderung von fachspezifischen digitalen Kompetenzen zu leisten. Für diese Herausforderung wurde ein neues Konzept für ein Physik-Seminar entwickelt, das hier vorgestellt wird. Im Fokus stehen das Lehren und Lernen astrophysikalischer Grundlagen mit digitalen Werkzeugen, sodass neben dem Fachwissen auch das technologische und pädagogische Wissen der Lehramtsstudierenden adressiert werden. Das Konzept wurde mit 20 Masterstudierenden erprobt und die Wirksamkeit theoriegeleitet in einem Mixed Methods Ansatz untersucht. Ausgewählte Ergebnisse werden vorgestellt. Der retrospektive Prä-Post-Vergleich zeigt einen Zuwachs im technologiebezogenen Professionswissen und aus Interviews mit Teilnehmenden geht hervor, dass im Seminar digitale Kompetenzen gefordert und gefördert wurden.

Hintergrund

Die universitäre Lehrer:innenbildung soll wesentlich zur Professionalisierung angehender Lehrkräfte beitragen. Im 21. Jahrhundert zählt hierzu explizit die Förderung von Kompetenzen im Bereich des Lehrens und Lernens mit digitalen Medien (KMK, 2019), denn ihre Expertise in diesem Bereich ist für das Gelingen von digitalgestütztem Unterricht zentral (Hillmayr, Reinhold, Ziernwald & Reiss, 2017). Zur Operationalisierung der relevanten Kompetenzen bestehen mehrere Ansätze. Mishra und Koehler (2006) erweitern den ursprünglichen Ansatz des *Pedagogical Content Knowledge* (PCK) (Shulman, 1986) zur Beschreibung des Lehrerprofessionswissens, indem sie das *Technological Knowledge* (TK), das Wissen über Technologien, integrieren. Ihr Modell des *Technological Pedagogical and Content Knowledge* (TPACK) charakterisiert zeitgemäß die Fähigkeiten einer Lehrkraft, die für das effektive Lehren mit Technologien bedeutsam sind (Koehler & Mishra, 2009). Das technologiebezogene Professionswissen wird hier durch die genannten Wissensbereiche TK und TPACK sowie das *Technological Content Knowledge* (TCK) und *Technological Pedagogical Knowledge* (TPK) dargestellt. Letztere umfassen das Wissen über die Verbindung zwischen Technologie und Fachinhalt (TCK) bzw. den lernförderlichen Einfluss von Technologien auf eine Lehr-Lern-Situation (ebd.). Hinsichtlich digitaler Kompetenzen legen Studienergebnisse nahe, dass Lehramtsstudierende der Generation *Digital Natives* nicht automatisch als digital-affin bezeichnet werden können (Persike & Friedrich, 2016; Schmid et al., 2017). Sie berichten zudem nur von geringen lernbezogenen Vorerfahrungen mit digitalen Medien während der eigenen Schul- und Universitätszeit (Vogelsang, Finger, Laumann & Thyssen, 2019). Hier droht demnach ein Teufelskreis aus mangelnden digitalen Kompetenzen zwischen Schüler:innen, Lehramtsstudierenden, Lehrkräften und wieder Schüler:innen (vgl. Kammerl & Ostermann, 2010), den es durch gezielte Kompetenzförderung im Lehramtsstudium zu durchbrechen gilt.

Methode

Vor diesem Hintergrund wurde theoriegeleitet ein neues Seminarkonzept entwickelt, das die Förderung digitaler Kompetenzen im Physik-Lehramt zum Ziel hat. Während des Lernens und Lehrens astrophysikalischer Grundlagen mit digitalen Werkzeugen wird hier eine enge Verknüpfung von Fachinhalt (CK), Technologie (TK) und pädagogischer Praxis (PK) hergestellt (Koehler & Mishra, 2005). Die Wirksamkeit des neuen Konzepts wurde in einem Mixed Methods Ansatz mit Fragebögen und leitfadengestützten Interviews untersucht. Als Teil des Forschungsinteresses wurde u.a. folgender Frage nachgegangen:

Wie verändert sich die Selbsteinschätzung der Studierenden zu den technologiebezogenen TPACK-Komponenten im Laufe der Lehrveranstaltung?

Hierfür wurden sechsstufige Likert-Skalen zum TK (7 Items, $\alpha = .87$), TCK (1 Item), TPK (5 Items, $\alpha = .70$) und TPACK (5 Items, $\alpha = .86$) (Endberg, 2019; Schmidt et al., 2009) in einem retrospektiven Prä-Post-Design eingesetzt – jeweils in der siebten (Midtest) und dreizehnten Woche (Posttest) der 13-wöchigen Intervention (Langendorf, Schneider, Hessman, eingereicht). Die Interviews erfolgten eine Woche nach dem Posttest und wurden durch eine qualitative Inhaltsanalyse mit einem deduktiv-induktiven Ansatz für die Evaluation von Lehrveranstaltungen ausgewertet (Mayring, 2019).

Intervention

Das vorlesungsbegleitende Seminar zur „Einführung in die Astrophysik (Lehramt)“ hat einen Umfang von zwei Semesterwochenstunden und umfasst die üblichen Hausaufgaben sowie Präsenzaufgaben, die während des Seminars bearbeitet werden. Die obligatorische Lehrveranstaltung richtet sich an Physikstudierende im Master of Education (M.Ed.). Das neue Konzept besteht in erster Linie aus (i) fachinhaltlichen Bausteinen, in denen das *Lernen* von Astrophysik mit digitalen Werkzeugen im Vordergrund steht. Hier setzen die Studierenden z.B. Simulationen oder Tabellenkalkulationsprogramme im Selbstlernprozess ein, wobei insbesondere fachspezifischere digitale Basiskompetenzen (vgl. Becker, Meßinger-Koppelt & Thyssen, 2020) adressiert werden (Langendorf, Merker, Hessman & Schneider, 2021). Darüber hinaus besteht es aus (ii) fachdidaktischen Bausteinen, in denen das digitalgestützte *Lehren* von Astrophysik fokussiert wird (Langendorf et al., eingereicht). Hier werden Theorie und Praxis eng verknüpft, indem die Studierenden eine digitalgestützte Lehr-Lern-Einheit in Astrophysik planen, in einem Lehr-Lern-Labor durchführen und abschließend theoriegeleitet reflektieren. Als fachdidaktische Grundlage dienen Kurzvorträge (je 5-10 Minuten), die in den ersten fünf Sitzungen folgende Schwerpunkte aufgreifen:

- Erkenntnisgewinnung in der Astrophysik und die Rolle von digitalen Werkzeugen
- Simulationen in Forschung und Bildung
- Digitalgestützten Physikunterricht planen
- Instruktionale Unterstützung beim simulationsbasierter Lernen
- Gestaltungsprinzipien und Gelingensbedingungen für den Einsatz digitaler Medien in Lehr-Lern-Prozessen

Anschließend wird jeder Schwerpunkt für eine aktive und selbstständige Auseinandersetzung seitens der Studierenden in einer Präsenzaufgabe aufgegriffen und mit dem astrophysikalischen Inhalt sowie einem digitalen Werkzeug verknüpft (vgl. Langendorf et al., 2021). Die Planung der Lehr-Lern-Einheit ist Teil der Hausaufgaben und wird durch ausführliches Feedback der Seminarleitung begleitet. Diese setzt sich aus je einer/ einem Tutor:in aus der Astrophysik und Physikdidaktik zusammen.

Stichprobe
Die Pilotierung erfolgte im Wintersemester 2020/2021 als synchrone online-Lehrveranstaltung an der Universität Göttingen. Es nahmen 20 Studierende (4 weiblich, 16 männlich) teil, die sich durchschnittlich im zweiten Semester des M.Ed. mit Fach Physik befanden.

Ausgewählte Ergebnisse
Die Studierenden schätzen ihren TPACK-Wissensbereich im Midtest retrospektiv für den Zeitpunkt vor der Intervention als eher gering ($M = 3.10,\ SD = 0.88$) und zur Hälfte der Intervention als eher hoch ein ($M = 3.88,\ SD = 0.59$) (von *1 – trifft überhaupt nicht zu* bis *6 – trifft voll und ganz zu*). Im Posttest ist die retrospektive TPACK-Selbsteinschätzung für den Zeitpunkt vor der Intervention ebenfalls gering ($M = 3.36,\ SD = 0.90$) und die Studierenden schätzen diesen Wissensbereich nach der Intervention als hoch ein ($M = 4.58,\ SD = 0.45$). Die erhobenen Daten der Pilotierung wurden mit einem gepaarten t-Test ausgewertet. Der retrospektive Prä-Mid-Vergleich zeigt, dass die Studierenden ihr Professionswissen im Bereich TPACK nach den ersten sieben Wochen mit großem Effekt signifikant höher einschätzen ($t(11) = 5.42,\ p < .01, d = 1.57$). Aus dem retrospektiven Prä-Post-Vergleich geht zudem hervor, dass die Studierenden ihr TPACK-Professionswissen nach der Veranstaltung als signifikant höher einschätzen, ebenfalls mit großem Effekt ($t(15) = 6.21,\ p < .001, d = 1.92$). Ähnliche Ergebnisse zeigen sich auch für die weiteren Skalen TCK, TPK und TK zum technologiebezogenen Professionswissen (Langendorf et al., eingereicht).

Fazit und Ausblick
Die Selbsteinschätzung des technologiebezogenen Professionswissens wird im Laufe der Lehrveranstaltung zunehmend höher. Die Studierenden berichten zudem in weiteren Datenerhebungen davon, dass im Seminar fachspezifischere und allgemeinere digitale Kompetenzen adressiert wurden. Für die Studierenden lag eine Stärke der Lehrveranstaltung darin, ihre eigenen Kompetenzen als angehende Lehrkraft zu erweitern. Insgesamt ist es daher nageliegend, den wahrgenommenen technologiebezogenen Kompetenzzuwachs auf die Intervention zurückzuführen. Die Studierenden waren mit der Lehrveranstaltung zufrieden und nahmen den Praxis- und Technologiebezug sowie die fachdidaktischen Bausteine als positiv wahr (Langendorf et al., eingereicht). Das Seminarkonzept wird aufbauend auf weiteren Ergebnissen der Wirksamkeitsstudie überarbeitet und implementiert. Im Wintersemester 2021/2022 wird dessen Wirksamkeit erneut untersucht.

Literatur

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

Endberg, M. (2019). Professionswissen von Lehrpersonen der Sekundarstufe I zum Einsatz digitaler Medien im Unterricht: eine Untersuchung auf Basis einer repräsentativen Lehrerbefragung. Waxmann Verlag.

Hillmayr, D., Reinhold, F., Ziernwald, L. & Reiss, K. (2017). Digitale Medien im mathemtaisch-naturwissenschaftlichen Unterricht der Sekundarstufe. Einsatzmöglichkeiten, Umsetzung und Wirksamkeit. Münster: Waxmann.

Kammerl, R. & Ostermann, S. (2010). Medienbildung – (k)ein Unterrichtsfach? Eine Expertise zum Stellenwert der Medienkompetenzförderung in Schulen. Hamburg: Medienanstalt Hamburg/Schleswig-Holstein.

KMK (2019). Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.10.2008 i. d. F. vom 16.05.2019.

Koehler, M. & Mishra, P. (2005). Teachers learning technology by design. Journal of computing in teacher education, 21(3), 94-102.

Koehler, M. & Mishra, P. (2009). What is Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK)? Contemporary Issues in Technology and Teacher Education, 9(1), 60-70.

Langendorf, R., Merker, S., Hessman, F. & Schneider, S. (2021). Simulationsbasiertes Lernen im Astrophysik-Tutorium am Beispiel Schwarzkörper und Sternspektren. PhyDid B - Didaktik der Physik – Beiträge zur virtuellen DPG-Frühjahrstagung.

Langendorf, R., Schneider, S. & Hessman, F. V. (eingereicht). Learning and teaching astronomy with digital tools promotes physics student teachers' digital competencies. Zur Veröffentlichung eingereichtes Manuskript.

Mayring, P. (2019). Qualitative Inhaltsanalyse – Abgrenzuungen, Spielarten, Weiterentwicklungen. Forum Qualitative Soazialforschung/Forum: Qualitative Social Research, 20(3), 1-15.

Mishra, P. & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowdledge. Teachers college record, 108(6), 1017-1054.

Persike, M. & Friedrich, J.-D. (2016). Lernen mit digitalen Medien aus Studierendenperspektive. Berlin: Hochschulforum Digitalisierung.

Schmid, U., Goertz, L., Radomski, S., Thom, S. & Behrens, J. (2017). Monitor Digitale Bildung: Die Hochschulen im digitalen Zeitalter. Bertelsmann Stiftung.

Schmidt, D.A., Baran, E., Thompson, A. D., Mishra, P., Koehler, M. & 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.

Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. Educational researcher, 15(2), 1-23.

Vogelsang, C., Finger, A., Laumann, D. & Thyssen, C. (2019). Vorerfahrungen, Einstellungen und motivationale Orientierung als mögliche Einflussfaktoren auf den Einsatz digitaler Werkzeuge im naturwissenschaftlichen Unterricht. ZfDN, 25(1), 115-129.

Rau-Patschke, Sarah[1] [1]Universität Hildesheim

Unbegleitet in die Praxis - Studierende unterrichten als Vertretungslehrkräfte

Ausgangslage

Laut statistischem Bundesamt arbeiteten im Schuljahr 2019/2020 mehr als ein Viertel der Grundschullehrkräfte im Schuldienst ohne reguläre, abgeschlossene Lehramtsausbildung. Inwiefern es sich hierbei um Seiten- oder Quereinsteiger*innen oder Lehrkräfte mit Lehramtshintergrund (z.B. Lehramtsstudierende) handelt, ist jedoch unklar. Damit sind gut über ein Viertel der Lehrkräfte im Schuldienst, obgleich sie keine (abgeschlossene) Lehramtsausbildung haben. Auch die statistischen Berichte der Bundesländer machen hierzu keine differenzierten Aussagen. Während es für die Seiten- und Quereinsteiger*innen in die Lehramtsberufe bereits zahlreiche, zum Teil beforschte Unterstützungsmaßnahmen gibt (z.B. Journal für LehrerInnenbildung, Heft 02/2019), ist die Gruppe der Vertretungslehrkräfte bislang kaum in den Blick der Forschung gerückt.

Dieser Gruppe ist inne, dass hier keine dauerhafte Anstellung erfolgt, da temporär begrenzte Ausfälle in den Kollegien kompensiert werden sollen, z. B. Krankheit, Mutterschutz, Elternzeit. Grundsätzlich werden in den meisten Ausschreibungen ausgebildete Lehrkräfte für diese Stellen bevorzugt, dies ist aber nicht verpflichtend. Vor dem Hintergrund des anhaltenden Lehrkräftemangels in allen Bundesländern, insbesondere in den Grundschulen, liegt die Annahme nahe, dass die ausgeschriebenen Stellen nur selten durch ausgebildete Lehrkräfte besetzt werden können. In Ausbildung befindliche Lehrkräfte rücken damit schnell in die enge Wahl der Schulleitungen, insbesondere, wenn die Studierenden in Praktika positiv auffallen.

Die Tätigkeit als Vertretungslehrkräfte bringt die Studierenden in die Situation, in welche sie im regulären Verlauf der Ausbildung erst nach dem Vorbereitungsdienst kommen würden. Der Berufseinstieg bringt eine „sprunghaft ansteigende Komplexität von gleichzeitig zu meisternden Anforderungen in der eigenverantwortlichen Berufstätigkeit [mit sich und] stellt Anforderungen, die über das Unterrichten hinausgehen“ (Keller-Schneider, 2020, S.65). Dies führt unweigerlich zu einer Doppelrolle zwischen Lehrenden und Lernenden, die zu zahlreichen Problemfeldern führen kann. So berichtet Staneva für Nebenbeschäftigungen im (Lehramts-)Studium ein sechs bis zehn Monate längeres Studium bei einem Beschäftigungsvolumen von 10-50% (2018). Die Priorisierung der Praxis sowie Terminkonflikte zwischen Schule und Universität sind dabei wesentliche Gründe (Seiboth, 2015). Auch aus fachdidaktischer Sicht sind zahlreiche Problemfelder zu nennen. So bleiben die potentiell positiven Effekte einer Praxisbegleitung durch Mentor*innen aus, welche eine explizite Verknüpfung von Theorie und Praxis sowie die Reflexion von Unterricht beinhalten können (z.B. Festner et al., 2018; König et al.,2018). Auch kann das (noch) fehlende bzw. in noch unzureichendem Maße vorhandene Professionswissen eine negative Auswirkung auf Unterrichtsqualität und die damit verbundene Effektivität auf Schüler*innenleistung haben.

Es bleibt die Frage, ob diese theoretisch abgeleiteten Problemfelder auch von den studentischen Vertretungslehrkräften als solche wahrgenommen werden und inwiefern sich Unterstützungsbedarfe sowie Lernchancen dieser Studierendengruppe identifizieren lassen.

Erhebungsmaterial und –methoden

In leitfadengestützten Interviews wurden sechs studentische Vertretungslehrkräfte zu den Themenbereichen *Einarbeitung in die Tätigkeit, Unterrichtsplanung / -durchführung / -reflexion, Studium und Schulalltag* sowie *Zusammenarbeit mit dem Kollegium* befragt. Ergänzend füllten die beiden Bachelorstudierenden und vier Masterstudierenden einen Online-Fragebogen zu personenbezogenen und quantitativ-berufsbezogenen Eckdaten aus.

Alle Proband*innen haben mindestens ein Praxiselement im Studium erfolgreich abgeschlossen und können auf prä-pandemische Unterrichtspraxis oder Hospitationserfahrungen in Präsenz zurückgreifen. Fünf der sechs Studierenden wurden in den Praktika von ausgebildeten Sachunterrichtslehrkräften betreut.

Die Interviews wurden über Telefonkonferenzen geführt, audiographiert und nahmen im Durchschnitt 30 Minuten in Anspruch. Nach der inhaltlich-geglätteten Transkription wurde das Material auf aus der Theorie deduktiv abgeleitete Kategorien (u.a. Problemfelder, Unterrichtsqualitätsmerkmale) hin untersucht und insbesondere mit Blick auf Chancen induktiv Kategorien extrahiert. Mittels qualitativer Inhaltsanalyse (Mayring, 2010) wurden die Aussagen strukturiert und zusammengefasst, um die Situation studierender Vertretungslehrkräfte genauer beschreiben und typisieren zu können.

Herausforderungen und Chancen für studentische Vertretungslehrkräfte

Die meisten Proband*innen berichten, dass sie sich eine besser begleitete *Einarbeitung* gewünscht hätten. Dies betrifft inhaltlich gesehen vor allem die Bereiche der Unterrichtsplanung und des Zeitmanagements. Strukturell lassen sich bislang zwei Formen der Einarbeitung beschreiben: Während die eine Gruppe eine zwei- bis vierwöchige Phase mit tandemartigen Strukturen und festen Ansprechkolleg*innen hatten, wurde die andere Gruppe „ins kalte Wasser“ geworfen (Proband*innen S11, I03, S28, G08, B03) und startete direkt mit dem Unterrichten. Damit verbunden ist der *Aufbau erster Handlungsroutinen* im Unterrichtsalltag. Der Großteil der Proband*innen empfindet das Agieren im vermeintlichen ‚Schonraum‘ ohne bewertende*n Ausbilder*in im Hintergrund als große Chance, bisweilen auch verbunden mit der Aussage, man habe weniger ‚Angst‘ und ‚Sorge‘ vor dem Praxissemester oder Referendariat und erlebe keinen Praxisschock. Dass ‚learning by doing‘ auch kritisch zu sehen ist, reflektierten nur wenige. Die Lehrkraft in ihrer *Doppelrolle als Lehrende*r und Lernende*r* zugleich trat bei allen Befragten immer wieder in den Fokus des Gesprächs. So wurde, wie auch von Seiboth (2015) erwähnt, die Priorisierung der Praxis genannt. Allerdings ist die Balance und vor allem die Priorisierung des Studiums vielen kaum gelungen. Die Interviewten nehmen entweder die Verzögerung des Studiums in Kauf oder legten die Tätigkeit als Vertretungslehrkraft wieder nieder, da eine weitere Verlängerung keine Option darstellte. Weiterhin sahen viele Studierende die Vertretungstätigkeit als Chance, Sachunterricht und insbesondere das naturwissenschaftliche Lernen in der Praxis zu erleben: „Bei Sachunterricht muss ich leider sagen, konnte ich in der Realität nur sehr wenig Erfahrungen sammeln, weil dieses Fach leider super wenig gelehrt wird.“ (I03EW, 23).

Die anvisierte *Berufswahl* wird durch die Tätigkeit in der Praxis in allen Fällen bestätigt, einige Studierenden konnten ihre *Studienmotivation* wieder erhöhen und nehmen seither laut eigenen Aussagen aktiver an Lehrveranstaltungen teil. Ferner konnte als Chance identifiziert werden, dass der *Theorie-Praxis-Abgleich* seit der Vertretungstätigkeit intrinsisch erfolgt und die Studierenden berichten, viel öfter Inhalte aus Lehrveranstaltungen in Bezug zu ihren Praxiserfahrungen zu setzen. Abschließend konnte aus einzelnen Interviews entnommen

werden, dass gerade die Sachunterrichtsstudierenden gern gesehene Kolleg*innen sind. Insbesondere im Bereich des naturwissenschaftlichen Lernens fungieren die Studierenden als Phasenvernetzer*in bezüglich Ideen und Konzepten aus Theorie und Forschung in die Schulen.

Fachdidaktische Ansatzpunkte für die erste Phase

Die aus theoretischer Sicht extrahierten Problemfelder bzw. Herausforderungen wurden, obgleich nur sechs Proband*innen befragt wurden, fast alle abgedeckt. Darüber hinaus konnten aber auch vielfältige Chancen für die Ausbildung. Diese lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Prüfen der Studienwahl (Leerstelle naturwissenschaftlicher Sachunterricht in Praktika, eigenständig unterrichten statt ausschließlich hospitieren)
- Erhöhen der Studienmotivation
- Verbindung der Ausbildungsphasen (inhaltlicher Transfer von Konzepten in die Praxis aber auch Praxisfragen für die Forschung)
- „echte“ Praxiserlebnisse der Studierenden für die Reflexion von Theorie-Praxis-Bezügen

Kritisch scheint die Anspruchshaltung, die einige Interviewte hinsichtlich der Einarbeitung durch die Kolleg*innen der Praxis benannt wurden, zu sein. Dem monierten „Wurf ins kalte Wasser“ wohnt der Wunsch inne, dass vermeintliche Leerstellen im Studium durch die praktische Tätigkeit ausgemerzt werden, ohne Berücksichtigung, dass die Inhalte noch im Ausbildungsverlauf thematisiert werden, z.B. die Unterrichtsplanung als Teil der Praxissemestercurricula oder der Aufbau erster Handlungsroutinen in der zweiten Phase.

Die geringe Stichprobe kann nur einen Ausschnitt der Studien- und Schulalltagssituation der studentischen Vertretungslehrkräfte abbilden. Insbesondere die noch ausstehende Auswertung mit Blick auf Aspekte des Professionswissens und der Unterrichtsqualität benötigt eine zusätzliche Befragung anderer Akteur*innen in diesem Feld, wie Schulleitungen, Kolleg*innen aus den Schulen und Ausbilder*innen der ersten Phase.

Literatur

Festner, D., Scharper, N., & Gröschner, A. (2018). Einschätzung der Unterrichtskompetenz und –qualität im Praxissemester. In: In: König J., Rothland M., Schaper N. (Hg.) Learning to Practice, Learning to Reflect?. Springer VS, Wiesbaden.

Keller-Schneider, M. (2020). Berufseinstieg von Lehrpersonen. Herausforderungen, Ressourcen und Angebote der Berufseinführung: Journal für LehrerInnenbildung 20 (2020) 3, S. 64-73.

König J., Darge, K., Kramer, C., Ligtvogt, R., Lünnemann, M., Podlecki, A.-M. & Strauß, S. (2018). Das Praxissemes-ter als Lerngelegenheit: Modellierung lernprozessbezogener Tätigkeiten und ihrer Bedingungsfaktoren im Spannungsfeld zwischen Universität und Schulpraxis. In: König J., Rothland M., Schaper N. (Hg.) Learning to Practice, Learning to Reflect?. Springer VS, Wiesbaden.

Mayring, P. (2010). Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken. 11., aktual. u. überarb. Aufl. Weinheim.

Staneva, M. (2018). Bachelor-Studierende mit Nebenjobs haben kaum schlechtere Noten, brauchen für ihr Studium aber etwas länger, DIW Wochenbericht, ISSN 1860-8787, Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW), Berlin, (85/20), S. 433-442

Statistisches Bundesamt (2020). Allgemeinbildende Schulen - Fachserie 11 Reihe 1 - Schuljahr 2019/2020. URL:https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bildung-Forschung Kultur/Schulen/Publikationen/Downloads-Schulen/allgemeinbildende-schulen-2110100207005.xlsx;jsessionid=2E47C2313FCFEE07EBF13E2F71E65027.internet742?__blob=publicationFile [abgerufen am 20.12.2020].

Julia Werthmüller[1]
Markus Prechtl[1]

[1]Technische Universität Darmstadt

Unsicherheiten von Lehrkräften hinsichtlich substanzbezogener Internet-Challenges

Das Spektrum an existierenden Internet-Challenges ist breit. Aus chemiedidaktischer Sicht sind vor allem Challenges interessant, bei denen alltägliche Substanzen wie Zimt, Waschmittelkapseln oder Deodorant zum Einsatz kommen (Busse, 2012; Prechtl, 2020). Diese bergen aufgrund des Substanzbezugs häufig gesundheitlich schwerwiegende Risiken, die den Teilnehmer*innen oft nicht bekannt sind. Innerhalb der eigenen chemiedidaktischen Auseinandersetzung mit der Thematik wird die Sicht von Naturwissenschaftslehrer*innen auf substanzbezogene Internet-Challenges empirisch erforscht. Ihre Perspektive ist mit Blick auf die Integration des Themas in Schule und Unterricht von besonderer Bedeutung. In diesem Beitrag werden exemplarisch Ausschnitte dieser Forschung fokussiert. Die ausgewählten Befunde beziehen sich einerseits auf die Frage, inwiefern Internet-Challenges Bestandteil der Lebenswelt und des (reflektierten) Erfahrungshorizonts der befragten Lehrer*innen sind. Andererseits beziehen sich die Befunde auf die spezifische Frage, wie die Lehrer*innen das Gefahrenpotenzial der Cinnamon-Challenge, bei der die Akteur*innen Zimtpulver verzehren müssen, bewerten. Weitere Befunde werden an anderer Stelle dargelegt.

Methodik & Stichprobe

Die quantitative Studie, auf die innerhalb des Beitrags Bezug genommen wird, baute auf den Befunden vorangegangener Interviews auf (Dissertationsvorhaben Werthmüller; vgl. zudem Werthmüller & Prechtl, 2021a). Bei dem konzipierten Datenerhebungsinstrument handelt es sich um einen Online-Fragebogen, der den Teilnehmer*innen über die Plattform SoSci-Survey bereitgestellt wurde. Er beinhaltet 52 geschlossenen Items, die über eine siebenstufige, vollbeschriftete Likertskala (von 1 „stimme überhaupt nicht zu“ bis 7 „stimme voll und ganz zu“) zu beantworten sind. Einige der Items sind über Single- und Multiple-Choice-Formate zu beantworten. In die statistische Auswertung gingen die Datensätze von 89 (angehenden) Lehrer*innen ein, die mindestens ein naturwissenschaftliches Fach unterrichteten. Die statistische Auswertung erfolgte deskriptiv sowie mittels Korrelation und *t*-Test.

Befunde

Bekanntheit von Internet-Challenges. Hinsichtlich der Aussage „Ich kann den Begriff Internet-Challenge erklären“ ergab sich ein Mittelwert von 4.96 ($SD = 2.22$). Insgesamt 69 % der Befragten positionierten sich im zustimmenden Bereich der Likert-Skala, 24 % der Befragten hingegen im ablehnenden Bereich. Der Rest stand der Aussage neutral gegenüber. Bezüglich der Frage, ob die Lehrer*innen auf der Plattform YouTube schon einmal auf eine Internet-Challenge gestoßen seien, ergab sich ein noch heterogeneres Bild: 42 % der Befragten lehnten die Aussage ab, während 45 % ihr zustimmten. Die übrigen 13 % positionierten sich neutral. Abbildung 1 gibt einen Überblick zur Bekanntheit ausgewählter populärer Internet-Challenges unter den Befragten. Nahezu allen Lehrer*innen (91 %) war die Ice-Bucket-Challenge bekannt. Die zweitbekanntesten Challenge war die Cinnamon-Challenge (48 %).

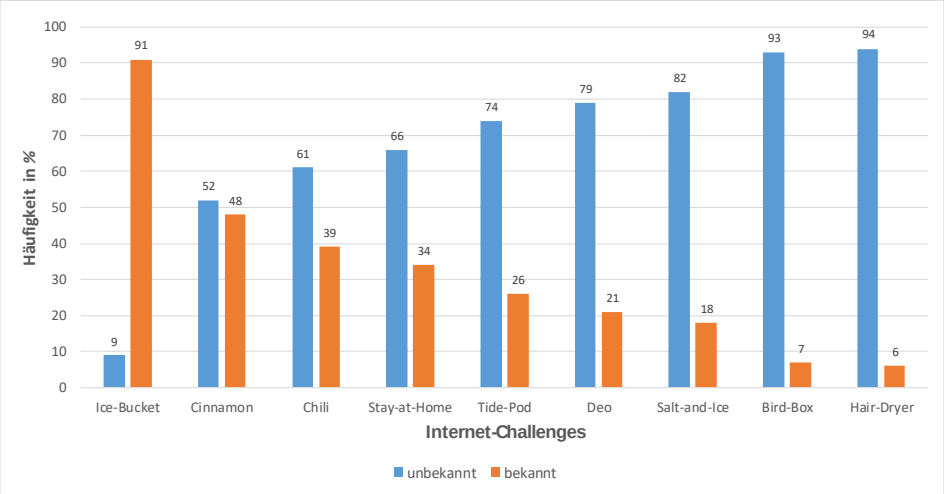


*Abb. 1: Bekanntheit ausgewählter Internet-Challenges unter Lehrer*innen (N = 89).*

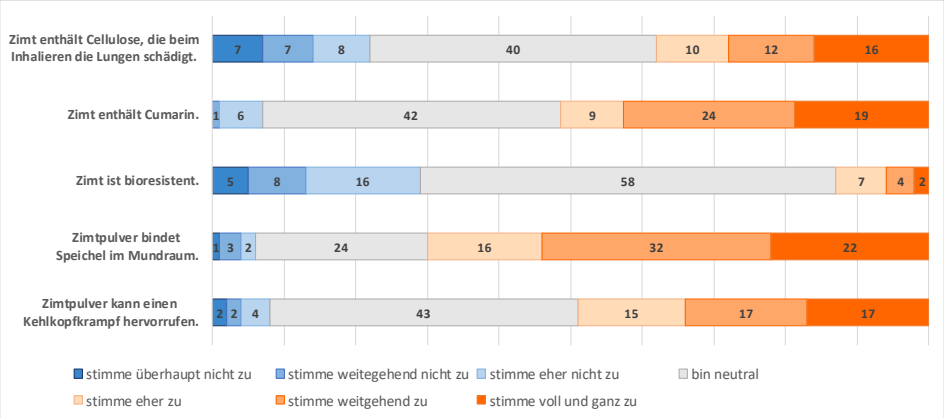


*Abb. 2: Übersicht ausgewählter Befunde zur begründeten Gefahrenbeurteilung der Cinnamon-Challenge durch die befragten Lehrer*innen (in %) (N = 89).*

Gefahrenbeurteilung der Cinnamon-Challenge. Bei der vergleichenden Gefahrenbeurteilung zwischen Onion-, Chili- und Cinnamon-Challenge schätzten die Befragten das Risiko einer gesundheitlichen Schädigung bei der Cinnamon-Challenge am höchsten ein. Für das Risiko bei der Cinnamon-Challenge ergab sich ein Mittelwert von 5.43 (*SD* = 1.48). An diese vergleichende Beurteilung schlossen sich Items zur begründeten Beurteilung der Cinnamon-Challenge an. Es wurden sieben Gründe aufgeführt, weshalb die Durchführung der Cinnamon-Challenge gesundheitlich problematisch sein könne. Die in Abbildung 2 aufgeführten Items entsprachen realen gesundheitlichen Risiken der Cinnamon-Challenge. Zudem gab es zwei Kontrollitems zu vernachlässigbaren gesundheitlichen Risiken der Cinnamon-Challenge. Die Lehrer*innen beurteilten die speichelbindende Wirkung von Zimt im Mundraum (*M* = 5.34, *SD* = 1.39) sowie den Zimt eigenen Inhaltsstoff Cumarin (*M* = 5.06, *SD* = 1.33) als besonders gesundheitlich problematisch. Abbildung 2 gibt einen Überblick zu der Häufigkeitsverteilung der Antworten entlang der Likert-Skala. Hinsichtlich der Frage, inwiefern sich die Lehrer*innen bei der begründeten Beurteilung des Gefahrenpotenzials der Cinnamon-Challenge sicher seien, ergab sich ein Mittelwert von 3.71 (*SD* = 1.55). Dabei standen 44 %

der Befragten der Aussage ablehnend gegenüber, 19 % positionierten sich neutral und 37 % stimmten eher zu. Keine befragte Person stimmte der Aussage, sich bei der vorgenommenen Gefahrenbeurteilung sicher gefühlt zu haben, voll und ganz zu.

Diskussion der Befunde

Bekanntheit von Internet-Challenges. Hinsichtlich der Frage, inwiefern Internet-Challenges Bestandteil der Lebenswelt der befragten Lehrer*innen sind, ergab sich ein uneinheitliches Bild. Zwar gab ein Großteil der Befragten an, den Begriff Internet-Challenge erklären zu können, andererseits sahen sich 24 % der Befragten nicht oder nur bedingt dazu in der Lage. Anhand der Befunde bezüglich der Frage, ob die Lehrer*innen bereits selbst auf eine Internet-Challenge gestoßen waren, wird deutlich, dass höchstens 45 % der Lehrer*innen über ihr eigenes YouTube-Nutzungsverhalten (neue) Internet-Challenges wahrnehmen würden. Ein fast genauso großer Anteil der befragten Lehrer*innen (42 %) nahm über die eigene YouTube-Nutzung noch keine Internet-Challenges wahr. Insgesamt waren die ausgewählten Challenges unter den Befragten nicht flächendeckend bekannt. Konkret war die Ice-Bucket-Challenge fast jeder befragten Person bekannt, die Cinnamon-Challenge nur der Hälfte der Befragten.

Gefahrenbeurteilung der Cinnamon-Challenge. Das Vorwissen der Lehrer*innen zur Beurteilung konkreter Risiken der Cinnamon-Challenge war heterogen. Je nach benanntem Grund erkannten 13 % bis 70 % der Befragten diesen Grund als reales gesundheitsbezogenes Risiko. Ein Großteil der übrigen Lehrer*innen (24 % bis 58 %) positionierte sich bei der Beurteilung potenzieller Risiken neutral. Da es sich bei den zugrundeliegenden Items um eine Art Wissensabfrage handelt, darf das Ausweichen auf eine neutrale Antwortoption als fehlendes Hintergrundwissen der Befragten interpretiert werden (vgl. Moosbrugger & Kelava, 2020, S. 110). Die Möglichkeit sich ablehnend gegenüber vorgegebenen Risiken zu positionieren, nahmen nur wenige Lehrer*innen wahr. Es scheint, als könnten die befragten Lehrer*innen gesundheitsschädliche Aspekte der Cinnamon-Challenge besser identifizieren, als für deren Gefahrenbeurteilung irrelevante Aspekte dezidiert auszuschließen. Insgesamt ist allerdings auch hervorzuheben, dass die Gefahrenbeurteilung substanzbezogener Internet-Challenges eine herausfordernde Aufgabe darstellt.

Fazit

Auf Grundlage der erhobenen Daten kann nicht von einem umfassenden, einheitlichen Wissensstand bzw. von einheitlichen Vorerfahrungen der befragten Lehrer*innen zu Internet-Challenges ausgegangen werden. Sie artikulierten Unterstützungsbedarfe hinsichtlich einer Integration der Thematik in den eigenen Unterricht. Um diese Bedarfe aufzugreifen, wurde, in Kooperation mit dem Lehrer*innennetzwerk T^3, Unterrichtsmaterial zu Internet-Challenges entwickelt (vgl. Werthmüller, Prechtl & Liebner, 2021). Dieses macht Internet-Challenges und deren Gefahrenpotenziale über Schulversuche mit digitaler Messwerterfassung für Schüler*innen und Lehrer*innen zugänglich. Wie bereits an anderer Stelle ausgeführt, bietet das Thema die Option, neben naturwissenschaftlichen auch medienpädagogische Aspekte zu beleuchten (vgl. Werthmüller & Prechtl, 2021b, 2021c). Anhand digitaler Messwerterfassung und Thematisierung der Kultur der Digitalität, die die Thematik Internet Challenges zulässt, kann der Chemieunterricht um Aspekte des Lernens mit und über Medien bereichert werden.

Literatur

Busse, M.-H. (2013). Mutproben aus naturwissenschaftlicher Perspektive. Befunde und Interventionsansätze zu einem aktuellen Internetphänomen. Uelvesbüll: Der andere Verlag.

Moosbrugger, H. & Kelava, A. (2020). Testtheorie und Fragebogenkonstruktion. Berlin: Springer.

Prechtl, M. (2020). Lehrkräfte sollten sie kennen: Internet-Challenges. Chemie in unserer Zeit, 54(1), 56-62.

Werthmüller, J. & Prechtl, M. (2021a). Sichtweisen von Lehrkräften im Fach Chemie auf das Phänomen Internet-Challenges. Tagungsband der GDCP. Virtuelle Jahrestagung 2020.

Werthmüller, J. & Prechtl, M. (2021b). Erschließung des Konzepts Digitalität durch Internet-Challenges. In N. Graulich, J. Huwer &. A. Banerji (Hrsg.), Digitalization in Chemistry Education. Digitales Lehren und Lernen an Hochschule und Schule im Fach Chemie (95-100). Münster: Waxmann.

Werthmüller, J. & Prechtl, M. (2021c). Reflexionen zum Konzept der Digitalität am Beispiel Internet-Challenges im Lehramt Chemie. Chemie Konkret, 72(5), 358. DOI: 10.1002/ckon.202100006.

Werthmüller, J., Prechtl, M. & Liebner, F. (2021). Ein neuer Wahnsinn aus dem Internet!? Internet-Challenges aus naturwissenschaftlicher Perspektive untersucht und diskutiert: www.ti-unterrichtsmaterialien.net (letzter Zugriff am 15.10.2021).

Paul Unger
Karsten Rincke

Universität Regensburg

Vergleich analysierender und erarbeitender Strukturierungen im Physikunterricht

Bei der Behandlung neuer, nicht-trivialer Fachinhalte kann ein analysierendes oder erarbeitendes Vorgehen gewählt werden. Der zeitliche und formallogische Ablauf von Unterricht kann je nach Vorgehen entsprechend unterschiedlich strukturiert werden. Das Ziel dieses Promotionsvorhabens ist es, Erkenntnisse über eine mögliche Wirkung der Verknüpfungsart des Vorwissens im Zuge analysierender und erarbeitender Strukturierungen im Physikunterricht zu erlangen. Im Fokus liegt die Frage, ob eine hinführende oder rückführende Verknüpfung mit dem Vorwissen bei der Einführung neuer fachlicher Inhalte im Unterricht zu unterschiedlicher Lernleistung führt und sich Effekte bezüglich der Lernmotivation und Überforderung der Lernenden zeigen.

Begriffliche Einordnung

Lehrtraditionen, Strukturmodelle oder Lehr-Lerntheorien werden in dieser Arbeit als „hinführend“ bezeichnet, wenn neue Inhalte vom Vorwissen schrittweise abgeleitet werden. Oftmals werden dazu einleitend Phänomene oder Problemstellungen betrachtet. Es wird von „Rückführung“ gesprochen, wenn bei Einführung neuer Konzepte zunächst das Konzept als solches dargestellt wird. Eine Verknüpfung mit dem Vorwissen kann nach der Analyse des Neuen im Unterrichtsverlauf folgen. Diese Definition weist zunächst starke Ähnlichkeiten zu den im bildungssprachlichen Kontext viel verwendeten Begriffen einer „induktiven“ und „deduktiven“ Unterrichtsmethode auf und soll im Folgenden davon abgegrenzt werden.

Unter einer induktiven Methode wird im bildungssprachlichen Kontext eine Entwicklung von spezifischen Details hin zum Allgemeinen verstanden. Mit dem Begriff der deduktiven Methode wird entsprechend einer Entwicklung vom Allgemeinen hin zum Einzelnen definiert (Wild & Möller, 2009). Das Allgemeine stellt dabei oft ein neues fachliches Konzept oder eine Regelhaftigkeit dar und unter der Bezeichnung spezifische Details können beobachtbare Phänomene oder auch Beispielsituationen verstanden werden. In Abgrenzung zu einem Verständnis der Begrifflichkeiten nach Piercescher Wissenschaftstheorie (vgl. Minnameier, 2005) werden die Begriffe induktiv und deduktiv im Folgenden weiterhin als übergeordnende Beschreibungen im bildungssprachlichen Konsens verwendet. Kulgemeyer (2018) präzisiert die Begriffe induktive und deduktive Methode insofern weiter, als dass er bei der Konstruktion von Erklärungen von einer Example-Rule Strategie als Form der induktiven Methode und einer Rule-Example Strategie als Form einer deduktiven Methode spricht. Bei Erklärungen lässt sich unterscheiden, ob man von einem Beispiel ausgehend eine Regel ableitet oder nach der Präsentation einer Regel ein Beispiel zur Verdeutlichung anführt. Kokkonen et al. (2021) vergleichen in ihrer Studie eine Einführung neuer Inhalte nach Concreteness Fading mit einer Einführung nach Concreteness Introduction. Im Vorgehen nach Concreteness Fading wird der Abstraktionsgrad verschiedener äußerer Repräsentationen des neuen, fachlichen Inhaltes, wie Modelldarstellungen, stufenweise gesteigert, was als induktive Methode identifiziert werden kann. In umgekehrter Weise wird bei Concreteness Introduction der Grad der Abstraktion gewählter Repräsentationsformen des neuen Konzeptes schrittweise reduziert, womit sich Concreteness Introduction einer deduktiven Methode unterordnen lässt.

Bei einer hinführenden und rückführenden Strukturierung lässt sich im Vergleich zu den beiden oben genannten Schemata ebenso eine logische Richtung zum neuen Konzept hin bzw. vom neuen Konzept ausgehend identifizieren. Der wesentliche Unterschied lässt sich in der Rolle des Vorwissens finden, welches bei einer Hinführung den Ausgangspunkt und bei einer Rückführung das Ziel der Strukturierung darstellt: Das Vorwissen der Lernenden enthält sowohl Wissen über allgemeine Konzepte und Regelhaftigkeiten als auch spezifische Details und Einzelheiten. Somit lässt sich eine Hinführung nicht eindeutig als induktive Methode und eine Rückführung nicht eindeutig als deduktive Methode charakterisieren.

Wirkungen induktiver und deduktiver Vorgehensweisen

Wie oben beschrieben, ist die logische Richtung bezüglich des neuen Konzeptes bei induktiver bzw. deduktiver Methode mit einer Hinführung bzw. Rückführung vergleichbar. Aus diesem Grund werden die Effekte induktiver und deduktiver Methoden bei der Diskussion der Wirkung hinführender und rückführender Strukturierung berücksichtigt. Im Folgenden wird aufgezeigt, weshalb sich daraus insbesondere eine Betrachtung des Lernfortschrittes, der Lernmotivation und der Überforderung rechtfertigen lässt.

Hinweise dafür, dass sich ein deduktives Vorgehen besonders bei der Vermittlung deklarativen Wissens (Tomlinson & Hunt, 1971) und ein induktives Vorgehen für den Erwerb prozeduralen Wissens eignet (Champagne et al., 1982), konnten von Seidel, Blomberg & Renkl (2013) erneut beobachtet werden. Dem gegenüber zeigen verschiedene Studien, dass im deutschen Physikunterricht bei der Konzeptbildung weiterhin induktive Muster eine zentrale Rolle spielen: Es konnte beobachtet werden, dass die lernprozessorientierten Phasen der Erarbeitung im Kontext sowie der Planung und Durchführung eigener Handlungen eine zeitlich stärkere Ausprägung im Unterrichtsgeschehen einnehmen als Phasen der Verallgemeinerung und des aktiven Umgangs mit neuen Konzepten (Geller, 2015). Es werden oft kleinschrittige Vorgehensweisen nach fragend-erarbeitendem Muster in Phasen der Konzeptbildung angewandt, deren Lerneffekt jedoch in höheren Klassen schwach ausfällt (Trendel, Wackermann & Fischer, 2015). Maurer (2016) verweist darauf, dass sich unterschiedliche Arten innerfachlicher Vernetzung ebenfalls auf den Lernfortschritt der Lernenden auswirken könnten.

Darüber hinaus lässt sich bei Geller (2015) sowie bei Kulgemeyer (2019) die Vermutung finden, dass ein induktives Vorgehen mit einer erhöhten Motivation der Lernenden bei der Auseinandersetzung mit neuen Inhalten einhergeht. Kalyuga et al. (2003) geben an, dass eine mögliche Abhängigkeit der intrinsischen kognitiven Belastung vom Vorwissen besteht, was durch die Studien von Leppink et al. (2013) bekräftigt werden konnte. Es sollen deshalb mögliche Auswirkungen hinführender und Rückführender Strukturierungen auf das Interesse der Lernenden (Berger, 2000), die Selbstwirksamkeit (Schwarzer & Jerusalem, 2002) sowie die extrinsische, intrinsische und lernbezogene kognitive Belastung (Sweller et al., 1998; Sweller, 2010) untersucht werden.

Studiendesign und Erhebungsinstrumente

Es werden zwei Unterrichtseinheiten zum Thema Transformator mithilfe der Basismodelltheorie nach Oser & Baeriswyl (2001) strukturiert. Mit der Basismodelltheorie ist eine Vorgabe zur Strukturierung von Unterricht gegeben, die als Ausgangspunkt der Unterrichtsplanung die Zielsetzung des Lernens fokussiert. Je nach Zielsetzung ergeben sich somit verschiedene Basismodelle. Mit der Behandlung eines für die Lernenden neuen und schwer selbst-findbaren Konzeptes ist somit die Voraussetzung zur Anwendung des Basismodelles Konzeptaufbau gegeben (vgl. Oser & Baeriswyl, 2001; Wackermann, 2008; Krabbe, Zander, Fischer, 2015). Die beiden Unterrichtsabläufe unterscheiden sich jeweils in der Stufe zwei

„Erarbeiten eines prototypischen Musters“ des Basismodells, welche hinführend bzw. rückführend modelliert wird. Die übrigen Unterrichtsphasen werden möglichst gleich strukturiert und es werden insbesondere keine Inhalte nur einem der beiden Entwürfe vorbehalten. Der einleitende Kontext der Leistungsübertragung über weite Strecken hinweg wurde aus Muckenfuß (2007) übernommen und das konzeptuelle Verständnis des Transformators nach Helzel (2020) berücksichtigt. Das Thema wird zusätzlich in einen Kontext eingebettet, wofür Oser & Baeriswyl (2001) keine eindeutige Stufe angeben. Orientiert an einer kontexteingebunden Rule-Example Strukturierung, wie sie von Seidel, Blomberg & Renkl (2013) nach Kulgemeyer (2018) beschrieben wird, geschieht die Kontexteinbettung bereits in Stufe eins des Basismodelles.

Die Studie ist als quasiexperimentelle Laborstudie im Prä-Post-Design geplant. Schüler/-innen der zehnten Jahrgangsstufe aus Realschulen und Gymnasien werden in das Lernforschungslabor der Didaktik der Physik der Universität Regensburg eingeladen und erhalten eine 90-minütige Unterrichtseinheit zum Thema Transformator. Der Vortest setzt sich aus einem kognitive-Fähigkeiten Test (Maurer, 2016), einem Wissenstest zu Transformatoren und Induktion (Wecker, 2022[1]), einem Interessenstest zu Fach- und Sachinteresse (Berger, 2000) sowie einer Befragung zu Geschlecht, Schulart und -zweig der Schüler/-innen zusammen. Im Nachtest werden situatives bzw. aktualisiertes Interesse (Berger, 2000), Wissenszuwachs (Wecker, 2022[1]) sowie die Wahrnehmung der Schüler/-innen zum Versuchsleiter gemessen. Die Wahl des Messzeitpunktes der Überforderungsmessung wird derzeit noch abgewägt. Für eine Messung nach der geplanten Variation innerhalb der Gruppen, also direkt im Anschluss an Stufe zwei des Basismodelles, spricht eine eindeutigere Zuordnung möglicher Messunterschiede auf die Variation als bei einer Messung im Posttest. Mit einer Messung der Überforderung im Posttest bleibt der Unterrichtsverlauf ungestört, jedoch weisen Schmeck et al. (2013) darauf hin, dass dadurch die Überforderung zu anderen Zeitpunkten während der Unterrichtsstunde als zu dem der geplanten Variation aufgenommen werden kann. Als Messinstrument werden die in der Studie von Thees et al. (2021) diskutierten Fragebögen herangezogen. Der geplante Test zur wahrgenommenen Selbstwirksamkeit der Lernenden befindet sich noch in Bearbeitung. Der Selbstwirksamkeitsbegriff wird nach der Definition von Schwarzer & Jerusalem (2002) beschrieben. Die Pilotierung des Testinstrumentes wird im Frühjahr 2022 abgeschlossen sein. Der Beginn der Datenerhebung ist für das Sommersemester 2022 angesetzt.

[1] Ein Wissenstest über Transformatoren sowie ein Vorwissenstest zur Induktion wird derzeit im Zuge einer Masterarbeit von Corinna Wecker erstellt und pilotiert.

Literatur

Berger, R. (2000). Moderne bildgebende Verfahren der medizinischen Diagnostik—Ein Weg zu interessanterem Physikunterricht. Logos-Verl.

Champagne, A.B., Klopfer, L.E. & Gunstone, R.F. (1982). Cognitive research and the design of science instruction. Educational Psychologist, 17, 31–53.

Geller, C. (2015). Lernprozessorientierte Sequenzierung des Physikunterrichts im Zusammenhang mit Fachwissenserwerb: Eine Videostudie in Finnland, Deutschland und der Schweiz. Logos Verlag.

Helzel, A. (2020). Elektrodynamik an Schule und Hochschule: Eine Analyse der fachlichen Hintergründe und Wege der Elementarisierung. Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-61842-4

Kalyuga, S., Ayres, P., Chandler, P., & Sweller, J. (2003). The expertise reversal effect. Educational Psychologist 38: 23–31.

Kokkonen, T., Lichtenberger, A., & Schalk, L. (2021). Concreteness fading in learning secondary school physics concepts. Learning and Instruction, 101524. https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2021.101524

Krabbe, H., Zander, S., & Fischer, H. E. (2015). Lernprozessorientierte Gestaltung von Physikunterricht: Materialien zur Lehrerfortbildung. Waxmann.

Kulgemeyer, C. (2018). Towards a framework for effective instructional explanations in science teaching. Studies in Science Education, 54(2), 109–139. https://doi.org/10.1080/03057267.2018.1598054

Leppink, J., Paas, F., Van der Vleuten, C. P. M., Van Gog, T., & Van Merriënboer, J. J. G. (2013). Development of an instrument for measuring different types of cognitive load. Behavior Research Methods, 45(4), 1058–1072. https://doi.org/10.3758/s13428-013-0334-1

Maurer, C. (2016). Strukturierung von Lehr-Lern-Sequenzen. Logos Verlag Berlin GmbH.

Minnameier, G. (2005). Wissen und inferentielles Denken: Zur Analyse und Gestaltung von Lehr-Lern-Prozessen. Lang.

Muckenfuß, H. (2007). Vom Induktionsgesetz zum Transformator. Unterrichtsgang zur Bedeutung des Transformators für die elektrische Energieübertragung. In Naturwissenschaften im Unterricht. Physik (Bd. 18, Nummer 102, S. 25–29).

Oser, F., K., & Baeriswyl, F., J. (2001). Choreographies of teaching: Bridging instruction on learning. Handbook of Research on Teaching, 1031–1065.

Schmeck, A., Opfermann, M., van Gog, T., Paas, F., & Leutner, D. (2015). Measuring cognitive load with subjective rating scales during problem solving: Differences between immediate and delayed ratings. Instructional Science, 43(1), 93–114. https://doi.org/10.1007/s11251-014-9328-3

Schwarzer, R., &Jerusalem, M. (2013). Das Konzept der Selbstwirksamkeit. https://doi.org/10.25656/01:3930

Seidel, T., Blomberg, G., & Renkl, A. (2013). Instructional strategies for using video in teacher education. Teaching and Teacher Education, 34, 56–65. https://doi.org/10.1016/j.tate.2013.03.004

Sweller, J. (2010). Element interactivity and intrinsic, extraneous and germane cognitive load. Educational Psychology Review 22, 123–138.

Sweller, J., van Merrienboer, J. J. G., & Paas, F. G. W. C. (1998). Cognitive Architecture and Instructional Design. Educational Psychology Review, 10(3), 251–296. https://doi.org/10.1023/A:1022193728205

Thees, M., Kapp, S., Altmeyer, K., Malone, S., Brünken, R., & Kuhn, J. (2021). Comparing Two Subjective Rating Scales Assessing Cognitive Load During Technology-Enhanced STEM Laboratory Courses. Frontiers in Education, 6, 705551. https://doi.org/10.3389/feduc.2021.705551

Tomlinson, P.D., & Hunt, D.E. (1971). Differential effects of rule-example order as a function of learner conceptual level. Canadian Journal of Behavioural Science, 3(3), 237–245.

Trendel, G., Wackermann, R., & Fischer, H. E. (2008). Lernprozessorientierte Lehrerfortbildung in Physik. Zeitschrift für Pädagogik, 54(3), 322–340.

Wackermann, R. (2008). Überprüfung der Wirksamkeit eines Basismodell-Trainings für Physiklehrer. Logos Verlag.

Wackermann, R., Trendel, G., & Fischer, H. E. (2010). Evaluation of a Theory of Instructional Sequences for Physics Instruction. International Journal of Science Education, 32(7), 963–985. https://doi.org/10.1080/09500690902984792

Wild, E., & Möller, J. (Hrsg.). (2009). Pädagogische Psychologie: Mit 27 Tabellen. Springer.

Florian Budimaier[1,2]
Martin Hopf[1]

[1]Universität Wien
[2]Pädagogische Hochschule Wien

Welche Argumente überzeugen Schüler*innen vom Teilchenmodell?

Fragestellung

Die emergente Natur vieler physikalischer Phänomene, wie beispielsweise Temperatur oder Aggregatzustände, wird von Schüler*innen häufig nicht erkannt, da sie die ontologischen Kategorie verwechseln (Chi, 2005) und Eigenschaften makroskopischer Gegenstände auf Atome und Moleküle übertragen (Griffiths & Preston, 1992). Eine ebenfalls verbreitete Vorstellung, ist die Annahme, Teilchen würden sich innerhalb eines kontinuierlichen Mediums bewegen (Lee et al., 1993). Derartige Hybridmodelle werden auch durch naturwissenschaftlichen Unterricht, insbesondere durch Darstellungen in Schulbüchern hervorgerufen (Harrison & Treagust, 2006). Um den eben genannten Problemen bei der Einführung des Teilchenmodells im Physikunterricht zu begegnen, wird im Rahmen eines Dissertationsprojekts der Frage "Wie kann das Verständnis von Schüler*innen zu emergenten Vorgängen im Kontext des Teilchenmodells verbessert werden?" nachgegangen. Ein erster Schritt ist dabei die Suche nach Argumenten, welche Schüler*innen von der Anwendbarkeit des Teilchenmodells überzeugen. Des Weiteren sollte evaluiert werden, inwiefern typografische Darstellungen (Wiener et al., 2015) tragfähige Vorstellungen zum Aufbau der Materie unterstützen können.

Hintergrund

Der Forschungsprozess im Dissertationsprojekt ist nach dem Prinzip des Design-Based Research strukturiert. Ziel ist dabei einerseits die Entwicklung einer Lehr-Lerneinheit zum Teilchenmodell, sowie andererseits theoretische Erkenntnisse über Lernprozesse im Kontext des Teilchenmodells zu gewinnen (Haagen-Schützenhöfer & Hopf, 2020). Charakteristisch für Design-Based Research ist eine zyklische Vorgehensweise, bei der sich Design, Intervention und Auswertung einander abwechseln. Am Beginn steht dabei eine ausführliche Auseinandersetzung mit der Literatur, um in weiterer Folge eine didaktische Rekonstruktion (Kattmann et al., 1997) vornehmen zu können. Produkt dieser Rekonstruktion ist eine Reihe von *Key Ideas*, zentralen Konzeptideen, welche die Lernziele für die zu entwickelnde Lehr-Lerneinheit darstellen. Im nächsten Schritt werden diese Key Ideas evaluiert, wofür mit einzelnen Schüler*innen leitfadengestützte Interviews nach der Methode der Akzeptanzbefragung (Jung, 1992; Wiesner & Wodzinski, 1996) geführt werden. Die Auswertung der dabei erhobenen Daten erfolgt mittels evaluativer qualitativer Inhaltsanalyse (Kuckartz, 2018). Gewonnene Erkenntnisse aus der Befragung dienen dann als Anhaltspunkte für eine Adaptierung der Key Ideas. Die im Weiteren dargestellte Vorgehensweise stellt den ersten Zyklus im soeben skizzierten Arbeitsprozess dar.

Methode

Als Argumente für das Teilchenmodell wurden aus der Literatur (Fischler & Rothenhagen, 1997; Hofmann & Erb, 2018; Sieve, 2016) fünf Experimente[1] zum Teilchenmodell ausgewählt. Die Auswahl erfolgte dahingehend, dass sich das Experiment nur im Rahmen des Teilchenmodells hinreichend erklären lässt. Dadurch sollte die Idee, dass „alles, was

[1] 1. Beobachtung der Brown‘schen Bewegung in einer Fett-Wasser-Emulsion unter dem Mikroskop, 2. Destillation einer farbigen Lösung, 3. Volumenänderung eines Quetschbeutels beim Erhitzen und Abkühlen, 4. Ölfleckversuch, 5. Schwimmen eines Eis in Salzwasser

man anfassen kann, aus kleinsten Teilchen aufgebaut ist“ motiviert werden. Am Beginn jedes Interviews stand die Vorführung eines der fünf Experimente durch den Interviewer. Die Schülerin beziehungsweise der Schüler sollte dann versuchen eine erste Erklärung der im Experiment beobachtbaren Phänomene abzugeben. Darauf folgte die Erklärung des Experiments unter Berücksichtigung der Vorstellung, dass alles aus Bausteinen aufgebaut ist. Die Teilnehmer*innen sollten nach der Erklärung zuerst bewerten, ob sie diese nachvollziehen können und als verständlich erachten. Danach wurden die Schüler*innen aufgefordert die Erklärung noch einmal zu paraphrasieren, um Rückschlüsse darüber zu ermöglichen, inwieweit diese von ihnen tatsächlich verstanden wurde. Außerdem gab es mehrere Aufgaben dazu lösen, um zu überprüfen, ob die Schüler*innen zu dieser Key Idea auch Transferleitungen erbringen können. Zudem sollten sie aus drei verschiedenen Darstellungen zum Teilchenmodell jene auswählen, die sie persönlich am meisten überzeugt. Die zweite Key Idea, wonach das Verhalten all seiner Teilchen die Eigenschaften eines Stoffes bestimmt, wurde mithilfe eines Modellexperiments (Itakura & Funahashi, 2019) zu den Aggregatzuständen erläutert. Dieses zeigt, wie sich die Abstände zwischen den Teilchen eines Stoffes ändern, wenn dieser in einen anderen Aggregatzustand übergeht.[2] Dazu werden kleine Plastikkügelchen in eine verschließbare Plastiktüte gegeben. Schüttelt man die Tüte, beginnen sich die Kügelchen zu bewegen, wobei sie sich mit zunehmender Geschwindigkeit immer weiter voneinander entfernen. Um mit den verwendeten typografischen Darstellungen im Einklang zu stehen, wurde das Modellexperiment dahingehend modifiziert, dass die Plastikkügelchen durch kleine 3D-gedruckte H_20 Symbole ersetzt wurden. Der Fokus liegt auch hier auf den Abständen, Bindungseigenschaften im Festkörper können in diesem Modell nicht modelliert werden. Auf die Erklärung der Key Idea folgte dann wiederum die Bewertung der Akzeptanz, die Paraphrase und mehrere Aufgabenstellungen. Wie schon bei der ersten Key Idea gab es auch hier wieder eine Aufgabe, bei der die Schüler*innen aus drei Darstellungen zum Teilchenmodell die für sie plausibelste auswählen. Den Abschluss des Interviews bildete ein erneutes Aufgreifen des Anfangsexperiments, welches nun noch einmal von den Proband*innen erklärt werden sollte, um einen möglichen Lernzuwachs durch die Beschäftigung mit den Inhalten der Befragung zu erheben.

Insgesamt wurden 20 Interviews geführt, wobei alle Schüler*innen dasselbe Gymnasium in Wien besuchen. Die Stichprobe setzt sich zu gleichen Teilen aus Schüler*innen der sechsten und der zehnten Schulstufe zusammen. Dies Auswahl erfolgte einerseits um einen ersten Eindruck über die Schwierigkeit der Key Ideas für unterschiedliche Altersgruppen zu gewinnen und andererseits aufgrund der Verankerung des Themas im österreichischen Physik-Lehrplan dieser beiden Schulstufen. Die Interviews wurden mit einem Diktiergerät aufgenommen und in weiterer Folge transkribiert. Die Auswertung erfolgte zuerst mit deduktiv formulierten Kategorien, welche dann in weiterer Folge noch durch eine induktive Herangehensweise verfeinert wurden. Dies geschah vorwiegend dann, wenn sich das ursprüngliche Kategoriensystem als zu unpräzise erwies beziehungsweise bei einer Frage unerwartete Reaktionen der Schüler*innen auftraten. Die Darstellung des kodierten Datenmaterials in Form einer mehrfarbigen Matrix orientiert sich an anderen physikdidaktischen Arbeiten (z.B. Burde, 2018; Haagen-Schützenhöfer, 2016; Zloklikovits & Hopf, 2021).

[2] Ungefähr im Verhältnis 1:1:10 beim Übergang fest – flüssig – gasförmig (de Vos & Verdonk, 1996).

Ergebnisse

Von sich aus verwenden nur äußerst wenige (3 von 20) Schüler*innen Begriffe wie „Teilchen“ oder „Atom“ für ihre erste Erklärung des Experiments. Auch wenn die meisten die Idee befürworten, dass sämtliche Materie aus Teilchen besteht, äußern einige jedoch emotionale Vorbehalte dagegen. Eine Schülerin empfindet die Vorstellung, dass alles aus Teilchen besteht beispielsweise als „extrem gruselig“. Besonders gehäuft treten diese Emotionen bei der Frage auf, ob auch der Mensch aus Bausteinen bestehe. Betrachtet man die Paraphrasen der Erklärung des Experiments, stellt man fest, dass weniger als die Hälfte die Erklärung korrekt wiedergeben können. Das ist zwar ein deutlicher Fortschritt zur Eingangsfrage, zeigt aber, dass es vielen sehr schwer fällt, das Verhalten der Teilchen mit den Beobachtungen des Experiments zu verknüpfen. Dabei wird das Ölfleckexperiment am schwierigsten empfunden. Insgesamt stellt sich keines der Experimente als besonders geeignet für die Einführung des Teilchenmodells dar. Noch schwieriger als das Paraphrasieren fällt den Schüler*innen die Anwendung der Key Idea auf neue Kontexte. Etwas besser fallen im Vergleich dazu die Ergebnisse bei der zweiten Key Idea, welche mittels Modellexperiment vermittelt wurde aus. Hier gelingt deutlich mehr als der Hälfte der Proband*innen eine korrekte Paraphrase. Dies kann möglicherweise an der größeren Anschaulichkeit eines Modellexperiments liegen. Jedenfalls zeigt sich, dass nicht nur die Paraphrase sondern auch die Beantwortung der Aufgaben deutlich besser gelingt als bei Key Idea 1. Davon ausgenommen ist eine Frage, welche besonders auf den emergenten Aspekt des Teilchenmodells abzielt. Diese kann nur von einem Viertel der Schüler*innen korrekt beantwortet werden. Typografische Darstellungen werden von mindestens der Hälfte als Beste von drei angebotenen Veranschaulichungen des Teilchenmodells gewählt. Bei der Frage nach einer Begründung ihrer Wahl argumentieren viele Schüler*innen damit, dass es gut zeige, wie die Moleküle „verkettet“ oder „zusammengebunden“ sind. Es zeigt sich somit, dass das typografische Modell besonders für die Darstellung des Aufbaus von Festkörpern geeignet ist.

Fazit

Die Ergebnisse die Akzeptanzbefragung zeigen, dass es Schüler*innen sehr schwer fällt, Beobachtungen in Experimenten mit Hilfe des Teilchenmodells zu erklären. Das verwendete Modellexperiment scheint dagegen etwas leichter verständlich und ist möglicherweise besser für die Einführung des Teilchenmodell geeignet. Darüber hinaus eröffnet sich die Frage, welche anderen Argumente, neben experimentellen Befunden, noch herangezogen werden könnten, um Schüler*innen vom Teilchenmodell zu überzeugen. Ebenso hat sich gezeigt, dass manche Schüler*innen emotional reagieren, wenn sie mit der Idee selbst auch aus Teilchen zu bestehen konfrontiert werden. Dieses Phänomen ist insofern beachtenswert, da sich auch negative Emotionen unter bestimmten Bedingungen aktivierend auf die Lernleistung auswirken können (Pekrun, 2018). Die typografischen Darstellungen wurden überwiegend positiv aufgenommen und scheinen für viele Schüler*innen überzeugender zu sein als die in Lehrbüchern häufig angetroffene Kugeldarstellung.

Literaturverzeichnis

Burde, J.-P. (2018). *Konzeption und Evaluation eines Unterrichtskonzepts zu einfachen Stromkreisen auf Basis des Elektronengasmodells*. Dissertation. *Studien zum Physik- und Chemielernen: Band 259* [362 Seiten]. Logos Verlag Berlin. https://doi.org/10.30819/4726

Chi, M. T. H. (2005). Commonsense Conceptions of Emergent Processes: Why Some Misconceptions Are Robust. *Journal of the Learning Sciences*, *14*(2), 161–199. https://doi.org/10.1207/s15327809jls1402_1

de Vos, W. & Verdonk, A. H. (1996). The particulate nature of matter in science education and in science. *Journal of research in science teaching*, *33*(6), 657–664. https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199608)33:6<657::AID-TEA4>3.0.CO;2-N

Fischler, H. & Rothenhagen, A. (1997). Experimente zum Teilchenmodell. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*(41), 27–33.

Griffiths, A. K. & Preston, K. R. (1992). Grade-12 students' misconceptions relating to fundamental characteristics of atoms and molecules. *Journal of research in science teaching*, *29*(6), 611–628. https://doi.org/10.1002/tea.3660290609

Haagen-Schützenhöfer, C. (2016). *Lehr- und Lernprozesse im Anfangsoptikunterricht der Sekunderstufe I* [Habilitationsschrift]. Universität Wien, Wien.

Haagen-Schützenhöfer, C. & Hopf, M. (2020). Design-based research as a model for systematic curriculum development: The example of a curriculum for introductory optics. *Physical Review Physics Education Research*, *16.* https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.16.020152

Harrison, A. G. & Treagust, D. F. (2006). Particles and Matter: Problems in Learning about the Submicroscopic World. In H. Fischler (Hrsg.), *50. Die Teilchenstruktur der Materie im Physik- und Chemieunterricht* (S. 53–76). Logos-Verl.

Hofmann, M. & Erb, R. (2018). Zur Überzeugungskraft von Experimenten zum Teilchenmodell. *PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung; 2018: Würzburg*. http://phydid.physik.fu-berlin.de/index.php/phydid-b/article/view/878/1014

Itakura, K. & Funahashi, H. (2019). *Hypothesis-experiment class (Kasetsu)*. Trans Pacific Press.

Jung, W. (1992). Probing Acceptance, A Technique for Investigating Learning Difficulties. In R. Duit & Universität Bremen (Hrsg.), *131. Research in physics learning : theoretical issues and empirical studies: Proceedings of an international workshop held at the University of Bremen, March 4 - 8, 1991* (S. 278–295).

Kattmann, U., Duit, R., Gropengiesser, H. & Komorek, M. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion – Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung, *3*, 3–18.

Kuckartz, U. (2018). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung* (4. Aufl.). *Grundlagentexte Methoden*. Beltz Juventa. http://ebooks.ciando.com/book/index.cfm?bok_id/2513416

Lee, O., Eichinger, D. C., Anderson, C. W., Berkheimer, G. D. & Blakeslee, T. D. (1993). Changing middle school students' conceptions of matter and molecules. *Journal of research in science teaching*, *30*(3), 249–270. https://doi.org/10.1002/tea.3660300304

Pekrun, R. (2018). Emotion, Lernen und Leistung. In M. Huber & S. Krause (Hrsg.), *Bildung und Emotion* (S. 215–231). Springer Fachmedien Wiesbaden.

Sieve, B. (2016). Modellversuch zur Teilchenvorstellung. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*(153). https://www.friedrich-verlag.de/chemie/atombau-periodensystem/teilchenmodell-im-quetschie/

Wiener, G. J., Schmeling, S. M. & Hopf, M. (2015). Introducing 12 year-olds to elementary particles. *Physics Education*, *52*(4), 44001. https://doi.org/10.1088/1361-6552/aa6cfe

Wiesner, H. & Wodzinski, R. (1996). Akzeptanzbefragung als Methode zur Untersuchung von Lernschwierigkeiten und Lernverläufen. In R. Duit & Pädagogische Hochschule Ludwigsburg (Hrsg.), *151. Lernen in den Naturwissenschaften : Beiträge zu einem Workshop an der Pädagogischen Hochschule Ludwigsburg* (S. 250–274).

Zloklikovits, S. & Hopf, M. (2021). Didaktische Rekonstruktion EM-Strahlung. In S. Habig (Vorsitz), *Naturwissenschaftlicher Unterricht und Lehrerbildung im Umbruch?* Symposium im Rahmen der Tagung von GDCP e.V.

Julia Welberg[1]
Daniel Laumann[1]
Susanne Heinicke[1]

[1]Westfälische Wilhelms-Universität Münster

Wen interessiert denn das? - Studien zu Interessen im Physikunterricht

Einleitung

„Ich finde, dass die Interessen der Schüler nicht vom Geschlecht abhängig sind“, so ein Zitat einer Schülerin einer neunten Klasse (Schneider, 2021). Doch bekannte Studien aus den 1990er Jahren stellten immer wieder Korrelationen zum Geschlecht fest, wie zum Beispiel Mädchen seien mehr an Kontexten interessiert, die die Natur, Umwelt und den eigenen Körper beträfen; Jungen hingegen mehr an technischen Kontexten oder an allen Kontexten gleichermaßen (Häußler, Hoffmann, Langeheine, Rost & Sievers, 1996). Diese Befunde werden nun, etwa 25 Jahre später von uns nochmal auf den Prüfstand gestellt und genauer analysiert, welche Merkmale hinter unterschiedlichen Interessensbekundungen stecken. In der hier vorgestellten Ergebung wird das Konstrukt „Braintype“ (Baron-Cohen, 2004) zu einer besseren Beschreibung genutzt. Dabei soll die Bestimmung eines Braintypes die Motivation von Lernenden zum Lernen von Naturwissenschaften besser erklären (Zeyer & Wolf, 2010). Eine Betrachtung von Zusammenhängen zwischen Braintype und Interesse an physikalischen Kontexten wurde bisher noch nicht vorgenommen und soll deshalb auch in weiteren Untersuchungen näher untersucht werden.

Interesse im Physikunterricht

Nach der allgemeinen Definition von Prenzel, Krapp & Schiefele (1986) versteht man das Interesse als eine Relation von Person und Gegenstand (Person-Gegenstands-Theorie). Dabei werden im Bereich der Schule Inhalte und Wissensgebiete, aber auch Tätigkeiten als Interessensgegenstände verstanden (Krapp, 1992). Hinsichtlich des Interessensgegenstandes lassen sich im Physikunterricht die Inhalts- und Wissensgebiete in fünf Domänen unterteilen: (1) „physics as a scientific enterprise“, (2) „technical objects and technical vocations“ (3) „handling or building technical objects”, (4) „physics as a vehicle to understand how physics serves humankind and to explain natural phenomena” und (5) „physics in the context of its impact on society“ (Häußler, Hoffman, Langeheine, Rost & Sievers, 1998). In früheren Studien wurden hieraus Interessenstypen gebildet, in denen Mädchen und Jungen unterschiedlich stark vertreten waren. Es scheint den früheren Erhebungen zufolge signifikante Unterschiede in den Interessen von Jungen und Mädchen zu geben. Dabei scheint eine Unterteilung nach Mädchen und Jungen geläufig, ist aber auch pauschalisierend und nicht immer zielführend. So zeigten Studien bei jungen Erwachsenen, dass der Braintype die Aufnahme eine naturwissenschaftlichen Studiums zuverlässiger vorhersagte als das Geschlecht (Billington, Baron-Cohen & Wheelwright, 2007). In weiteren Arbeiten soll daher geprüft werden, ob insbesondere in der Sekundarstufe I eine Untersuchung mithilfe von genderunabhängigen Merkmalen, speziell Konstrukten zum Braintype, genauere Informationen über das Interesse an Physik und physikalischen Kontexten liefern kann.

Braintype

In der „Empathising–Systemising Theory“ (EST) werden Personen nach ihrem Braintype unterschieden (Baron-Cohen, 2004). Der Braintype äußert sich in der unterschiedlich starken Ausprägung von zwei Dimensionen. Einerseits gibt es die Dimension des „Empathisieren“,

welche die Fähigkeit beschreibt, sich in die Situation einer anderen Person hineinzuversetzen, Gefühle nachzuempfinden und deren Verhalten vorherzusagen („E-Wert“). Andererseits existiert die Dimension des „Systematisierens“, die insbesondere die Nutzung von logischen „wenn-dann“-Aussagen beschreibt („S-Wert“). Hierbei fokussiert sich das Gehirn besonders auf ein Detail eines Systems und beobachtet, wie sich dieses ändert und versucht hieraus Vorhersagen zu treffen. Das Verhältnis dieser beiden Fähigkeiten zueinander gibt Auskunft über den Braintype einer Person. Neben der Betrachtung unterschiedlicher Braintypes hat es sich weiter als zielführend erwiesen, wenn die beide Dimensionen getrennt voneinander betrachtet werden (Svedholm-Häkkinen & Lindeman, 2016).
Im schulischen Bereich existieren bereits Arbeiten von Zeyer und Kollegen, welche den Braintype, bzw. insbesondere den S-Wert von Lernenden in der Oberstufe bestimmten (Zeyer et al., 2013) und einen Zusammenhang zwischen einem hohen S-Wert und der Motivation zur Beschäftigung mit physikalischen und chemischen Themen feststellten (Zeyer, 2018).

Forschungsdesign und Stichprobe

Bisherige Arbeiten betrachten den Braintype bzw. den S-Wert ausschließlich von Lernenden ab der Oberstufe. Das Interesse an physikalischen Themen verändert sich aber nach bisherigen Studien speziell in der Unter- und Mittelstufe, weshalb das Interesse an Physik(unterricht) insbesondere in den Jahrgängen vor der Oberstufe untersucht werden soll. Dazu wurde im Rahmen einer Masterarbeit (Schneider, 2021) eine Adaption eines bestehenden deutschen Kurzfragebogens (Samson & Huber, 2010) vorgenommen. Dazu wurden die Items, welche als Zielgruppe Studierende hatten, auf die neue Zielgruppe, Lernende der achten und neunten Klasse des Gymnasiums, angepasst. Die Erhebung wurde an verschiedenen Gymnasien im Münsteraner Umland mit insgesamt 256 Schülerinnen und Schülern (142 Mädchen und 114 Jungen) der achten und neunten Jahrgangsstufe durchgeführt. Das adaptierte Instrument ergab bei Reliabilitätsanalysen folgende Werte für Cronbachs-α (in Klammern der Vergleich zum Ursprungsinstrument) (Samson & Huber, 2010): E-Skala – 13 Items: α = .83 (Vergleichswert: α = .90, 13 Items) und S-Skala – 12 Items: α = .74 (Vergleichswert: α = .82, 13 Items).

Ergebnisse und Diskussion

E- und S-Werte von Lernenden

Aus den beiden Skalen wurden getrennt Mittelwerte (M) und Standardabweichungen (SD) berechnet und miteinander verglichen. Für die Mädchen ergibt sich ein E-Wert von M = 3,19 (SD = 0,38) und ein S-Wert von M = 2,36 (SD = 0,48). Bei den Jungen ließ sich ein E-Wert von M = 2,99 (SD = 0,44) und ein S-Wert von 2,91 (SD = 0,39) feststellen. Im Vergleich der beiden Geschlechter stellt man fest, dass sowohl bei Mädchen als auch bei Jungen das Empathisieren die dominierende Fähigkeit ist. Dieser Unterschied ist hochsignifikant (p = .00, r = .24). Obwohl bei den Jungen der E-Wert dominiert, ist der S-Wert nur leicht schwächer ausgeprägt. Insbesondere im Vergleich mit den Mädchen ist hier ein signifikanter Unterschied zwischen Mädchen und Jungen festzumachen (p = .00, r = .54).

Braintypes von Lernenden

Die Verteilung der Braintypes auf die Lernenden zeigt, dass vor allem bei den Mädchen der Großteil Typ E zugeordnet werden kann (88 %). Geringe Teile der Mädchen lassen sich Typ B (8 %) und Typ S (4 %) zuordnen. Bei den Jungen ist ebenfalls Typ E am häufigsten vertreten (47 %). Typ B lassen sich 18 % der befragten Jungen zuordnen und Typ S lassen sich 35 % der männlichen Lernenden einordnen.

Interesse an Physik und physikalischen Kontexten

Das Interesse an Physik unterscheidet sich bei den Jungen aufgeteilt nach ihren Braintypes kaum (s. Abb. 1). Dagegen weisen bei den Mädchen unterschiedliche Braintypes ein unterschiedliches Interesse an Physik auf. Insbesondere Typ B und Typ S weisen starke Ähnlichkeiten beim angegebenen Interesse zu den Angaben der Jungen auf, weshalb der Braintype eine gute Möglichkeit ist, insbesondere physikinteressierte Mädchen besser zu erfassen.

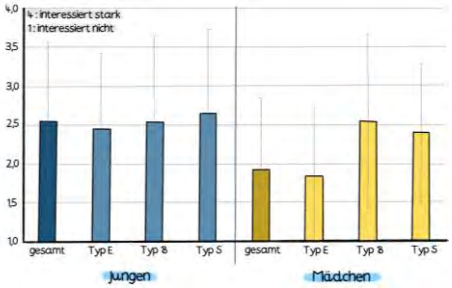


Abb. 1: Interesse am Fach Physik nach Geschlecht und Braintype.

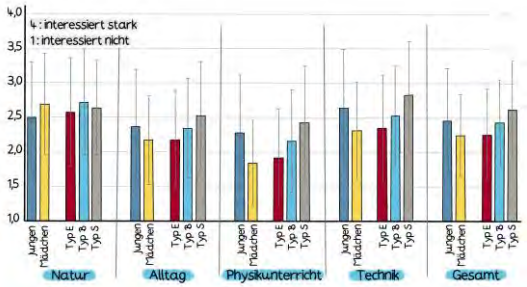


Abb. 2: Interesse an Kontexten im Physikunterricht nach Geschlecht und Braintype.

In Abb. 2 ist das Interesse an Kontexten im Physikunterricht von Lernenden unterteilt nach Geschlecht und Braintype dargestellt. Die Kontextbereiche „Alltag“, „Physikunterricht“ und „Technik“ interessieren die Jungen signifikant stärker als die Mädchen (Alltag: $p = .04$, $r = .14$; Physikunterricht: $p = .00$, $r = .31$; Technik: $p = .00$, $r = .22$). Der Kontextbereich „Natur“ interessiert Mädchen stärker, dieser Unterschied ist jedoch nicht signifikant ($p = .05$, $r = .12$). Bei diesem Kontextbereich (Natur) lässt sich ebenfalls paarweise kein signifikanter Unterschied zwischen verschiedenen Braintypes feststellen. Bei den anderen Bereichen sind die Unterschiede dagegen (hoch) signifikant.

Fazit und Ausblick

Die Bestimmung des Braintypes bietet eine gute Möglichkeit zur differenzierteren Betrachtung des Interesses an Physik und physikalischen Kontexten. Die hier genutzte Adaption eines bereits gekürzten Fragebogens mit der Zielgruppe Studierender scheint sich nicht einfach auf Lernende in der Schule anwenden zu lassen, dies zeigte insbesondere eine durchgeführte Faktoranalyse. Daher wird in einem nächsten Schritt die Gesamtskala aus Baron-Cohen (2004) analog des Vorgehens von Samson & Huber, allerdings ausschließlich von Schülerinnen und Schülern, getestet und über eine erneute Faktoranalyse auf für diese Altersgruppe passende Items reduziert. In weiteren Arbeiten sollen dann der Braintype im Verlauf der Schullaufbahn und seine Zusammenhänge zum Interesse an Kontexten näher untersucht werden.

Literatur

Baron-Cohen, S. (2004). *The essential difference*. London: Penguin.

Billington, J., Baron-Cohen, S. & Wheelwright, S. (2007). Cognitive style predicts entry into physical sciences and humanities: Questionnaire and performance tests of empathy and systemizing. *Learning and Individual Differences*, *17*(3), 260–268. https://doi.org/10.1016/j.lindif.2007.02.004

Häußler, P., Hoffman, L., Langeheine, R., Rost, J. & Sievers, K. (1998). A typology of students' interest in physics and the distribution of gender and age within each type. *International Journal of Science Education*, *20*(2), 223–238. https://doi.org/10.1080/0950069980200207

Häußler, P., Hoffmann, L., Langeheine, R., Rost, J. & Sievers, K. (1996). Qualitative Unterschiede im Interesse an Physik und Konsequenzen für den Unterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *2*(3), 57–69.

Krapp, A. (1992). Das Interessenkonstrukt Bestimmungsmerkmale der Interessenhandlung und des individuellen Interesses aus der Sicht einer Person-Gegenstands-Konzeption. In A. Krapp & M. Prenzel (Hrsg.), *Interesse, Lernen, Leistung. Neuere Ansätze der pädagogisch-psychologischen Interessenforschung.* (S. 297–329). Münster: Aschendorff.

Prenzel, M., Krapp, A. & Schiefele, H. (1986). Grundzüge einer pädagogischen Interessentheorie. https://doi.org/10.25656/01:14383

Samson, A. C. & Huber, O. W. (2010). Short German Versions of Empathizing and Systemizing Self-Assessment Scales. *Swiss Journal of Psychology*, *69*(4), 239–244. https://doi.org/10.1024/1421-0185/a000028

Schneider, A.-K. (2021). *„Mag ich nicht. Interessiert mich nicht. Bin schlecht drinne." – Eine Untersuchung zum Interesse am Physikunterricht unter Beachtung von Geschlecht und Brain Type.* Masterarbeit. Westfälische Wilhelms-Universität, Münster.

Svedholm-Häkkinen, A. M. & Lindeman, M. (2016). Testing the Empathizing-Systemizing theory in the general population: Occupations, vocational interests, grades, hobbies, friendship quality, social intelligence, and sex role identity. *Personality and Individual Differences*, *90*, 365–370. https://doi.org/10.1016/j.paid.2015.11.044

Zeyer, A. (2018). Gender, complexity, and science for all: Systemizing and its impact on motivation to learn science for different science subjects. *Journal of Research in Science Teaching*, *55*(2), 147–171. https://doi.org/10.1002/tea.21413

Zeyer, A., Çetin-Dindar, A., Md Zain, A. N., Juriševič, 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. https://doi.org/10.1002/tea.21101

Zeyer, A. & Wolf, S. (2010). Is There a Relationship between Brain Type, Sex and Motivation to Learn Science? *International Journal of Science Education*, *32*(16), 2217–2233. https://doi.org/10.1080/09500690903585184

Jan-Martin Österlein[1]
Mathias Ropohl[1]
Sebastian Habig[2]
Miriam Morek[1]

[1]Universität Duisburg-Essen
[2]Universität Erlangen-Nürnberg

Förderung protokollbezogener Textproduktionsfertigkeiten im Kontext der Erkenntnisgewinnung

Einleitung

Schreiben ist im naturwissenschaftlichen Unterricht keineswegs nebensächlich, sondern als zentrales Werkzeug zum Erwerb von *scientific literacy* zu verstehen (Wellington & Osborne, 2001). Gemäß der OECD umfasst *scientific literacy* unter anderem Kompetenzen wie das Erklären naturwissenschaftlicher Phänomene, aber auch die Planung von Untersuchungen und das evidenzbasierte Interpretieren von Daten (OECD, 2019).

Theoretischer Hintergrund

In der Literatur werden zwei grundlegende Ansätze unterschieden, welche der Textproduktion konträre Rollen im Lernprozess zuschreiben und Schreibprozesse mit unterschiedlichen Zielsetzungen in den naturwissenschaftlichen Unterricht integrieren. *Writing to learn* nutzt Textproduktion als Werkzeug für ein besseres Verständnis naturwissenschaftlicher Konzepte (Sampson et al., 2013; Schmölzer-Eibinger & Thürmann, 2015). Dazu werden Schreibaufgaben verwendet, die sich erklärend oder reflexiv mit naturwissenschaftlichen Konzepten auseinandersetzen, um ein vertieftes Verständnis auf Seiten der Lernenden zu erreichen. Bei *learning to write* liegt der Fokus auf den Charakteristika naturwissenschaftlicher Fachsprache und spezifischen Textsorten wie z.B. dem Versuchsprotokoll. Im Gegensatz zu *writing to learn* stehen *learning to write*-Ansätze in der Kritik, nicht in den naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess eingebettet zu sein und wenig Einfluss auf den Lernerfolg der Lernenden zu haben (Sampson et al., 2013). Klein und Rose (2010) argumentieren jedoch, dass die Auseinandersetzung mit dem rhetorischen Ziel einer Textsorte förderlich für das Lernen ist. Die Identifizierung des rhetorischen Ziels eines Versuchsprotokolls stellt die Lernenden dabei insofern vor Herausforderungen, dass die Abschnitte des Versuchsprotokolls mit unterschiedlichen kognitiven und damit auch sprachlichen Anforderungen verknüpft sind (Bayrak et al., 2015; Beese & Roll, 2015).

Zielsetzung und Forschungsfragen

Das vorliegende Promotionsprojekt verfolgt das Ziel einen *learning to write*-Ansatz zu entwickeln und zu evaluieren, welcher den erklärend-reflexiven Ansatz von *writing to learn* berücksichtigt. Dazu werden Schreibfördermaßnahmen für Versuchsprotokolle im Chemieunterricht entwickelt, welche die fachsprachlichen und epistemologischen Herausforderungen beim Schreiben eines Versuchsprotokolls adressieren. Folgende Forschungsfragen sollen beantwortet werden:

Inwiefern beeinflusst die Kombination aus epistemologischen und sprachbezogenen Schreibfördermaßnahmen …

1. FF: … die protokollbezogenen Textproduktionsfertigkeiten von Lernenden im Chemieunterricht?
2. FF: … den fachwissensbezogenen Lernzuwachs von Lernenden im Chemieunterricht?

Methode und Design der Hauptstudie

Die Schreibfördermaßnahmen werden in einer experimentellen Interventionsstudie im Prä-Post-Testdesign untersucht. Als Schreibfördermaßnahmen werden unterschiedliche Kombinationen aus epistemologischer Förderung und zwei sprachlichen Fördermaßnahmen entwickelt. Ausgangspunkt für die sprachlichen Fördermaßnahmen bilden zwei Ansätze, die von Leisen (2010) vorgeschlagen worden sind: (1) Schreiben mithilfe von Wortlisten und Satzmustern sowie (2) das Schreiben mithilfe eines Beispieltextes.

Aus der Kombination von epistemologischer Förderung und sprachlichen Fördermaßnahmen resultieren sechs Untersuchungsgruppen in einem 2x3-Gruppendesign (Tabelle 1). Für jede Untersuchungsgruppe werden n = 100 Lernende aus unterschiedlichen Schulformen in Nordrhein-Westfalen rekrutiert. Innerhalb einer Schulklasse werden die Lernenden randomisiert einer der sechs Gruppen zugeteilt.

Tabelle 1: 2x3-Gruppendesign der Hauptstudie

	Wortliste & Satzmuster	**Beispieltext**	**Keine sprachlichen Hilfen**
Epistemologische Hilfen	Gruppe 1	Gruppe 3	Gruppe 5
Keine epistemologischen Hilfen	Gruppe 2	Gruppe 4	Gruppe 6

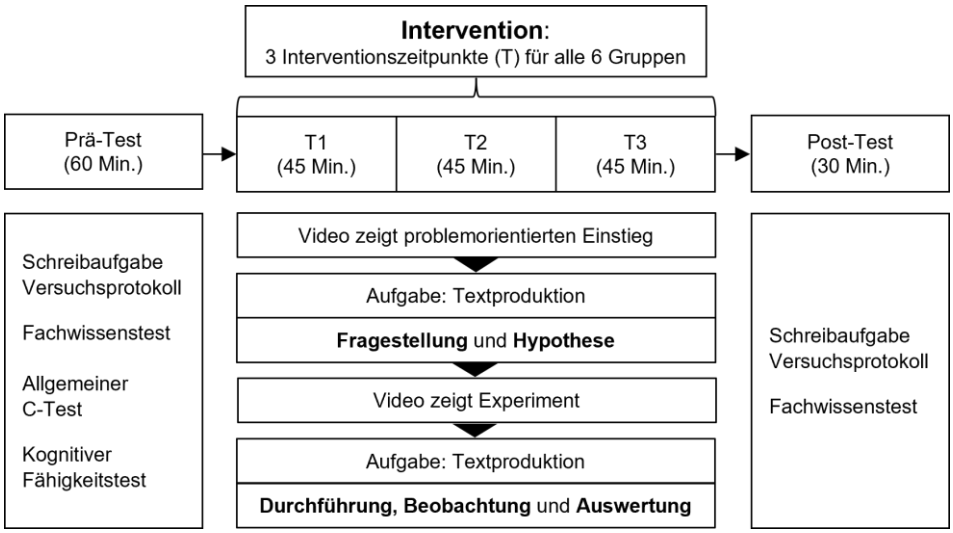


Abb. 1: Studiendesign der Hauptstudie

Als abhängige Variablen werden die protokollbezogene Schreibfertigkeit sowie das Fachwissen zum Thema „Salze und Lösungen“ im Prätest erhoben. Als Kontrollvariablen werden die allgemeine Sprachfähigkeit und die nonverbalen kognitiven Fähigkeiten (Heller & Perleth, 2000) zum Prä- und Postzeitpunkt gemessen. Im Prä- und Posttest sowie zu jedem der drei Interventionszeitpunkte fertigen die Probandinnen und Probanden je ein Versuchsprotokoll zu einem Experiment aus dem Themenfeld „Salze und Lösungen“ an. Dabei kommen zu den Interventionszeitpunkten die zugewiesenen Schreibfördermaßnahmen zum Einsatz. Das Studiendesign ist in Abbildung 1 zusammenfassend dargestellt.

Entwicklung eines Kodiermanuals und Ergebnisse der Pilotierung

Zur Bewertung der Textprodukte der Lernenden sind die Charakteristika von Versuchsprotokollen aus der Literatur abgeleitet und in ein Kodiermanual überführt worden. Der erste Teil des Kodiermanuals beinhaltet Kategorien wie Vollständigkeit oder rein fachliche Kategorien wie die Überprüfbarkeit der Hypothese. Der zweite Teil umfasst die epistemologischen Zielsetzungen der einzelnen Abschnitte des Versuchsprotokolle sowie deren fachsprachliche Umsetzung. Jede Kategorie des zweiten Teils des Kodiermanuals wird mit „0“, „1“ oder „2“ („2“ = vollständig erfüllt) bewertet. Tabelle 2 zeigt ausgewählte Kategorien aus dem zweiten Teil des Kodiermanuals.

Tabelle 2: Auszug aus dem Kodiermanual;
(D) = Durchführung, (B) = Beobachtung, (A) = Auswertung

Epistemologische Zielsetzung	**Fachsprachliche Anforderungen**		
Akkurate Beschreibung der experimentellen Handlung (D)	Nutzung experimenteller Verben		
	(2) „hinzugeben”	(1) „reinschütten”	(0) „reintun”
Beschreibung beobachtbarer Prozesse (B)	Beschreibung des konditionalen Zusammenhangs zwischen Handlung und Beobachtung		
	(2) „**Wenn** X, **dann** Y”	(1) „Y ist …”	(0) keine Beobachtung
Schlussfolgerung aus der Beobachtung (A)	Nutzung korrekter Konjunktionen, die einen schlussfolgernden Charakter ausdrücken		
	(2) „also”, „folglich”	(1) „weil”	(0) „und”
Kausale Interpretation der Schlussfolgerung (A)	Nutzung korrekter Konjunktionen, die eine kausale Beziehung zwischen der unabhängigen Variablen (X) und der abhängigen Variablen (Y) beschreiben		

Das Kodiermanual, der Fachwissenstest und der C-Test sind im Rahmen einer Pilotstudie mit $N = 72$ Lernenden eines zehnten Jahrgangs einer Gesamtschule evaluiert worden. Die Interraterreliabilität für das Kodiermanual wurde auf der Grundlage von $n = 34$ Protokollen bestimmt; für Cohen‘s κ konnten für die unterschiedlichen Protokollabschnitte Werte zwischen $\kappa = .55$ und .92 und für das gesamte Kodiermanual ein Wert von $\kappa = .81$ ermittelt werden. Die Ergebnisse des Fachwissenstests und des C-Tests finden sich zusammengefasst in Tabelle 3.

Tabelle 3: Reliabilitätswerte und deskriptive Statistik der Testinstrumente

	Cronbach’s α	**Mittelwert**	**Standardabweichung**
Fachwissenstest	.55	9.05 (/30)	3.56
C-Test	.95	87.36 (/120)	23.97

Aufgrund der geringen Reliabilitätswerte werden die Items des Fachwissenstest in einem nächsten Schritt auf auffällige Antwortmuster und potenziell irreführende Formulierungen untersucht. Um die Interraterreliabilität des Kodiermanuals zu verbessern, wird für die entsprechenden Kategorien ein differenzierter Kodierleitfaden entwickelt, welcher die Kodierung anhand von Ankerbeispielen unterstützt. Auf der Grundlage des Kodiermanuals werden im Anschluss die Fördermaßnahmen für die Hauptstudie entwickelt.

Literaturverzeichnis

Bayrak, Cana; Hoffmann, Ludger; Ralle, Bernd (2015): Sprachliches und fachliches Lernen im Experimentalunterricht. In: *Der Mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht* 68 (3), S. 177–182.

Beese, Melanie; Roll, Heike (2015): Textsorten im Fach - zur Förderung von Literalität im Sachfach in Schule und Lehrerbildung. In: Claudia Benholz, Magnus Frank und Erkan Gürsoy (Hg.): Sprachbildung in allen Fächern. Konzepte für Lehrerbildung und Unterricht. Stuttgart: Fillibach bei Klett, S. 51–72.

Heller, K. A.; Perleth, C. (2000): Kognitiver Fähigkeitstest für 4.-12. Klassen. Revision (KFT 4-12 + R). Göttingen: Hogrefe.

Klein, Perry D.; Rose, Mary A. (2010): Teaching Argument and Explanation to Prepare Junior Students for Writing to Learn. In: *Reading Research Quarterly* 45 (4), S. 433–461.

Leisen, Josef (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. Bonn: Varus-Verlag.

OECD (2019): PISA 2018 Assessment and Analytical Framework.

Sampson, Victor; Enderle, Patrick; Grooms, Jonathon; Witte, Shelbie (2013): Writing to Learn by Learning to Write During the School Science Laboratory: Helping Middle and High School Students Develop Argumentative Writing Skills as They Learn Core Ideas. In: *Sci. Ed.* 97 (5), S. 643–670.

Schmölzer-Eibinger, Sabine; Thürmann, Eike (Hg.) (2015): Schreiben als Medium des Lernens. Kompetenzentwicklung durch Schreiben im Fachunterricht. Münster: Waxmann Verlag (Fachdidaktische Forschung, 8).

Wellington, Jerry; Osborne, Jonathan (2001): Language and literacy in science education. Repr. Buckingham: Open Univ. Press.

Rita Elisabeth Krebs[1]
Anja Lembens[1]

[1]Universität Wien

„Säuren & Basen“ in der SEK II – von Key Ideas zur Lerngelegenheit

Eine zentrale Lernhürde in der Chemie ist das Verstehen von und Arbeiten mit den drei Ebenen des chemischen Dreiecks (Johnstone, 1991). Insbesondere bei Themen wie ‚Säuren und Basen‘ fällt es den Lernenden schwer, die Ebenen zu verbinden und so die Thematik in ihrer fachlichen und sprachlichen Komplexität zu erfassen. Säure-Base-Reaktionen sind jedoch sowohl fachinhaltlich als auch curricular ein wesentlicher Bestandteil der Chemie und ihrer Didaktik (Häusler, 1987; Rychtman, 1979). Die Bedeutung des Themas erschließt sich einerseits dadurch, dass Säure-Base-Reaktionen einen der zentralen, auch historisch sehr bedeutsamen, Reaktionstypen darstellen. Andererseits neigen die Lernenden bereits im Alltag dazu, zu ‚Säuren‘ und ‚Basen‘ viele Präkonzepte und alternative Vorstellungen zu entwickeln, wodurch dieses Thema im schulischen Kontext als sehr komplex angesehen wird (z. B. Hoe & Subramaniam, 2016; Jiménez-Liso et al., 2018; Lembens et al., 2019; Oversby, 2000). Gleichzeitig wurden sowohl bei Lehrenden als auch bei zukünftigen Lehrpersonen konzeptuelle Unsicherheiten und Unklarheiten bei dem Thema festgestellt (Alvarado et al., 2015; Barke & Büchter, 2018; Lembens & Becker, 2017). Dementsprechend bedarf es an Untersuchungen, wie das Thema lernwirksam, sprachlich und fachlich angemessen und anschlussfähig unterrichtet werden kann.

Herausforderungen beim Unterrichten von Säure-Base-Reaktionen

Zusätzlich zur Herausforderung, dass bei Säure-Base-Reaktionen viele unangemessene und veränderungsresistente Vorstellungen bekannt sind, scheint dieser Reaktionstyp vor allem dann anschlussfähig zu anderen Reaktionstypen wie z. B. Redoxreaktionen zu sein, wenn man Säure-Base-Reaktionen nicht nur als einfache Protonenübertragungsreaktionen thematisiert, sondern insbesondere die beteiligten Elektronenpaare in den Blick nimmt (Lembens et al., 2019). Dementsprechend liegt ein Fokus in diesem Projekt neben dem Donator-Akzeptor-Konzept (und insbesondere der Rolle von Donator und Akzeptor) auf den Elektronenverschiebungen sowie einer anschlussfähigeren Definition von Säuren und Basen als Teilchen im Zuge der Reaktion. Auf Basis von grundlegenden, altersadäquaten Konzepten (Key Ideas) wurde ein auf Basis des Brønsted-Lowry-Konzepts (Brønsted, 1923) für Säure-Base-Reaktionen mit Fokus auf das Donator-Akzeptor-Konzept entwickelt und seine Wirkung auf Lernende untersucht.

Designentscheidungen und Key Ideas

Auf Basis der Literatur und früherer Untersuchungen wurden Designentscheidungen getroffen, die zu folgenden Key Ideas führten:

- Key Idea 1: Säure-Base-Reaktionen nach Brønsted sind Protolysereaktionen (Brønsted, 1923). Der heterolytische Bindungsbruch zwischen dem Wasserstoffatom der Säure HA und dem entstehenden A^- sowie die Ausbildung einer neuen Bindung zwischen der Base B^- und dem Wasserstoffion werden mittels Electron Pushing Formalism (Sieve & Bittorf, 2016) hervorgehoben.

- Key Idea 2: Säuren und Basen werden im Zuge der Säure-Base-Reaktion als Teilchen definiert, um darauf zu fokussieren, dass es keine intrinsische Eigenschaft eines Teilchens ist, als Säure oder Base zu wirken; vielmehr wirken Teilchen in der Reaktion miteinander als Säuren oder Basen (Krebs & Lembens, 2021). Teilchen wie HA, die ein positiv polarisiertes Wasserstoffatom aufweisen, können als Brønsted-Säure reagieren. Teilchen, die zumindest ein freies Elektronenpaar aufweisen, um damit das positiv polarisierte H-Atom zu binden, können als Brønsted-Base reagieren.
- Key Idea 3: Insbesondere Säure-Base-Reaktionen in wässrigen Lösungen sind oft reversibel (Jiménez-Liso et al., 2020). Dieser Aspekt wird hervorgehoben, um in weiterer Folge auf die Säure- und Basenstärke einzugehen.
- Key Idea 4: Für die Betrachtung der Säure- und Basenstärke werden Becherglasmodelle sowie die pKa/pKb-Tabelle herangezogen (Barke, 2015).

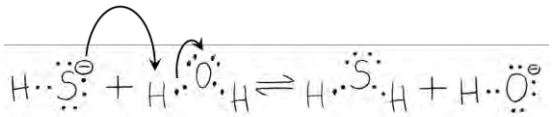


Abb. 1: Beispiel für eine Säure-Base-Reaktion mit Electron Pushing Formalism.

Erprobung mittels Akzeptanzbefragungen

Das Erklärungsangebot wurde in zwei Interviewrunden (N_1=7, N_2=4) mit Schüler*innen der österreichischen Sekundarstufe II (Schulstufen 10, 11 und 12) erprobt. Die Interviews fanden in Form von Videokonferenzen digital statt. Um die Anonymität der teilnehmenden Schüler*innen zu wahren, wurden nur Audioaufnahmen der Interviews sowie Bildschirmaufnahmen der Notizen der Lernenden angefertigt; die Transkripte wurden anschließend mit von den Lernenden selbst gewählten Namen pseudonymisiert. Die Erprobung der Erklärungen erfolgte in Form von Akzeptanzbefragungen (Jung, 1992): Hierbei werden Erklärungen aus dem entwickelten Angebot präsentiert, von den Lernenden mit Blick auf ihre Nachvollziehbarkeit und Verständlichkeit bewertet, paraphrasiert und dann von ihnen auf eine oder zwei Aufgaben mit zunehmender Komplexität angewendet. In der ersten Interviewrunde wurden die Schüler*innen zur ersten und zweiten Key Idea befragt, in der zweiten Runde wurde das Erklärungsangebot um die Key Ideas zur Reversibilität (Idee 3) und Säure-/Basenstärke (Idee 4) erweitert. Die Interviewtranskripte wurden anschließend mittels skalierender Strukturierung (Mayring, 2010) ausgewertet.

Erste Ergebnisse

Für eine Schülerin (*Lia*) war die Erklärung zu Säure-Base-Reaktionen mittels Electron Pushing Formalism (Key Idea 1) nicht nachvollziehbar, ansonsten wurde das entwickelte Erklärungsangebot von den teilnehmenden Schüler*innen (N_1=7, N_2=4) gut bis mäßig gut akzeptiert. Außer *Monkey* und *Severus* konnten alle die beiden Aufgaben zur Darstellung von Säure-Base-Reaktionen mittels Electron Pushing Formalism mäßig erfolgreich oder sogar erfolgreich lösen (siehe Abb. 2).

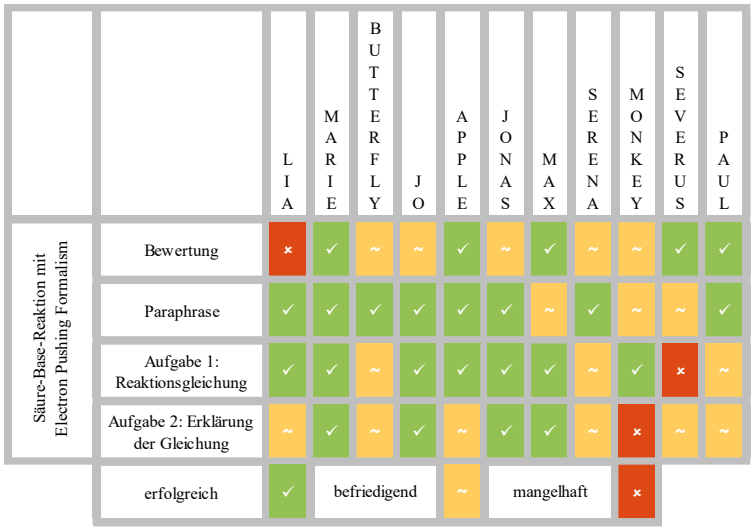


Abb. 2: Ergebnisse der Akzeptanzbefragungen

Auch das Erklärungsangebot zur Definition von Säuren und Basen als Teilchen (Key Idea 2) wurde von vier Lernenden gut und von den restlichen sieben mäßig gut akzeptiert. Problematisch für zwei Lernende (*Serena*, *Severus*) war jedoch die Paraphrase unter Einbezug von Partialladungen. Auch die Unterscheidung zwischen positiver Polarisierung und positiver Ladung fiel einigen Lernenden schwer. Die Erklärung zur Reversibilität von Säure-Base-Reaktionen wurde in der zweiten Interviewrunde gut (*Monkey*, *Severus*) bis mäßig gut (*Serena*, *Paul*) angenommen und von allen vier Lernenden mäßig erfolgreich auf eine Aufgabe angewendet. Hier besteht folglich noch Überarbeitungsbedarf bei der Formulierung des Erklärungsangebots und der weiterführenden Aufgaben. Die pK_a-Tabelle wurde von den vier Teilnehmer*innen der Runde 2 gut bis mäßig gut akzeptiert. Im Vergleich dazu wurde die Erklärung zur Säurestärke/Basenstärke mittels Becherglasmodell von *Monkey* als nicht nachvollziehbar erachtet wurde und sowohl *Pauls* Paraphrase als auch seine Bearbeitung der beiden Aufgaben als mangelhaft kategorisiert wurde. Insgesamt legen die Daten der ersten Interviewrunde nahe, dass es sich lohnt, den gewählten Ansatz weiter zu verfolgen, während die Daten der zweiten Interviewrunde großen Überarbeitungsbedarf bei der Formulierung von Erklärungen zur Säure- und Basenstärke nahelegen.

Ausblick

Um die Key Ideas und Erklärungen entsprechend zu überarbeiten, sind genauere qualitative Inhaltsanalysen (Mayring, 2010) der Transkripte und der Schüler*innenartefakte (Notizen bei der Bearbeitung der Aufgabenstellungen) geplant. Die überarbeiteten Erklärungsangebote werden für die Entwicklung von Material verwendet, welches in einer dritten Runde von Akzeptanzbefragungen (Jung, 1992) erprobt werden soll. Auf dieser Grundlage wird anschließend aus dem Erklärungsangebot und dem Lehr-Lern-Material eine größere Lernumgebung entwickelt, welche in weiterer Folge im Chemieunterricht mehrerer Schulklassen eingesetzt und evaluiert werden soll.

Literatur

Alvarado, C., Cañada, F., Garritz, A. & Mellado, V. (2015). Canonical pedagogical content knowledge by CoRes for teaching acid–base chemistry at high school. Chem. Educ. Res. Pract., 16(3), 603–618. https://doi.org/10.1039/C4RP00125G

Barke, H.-D. (2015). Brönsted-Säuren und Brönsted-Basen. Chemie & Schule, 30(1), 10–15.

Barke, H.-D. & Büchter, J. (2018). Laboratory jargon of lecturers and misconceptions of students. African Journal of Chemistry Education, 8(1), 28–38.

Brønsted, J. N. (1923). Einige Bemerkungen über den Begriff der Säuren und Basen. Recueil des Travaux Chimiques des Pays-Bas, 42(8), 718–728.

Häusler, K. (1987). Die historische Entwicklung der Säure-Base-Konzepte. Naturwissenschaften im Unterricht / Chemie, 35(27), 2–6.

Hoe, K. Y. & Subramaniam, R. (2016). On the prevalence of alternative conceptions on acid–base chemistry among secondary students: insights from cognitive and confidence measures. Chemistry Education Research and Practice, 17(2), 263–282. https://doi.org/10.1039/C5RP00146C

Jiménez-Liso, M. R., López-Banet, L. & Dillon, J. (2020). Changing How We Teach Acid-Base Chemistry: A Proposal Grounded in Studies of the History and Nature of Science Education. Science & Education, 1–25. https://doi.org/10.1007/s11191-020-00142-6

Johnstone, A. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seen. Journal of Computer Assisted Learning, 2(7), 75-83. https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.1991.tb00230.x

Jung, W. (1992). Probing acceptance: A technique for investigating. In R. Duit (Hrsg.), IPN: Bd. 131. Research in physics learning: Theoretical issues and empirical studies (S. 278–295). IPN.

Krebs, R. E. & Lembens, A. (2021). Developing Key Ideas to Teach ‘Acids’ & ‘Bases’ in Upper Secondary Schools. In M. Rusek, M. Tóthová & K. Vojíř (Hrsg.), PROJECT-BASED EDUCATION AND OTHER ACTIVATING STRATEGIES IN SCIENCE EDUCATION XVIII, Prague.

Lembens, A. & Becker, R. (2017). Säuren und Basen: Stolpersteine für SchülerInnen, Studierende und Lehrende. Chemie & Schule, 32(1), 12–15.

Lembens, A., Hammerschmid, S., Jaklin-Farcher, S., Nosko, C. & Reiter, K. (2019). Textbooks as source for conceptional confusion in teaching and learning ‘acids and bases’ in lower secondary school. Chemistry Teacher International, 1(2), 19. https://doi.org/10.1515/cti-2018-0029

Mayring, P. (2010). Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken (11. Aufl.). Beltz Pädagogik. Beltz.

Oversby, J. (2000). Models in Explanations of Chemistry: The Case of Acidity. In J. K. Gilbert & C. J. Boulter (Hrsg.), Developing Models in Science Education (S. 227–251). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-010-0876-1_12

Rychtman, A. C. (1979). A new view of current acid-base theory: Experimental verification and reconciliation of Bronsted-Lowry, Lewis, and Usanovich theories [Dissertation]. City University of New York, Ann Arbor.

Sieve, B. F. & Bittorf, R. M. (2016). Protonenübergang oder Elektronenpaarübertragung? Säure-Base-Reaktionen sachgerecht darstellen. Naturwissenschaften im Unterricht / Chemie, 155, 47–48.

Anna Weißbach[1]
Christoph Kulgemeyer[1]

[1]Universität Paderborn

Reflexion von Physikunterricht - ein Online-Assessment mit Feedback

Die Reflexion von Unterricht gilt als eine der Kernaufgaben von Lehrkräften (Abels, 2011) und dient der Verbesserung der Unterrichtsqualität sowie der Entwicklung der Professionalisierung als Lehrkraft (von Aufschnaiter, Hofmann, Geisler & Kirschner 2019). Untersuchungen zeigen allerdings, dass Studierende Unterricht oft nicht systematisch (Rothland & Becker, 2015) und nur auf einem deskriptiven Niveau reflektieren (Hatton & Smith, 1995). Im Rahmen des Projekts *ProfiLeP+* wurde ein Performanztest zur Untersuchung der Reflexionsfähigkeit im Praxissemester entwickelt (Kempin, Kulgemeyer & Schecker, 2018). Dabei wurde deutlich, dass das Praxissemester als Lerngelegenheit nicht per se zu einer Verbesserung der Reflexionsfähigkeit führt, sondern nur unter günstiger Nutzung von Lerngelegenheiten (insb. Reflexionsgesprächen mit universitären Mentor:innen) (Kulgemeyer, Kempin & Weißbach, 2021). Im Rahmen des Projekts *ProfiLeP-Transfer* wird daher der Ansatz einer systematischen Förderung der Reflexionsfähigkeit durch die Kopplung von Diagnose-Instrument mit Assessment-Feedback und Fördermaterial verfolgt. Auf Grundlage des bereits entwickelten Performanztests wird dazu ein geschlossenes Online-Diagnose-Instrument entwickelt und mit halb-automatisiertem Feedback versehen. Ziel ist, (1) Validitätsargumente für das geschlossene Testinstrument zu sammeln sowie (2) die Entwicklung eines validen Rückmeldeformats inklusive eines Fördermaterials, um die realistische Selbsteinschätzung der Reflexionsfähigkeit durch die Studierenden zu ermöglichen und einen Anstoß zur Weiterentwicklung dieser zu bieten. Zusätzlich (3) wird ein Transfer der entwickelten Materialien in die Lehrpraxis angestrebt.

Unterrichtsreflexion und Reflexionsmodell

Der Begriff der (Unterrichts-)Reflexion wird in der Literatur nicht einheitlich verwendet. Konsensfähig erscheint das Verständnis von Reflexion als „spezielle Form des Denkens“ (Wyss, 2013, S. 38). Unterschiede lassen sich bspw. im zeitlichen Bezug zwischen Reflexion und Handlung (Reflection-*in*-action vs. Reflection-*on*-action; Schön, 1983) sowie in Bezug auf den Inhalt oder die beteiligten Personen (Selbst- vs. Fremdreflexion und ggf. zusätzlich anwesende Personen) feststellen (Szogs, Kobl, Volmer & Korneck, 2019).

Abb. 1: Modell zur Reflexion von Physikunterricht

Im hier vorgestellten Projekt wird Reflexion verstanden als die „theoriegeleitete Analyse von Unterricht mit dem Ziel, die Unterrichtsqualität zu verbessern und/oder die Professionalität von Lehrkräften zu entwickeln“ (Kempin, Kulgemeyer & Schecker, 2020). Der Entwicklung des nachfolgend vorgestellten Testinstruments liegt das Modell zur Bewertung der Güte von Reflexionen von Nowak, Kempin, Kulgemeyer & Borowski (2019) zugrunde (Abb. 1). In seinen drei Dimensionen berücksichtigt das Modell (1) den Typ einer Aussage (das „Element der Reflexion“: Handelt es sich um eine Beschreibung des Unterrichts, eine Bewertung des Handelns, alternative Handlungsoptionen oder Konsequenzen für den Folgeunterricht oder die Professionalisierung der Lehrperson?), (2) die zugrundeliegende Wissensbasis (bezieht sich eine Aussage auf fachwissenschaftliche, fachdidaktische oder pädagogische Aspekte?) und (3) die Frage danach, ob eine Aussage begründet vorliegt oder nicht.

Testinstrument und Rückmeldeformat

Zur Erfassung der Reflexionsfähigkeit von Studierenden wurde auf Grundlage des bestehenden Performanztests (Kempin, Kulgemeyer & Schecker, 2018) ein geschlossenes Testinstrument entwickelt: Im Sinne einer Fremdreflexion geben Studierende einem fiktiven Mitpraktikanten Feedback zu Ausschnitten aus seiner Physik-Doppelstunde. In sieben Unterrichtsausschnitten sind unterschiedliche – primär fachdidaktische und fachliche, aber auch pädagogische – Probleme beobachtbar, die in die Reflexion bzw. das Feedback einbezogen werden sollten. Abschließend wird eine globale Betrachtung der Doppelstunde gefordert. In der Umsetzung im Performanztest lag die tatsächliche Reflexionshandlung der Studierenden in einer standardisierten Testsituation im Vordergrund: Studierende geben verbales Feedback, das audiographiert und anschließend ausgewertet wird. Aus testökonomischen Gründen werden anstelle des offenen Antwortformats Multiple-Choice-Items entwickelt. Diese Items basieren überwiegend auf den realen, offenen Reflexionen von Studierenden zu den Unterrichtsausschnitten. Im Verlauf der Testbearbeitung werden die Studierenden insgesamt zu 16 Aspekten aufgefordert, (1) eine Bewertung des Aspekts vorzunehmen und anschließend (2) alternative Handlungsoptionen vorzuschlagen. Auf eine explizite im Rahmen des Reflexionsmodells geforderte Beschreibung der Unterrichtsausschnitte wird verzichtet, da die Antwortoptionen beschreibende Elemente beinhalten, um einen eindeutigen Bezug zu Inhalten des Unterrichtsausschnitts herzustellen. Auch werden Konsequenzen nicht explizit eingefordert. Konsequenzen, die von Studierenden in offenen Reflexionen formuliert und in das Testinstrument aufgenommen wurden, sind in den Items zu alternativen Handlungsoptionen inkludiert.

Im Anschluss an die Bearbeitung des Testinstruments erhalten Studierende und Dozierende eine Rückmeldung mit einer Verortung der individuellen Testergebnisse bzw. der Testergebnisse des Kurses (Gesamtergebnis sowie Teilfähigkeiten) in einer Referenzgruppe bestehend aus anderen Physik-Lehramtsstudierenden mittels Boxplots. Die Rückmeldung für Studierende beinhaltet überdies einen Verweis auf ein Fördermaterial, in welchem neben einem inhaltlichen Input zum Reflektieren Musterreflexionen mit Literaturempfehlungen zu drei weiteren Unterrichtsausschnitten zur selben Doppelstunde wie im Test enthalten sind.

Validitätskonzept und Untersuchungsdesign

Ziel der Evaluation von Testinstrument und Rückmeldeformat ist die Validierung der Interpretation der Testwerte einerseits als ein Maß für die Reflexionsfähigkeit der

Studierenden und andererseits als Ausgangspunkt für den weiteren Professionalisierungsprozess. Gemäß des Argument-based-Approach nach Kane (1992, 2013) wird die Entwicklung einer empirisch abgesicherten Argumentation für die Validität angestrebt. In Anlehnung an Dickmann (2016) werden dabei die vollzogenen „Übersetzungsschritte“ ausgehend vom Konstrukt „Reflexionsfähigkeit“ über die Entwicklung des Testinstruments und die Performanz der Studierenden während der Bearbeitung bis hin zu den Folgen der Testdurchführung anhand von konkreten Anforderungen an die Produkte dieser Schritte evaluiert. Einen zusammenfassenden Überblick über die zentralen Anforderungen an die „Zwischenprodukte“ sowie die damit verbundenen verschiedenen Untersuchungsmethoden gibt Abbildung 2. Der Aspekt „Rückmeldung“ vereint in dieser Darstellung zwei Schritte: Erstens die Erstellung der Rückmeldung für die Studierenden inklusive der Einbindung und Darstellung der bloßen Testwerte. Und zweitens die Interpretation der Rückmeldung durch die Studierenden inklusive der von ihnen gezogenen Schlussfolgerungen.

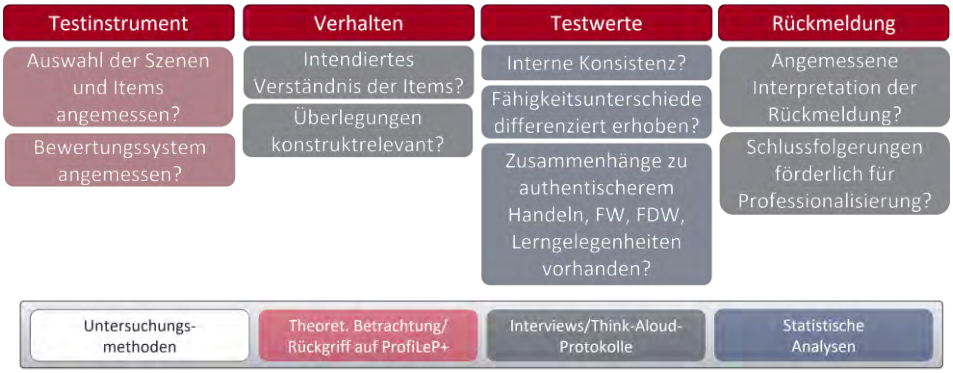


Abb. 2: Validitätskonzept - Überblick über zu prüfende Anforderungen

Aktueller Stand und Ausblick

Die Entwicklung des Testinstruments und der Rückmeldeformate ist weitgehend abgeschlossen (Link zum Test: go.upb.de/Reflexionstest). Eine vorläufige Testversion wurde im Sommersemester 2021 in kleinem Umfang an unterschiedlichen Universitäten eingesetzt. So konnte die ursprüngliche Version der Studierendenrückmeldung in Interviews mit $N = 6$ Studierenden ein erstes Mal evaluiert werden. Es wurde deutlich, dass die Studierenden der Rückmeldung unterschiedliches Gewicht beimessen (I6 spricht von einer „Momentaufnahme“, für I1 ergibt sich aus der erhaltenen Rückmeldung die Schlussfolgerung, dass sie „richtig in dem Job“ ist). Zur Interpretation der Ergebnisse stellen alle sechs Studierenden Bezüge zwischen dem individuellen Ergebnis und den Ergebnissen der Vergleichsgruppe (dargestellt durch einen Boxplot) und bzw. oder dem maximal möglichen Testergebnis dar. Vier der Studierenden formulieren (allerdings unterschiedlich konkretes) Verbesserungspotential als Schlussfolgerung aus der Rückmeldung. Unklar bleibt, wie dieses Potential umgesetzt werden kann. Auf Grundlage dieser Interviews wurde die Rückmeldung überarbeitet und um einen Verweis auf das oben erwähnte Fördermaterial ergänzt.

In den kommenden Semestern sollen weitere Validierungsstudien durchgeführt werden. Der Fokus liegt hier zunächst auf der kognitiven Validierung des Testinstruments durch die Erhebung von Lautes-Denken-Protokollen sowie auf dem Vergleich des hier vorgestellten Testinstruments mit der ursprünglichen Version, dem Performanztest.

Literatur

Abels, S. (2011). *Reflexionskompetenz für einen demokratieförderlichen Naturwissenschaftsunterricht.* Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Dickmann, M. (2016). *Messung Von Experimentierfähigkeiten. Validierungsstudien Zur Qualität eines Computerbasierten Testverfahrens*. 10.5281/zenodo.168540.

Hatton, N. & Smith,D . (1995). Reflection in teacher education: Towards definition and implementation. *Teaching and Teacher Education*, 11(1), 33-49. doi.org/10.1016/0742051X(94)00012 U

Kane, M. T. (2013). Validating the Interpretations and Uses of Test Scores. *Journal of Educational Measurement*, 50(1) 1), 1-73. https:// doi.org/10.1111/jedm.12000

Kane , M. T. (1992). An argument based approach to validity. *Psychological Bulletin*, 112 (3), 527-535. https://doi.org/10.1037/0033 2909.112.3.527

Kempin, M., Kulgemeyer, C. & Schecker, H. (2018). Reflexion von Physikunterricht: Ein Performanztest. In Maurer, C. (Hrsg.), *Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht – normative und empirische Dimensionen*. Regensburg: Universität Regensburg, 867-870.

Kempin, M., Kulgemeyer, C. & Schecker, H. (2020). Wirkung von Professionswissen und Praxisphasen auf die Reflexionsfähigkeit von Physiklehramtsstudierenden. In: Habig, S. (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Kompetenz in der Gesellschaft von morgen. Essen: Duisburg-Essen, 439-442.

Kulgemeyer, C., Kempin, M. & Weißbach, A. (2021). Entwicklung von Professionswissen und Reflexionsfähigkeit im Praxissemester. In: Habig, S. (Hrsg.). *Naturwissenschaftlicher Unterricht und Lehrerbildung im Umbruch?* Essen: Duisburg-Essen, 262-265.

Nowak, A., Kempin, M., Kulgemeyer, C . & Borowski, A. (2019). Reflexion von Physikunterricht. In: Maurer, C. (Hrsg.). *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe*. Regensburg: Universität Regensburg, 838-841.

Rothland, M. & Boecker, S. (2015). Viel hilft viel? Forschungsbefunde und perspektiven zum Praxissemester in der Lehrerbildung. *Lehrerbildung auf dem Prüfstand*, 112-134.

Szogs, M., Kobl, C., Volmer, M. & Korneck, F. (2019). Bedeutsamkeit von Reflexion und Reflexivität in der Professionalisierung von Lehrkräften sowie ihre Beziehung zu anderen Prozessen und Konstrukten. In: Maurer, C. (Hrsg.). *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe*. Regensburg: Universität Regensburg, 317-320.

von Aufschnaiter, C., Hofmann, C., Geisler, M. & Kirschner, S. (2019). Möglichkeiten und Herausforderungen der Förderung von Reflexivität in der Lehrerbildung. *BAK-Vierteljahresschrift*, 25, 49-60.

Wyss, C. (2013). *Unterricht und Reflexion. Eine Mehrperspektivesche Untersuchung der Unterrichts- und Reflexionskompetenz von Lehrkräften.* Münster u.a.: Waxmann.

Tanja Mutschler[1]
David Buschhüter[1]
Christoph Kulgemeyer[2]
Andreas Borowski[1]

[1]Universität Potsdam
[2]Universität Paderborn

Beispiel-Regel vs. Regel-Beispiel
Wie wird Physik besser gelernt?

Motivation und Theorie

Die Bedeutsamkeit von Beispielen für das Lernen neuer (physikalischer) Konzepte ist lerntheoretisch Konsens (Fischer et al. 2003). Richtig eingesetzt, sind Beispiele in der Lage, die Abstraktheit bzw. Komplexität physikalischer Inhalte zu verringern, indem sie Anknüpfungspunkte an die Erfahrungen und somit an das bestehende Wissensnetz der Lernenden bieten (Kalyuga et al. 2010, Kircher et al. 2015, Schecker et al. 2018). Gleichzeitig ermöglichen Beispiele es durch ihre Verankerung in konkreten Kontexten einen für die Schüler*innen relevanten und interessanten Lebensweltbezug herzustellen (Muckenfuß 1995, Habig et al. 2018). Der Einsatz von Beispielen unterstützt so sowohl den kognitiven als auch affektiv-emotionalen Verstehensprozess. Aufgrund dieser Eigenschaften scheinen Beispiele gerade auch für Lernende mit geringerem Vorwissen von hohem Nutzen zu sein.
Bezüglich einer optimalen Positionierung des Beispiels (vor oder nach der Regel) beim (Physik)Lernen gibt es jedoch sich entgegenstehende Befunde. Kulgemeyer (2018) spricht sich für die Reihenfolge *Regel-Beispiel* zum Erlernen von deklarativen Wissen (Faktenwissen) aus und verweist dabei auf Seidel et al. (2013), Champagne et al. (1982) und Korthagen & Kessels (1999), die alle Effekte zugunsten dieser Reihenfolge feststellen konnten. Demgegenüber steht der Ansatz der Basismodelltheorie (Oser & Baeriswyl 2001), der die Strukturabfolge *(prototypisches) Beispiel - Konzept* bei der Begriffs- bzw. Konzeptbildung vorsieht. Diese Vorgabe gründet sich v.a. auf den lerntheoretischen bzw. lernpsychologischen Ausarbeitungen von Aebli (1981; 1983) und Smith & Medin (1981) und beschreibt, dass durch das geführte Durcharbeiten eines einzigen – für das Konzept prototypische – Beispiel wesentliche Züge des Konzeptes aufgezeigt werden können, die dann in den vernetzten und verallgemeinerten Konzeptbegriff münden. Zwischen diese beiden Ansätze stellen sich die Studien von Kokkonen et al. (2021) sowie van Hout und Mettes (1976), die den Einfluss der Strukturabfolge im physikalischen bzw. ingenieurstechnischen Kontext überprüft haben und keine Effekte zugunsten der einen oder anderen Abfolge feststellen konnten.

Aufgrund der uneindeutigen Forschungslage bezüglich der Reihenfolge der Strukturierungselemente in Bezug auf das Erlernen physikalischer Konzepte stellen wir die Forschungsfrage auf:

Welchen Einfluss hat die Reihenfolge der Strukturierungsschritte „prototypisches Beispiel“ und „Regel/Konzept“ auf den Lernerfolg?

Wir gehen davon aus, dass die Reihenfolge der Strukturierungsschritte sich auf den Lernerfolg der Lernenden auswirkt. Dabei nehmen wir an, dass das Vorwissen als moderierende Variable agiert, wobei die Richtung der Wirkung offen bleibt.

Studiendesign

Die Studie ist als experimentelle Interventionsstudie angelegt (Abbildung 1). Die Intervention stellt dabei eine videobasierte Lerneinheit zum Wechselwirkungsgesetz von Newton dar, bei

der die Reihenfolge der Strukturierungsschritte prototypisches Beispiel (hier: Skateboarder ziehen am Seil) und Regel/Konzept (Wechselwirkungsprinzip) die unabhängige Variable beschreibt. Vor und nach der Lerneinheit erfolgt eine fragebogenbasierte Testung mit Items zum fachphysikalischen Inhalt (Newtonsche Axiome, Wirkungen von Kräften, Kräftegleichgewicht) (Hestenes et al. 1992, Thornton & Sokoloff 1998, Waltner et al. n.d., Brinkmann 2021, LEIFIphysik 2021). Mittels Ankeritems wird die Vergleichbarkeit der Personenparameter im Prä- und Posttest hergestellt.
Weiterhin werden die Konstrukte Fachinteresse (Berger 2000), Motivation (Deci & Ryan 2003), Einstellung zu Physik (Neumann & Borowski 2011) und wahrgenommene Strukturierung (in Anlehnung an Maurer 2016) mit aufgenommen, um entsprechende Einflüsse dieser Variablen berücksichtigen bzw. mögliche Cluster aufdecken zu können. Sowohl die Fragebögen als auch die Lerneinheit sind in eine Online-Umgebung eingebettet.

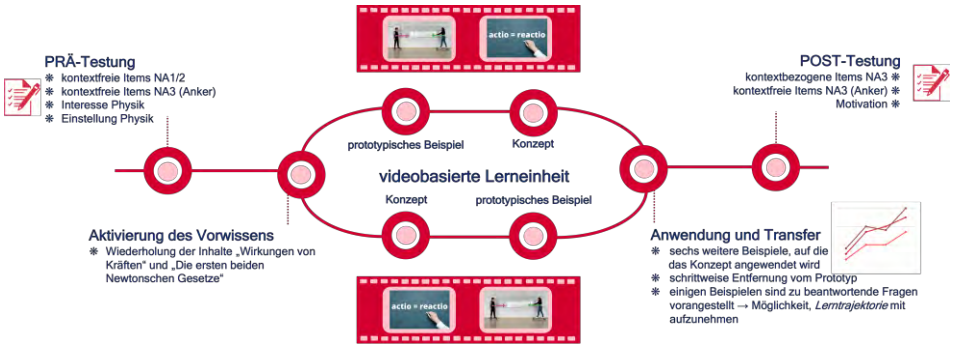


Abbildung 1 - Studiendesign

Entsprechend Kulgemeyer (2018) ist eine Anforderung an gute Lernvideos, dass sie ein neues, komplexes Prinzip fokussieren, das zu komplex für Selbsterklärungen z.B. aufgrund von typischen Schülervorstellungen ist. Das Newtonsche Wechselwirkungsgesetz stellt in der Mechanik der Schulphysik genauso ein komplexes Konzept dar. Aufgrund seiner Nähe zum Kräftegleichgewicht ist es oft mit Lernendenvorstellungen verbunden, die sich bei bestimmten Items des FCI auch noch bei Kursschüler*innen und Bachelorstudierenden zeigen (Savinainen & Scott 2002, Mutschler et al. 2020).

Das Ziel, das Wechselwirkungsgesetz als komplexes Prinzip vernetzend zu verstehen, ist an konzeptbildende Formen der Lernprozessstrukturierung gebunden. Die vorliegende Lerneinheit wurde in seiner Form *Beispiel-Regel* entsprechend dem Basismodell Konzeptbildung (Oser & Baeriswyl 2001, Krabbe et al. 2015) aufgebaut. Für die Form *Regel-Beispiel* wurden der zweite und dritte Handlungskettenschritt getauscht und Anpassungen entsprechend der Bezugnahme bei der Erklärung zwischen den beiden Handlungskettenschritten vorgenommen. Die Phasen der Vorwissensaktivierung sowie der Anwendung und des Transfers sind in beiden Lerneinheiten identisch. Letztere enthalten kontextbezogene Beispiele und zwischengeschaltete Aufgaben, die unterstützen sollen, dass die Lernenden, die Ziele, die mit den jeweiligen Handlungskettenschritten verfolgt werden, erreichen. Zum anderen ermöglicht dies die individuellen Lerntrajektorien als weiteren Aspekt des Lernerfolgs zu untersuchen.

Basierend auf dem Vergleich der Effektgrößen der bisherigen Studien, die einen Einfluss der Reihenfolge überprüft haben (Kokkonen et al. 2021, Seidel et al. 2013), gehen wir für diese

Studie davon aus, dass die verwertbaren Effekte über die Gesamtstichprobe eher vernachlässigbar bis klein sein werden. Wir vermuten aber, dass sich mittlere Effekte in der Gruppe der Lernenden mit geringem Vorwissen zeigen werden. Studien (Maurer 2016; Zander 2016) konnten darlegen, dass diese Gruppe vor allem von strukturiertem Unterricht profitiert. In Orientierung an Maurer (2016) und in Antizipation möglicher Cluster streben wir eine Stichprobengröße von 750-800 Schüler:innen aller Schulformen aus verschiedenen Bundesländern der Doppeljahrgangsstufe 9/10 an.

Interviewstudie

Eine vorhergegangene Interviewstudie (Börner 2021) mit sieben Lehrkräften überprüfte eine adressatengerechte Aufbereitung des Inhalts sowie die Ausprägung von Qualitätsmerkmalen zur Sicherstellung eines Lernzugewinns. In Anlehnung an das Framework von Kulgemeyer (2018) wurde ein Fragenkatalog entwickelt, auf dessen Basis die Lehrkräfte beide Videos einschätzen sollten. Insgesamt wurden den Videos eine ausreichend hohe Qualität durch die Lehrkräfte zugeschrieben, die sich in den Aspekten *Erklärung* und *kognitive Aktivierung* widerspiegelt. Auch die Passung zur Lernendengruppe wurde bestätigt. Die Videodauer wurde jedoch von allen Lehrkräften negativ hervorgehoben. In einer Pilotierung wird dieser Aspekt nun überprüft. Weiterhin konnten Handlungsanweisungen herausgearbeitet werden, die zur Anpassung der Videos führten.

Vorstudien und Haupterhebung

In einer Vorstudie soll das komplette Instrument in mindestens drei brandenburgischen Gesamtschul- bzw. Gymnasialschulklassen eingesetzt und getestet werden. Diese Vorstudie ist für November und Dezember 2021 angesetzt.

Die Haupterhebung ist für Frühjahr / Sommer 2022 geplant. Aufgrund der Platzierung der Newtonschen Mechanik durch die individuellen schulinternen Curricula kann die Phase der Haupterhebung ausgeweitet werden. Erste Ergebnisse sind ab Herbst/Winter 2022 zu erwarten.

Literatur

Aebli, H. (1981). Denken: Das Ordnen des Tuns. Band II: Denkprozesse. Stuttgart: Klett-Cotta.

Aebli, H. (1983; in der 14. Auflage von 2011). Zwölf Grundformen des Lehrens: Eine Allgemeine Didaktik auf psychologischer Grundlage. Stuttgart: Klett-Cotta.

Berger, R. (2000). Moderne bildgebende Verfahren der medizinischen Diagnostik – Ein Weg zu interessanterem Physikunterricht. Berlin: Logos.

Börner, H. (2021). Qualitätskriterien für Lernvideos – eine qualitative Analyse zweier Lernvideos zum Neton'schen Wechselwirkungsgesetz. Potsdam: Universität Potsdam.

Brinkmann, C. (2021). Aufgaben zur Beschleunigung. Mathe-Brinkmann. https://123mathe.de/physik-aufgaben-zur-beschleunigung

Champagne, A. B., Klopfer, L. E., & Gunstone, R. F. (1982). Cognitive research and the design of science instruction. Educational Psychologist, 17, 31–53.

Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2003). Intrinsic Motivation Inventory. Retrieved from https://selfdeterminationtheory.org/intrinsic-motivation-inventory/

Fischer, H.E., Klemm, K., Leutner, D., Sumfleth, E., Tiemann, R. & Wirth, J. (2003). Naturwissenschaftsdidaktische Lehr-Lernforschung: Defizite und Desiderata. ZfdN 9, 179–208 .

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. ZfDN 24, 99–114.

Hestenes, D., Wells, M. & Swackhammer, G. (1992). Force Concept Inventory. The Physics Teacher 30, 141-158.

Kalyuga, S., Renkl, A. & Paas, F. (2010). Facilitating Flexible Problem Solving: A Cognitive Load Perspective. Educ Psychol Rev 22, 175–186.

Kircher, E., Girwidz, R. & Häußler, P. (Hrsg.). (2015). Physikdidaktik: Theorie und Praxis. Berlin, Heidelberg: Springer.

Kokkonen, T., Lichtenberger, A. & Schalk, L. (2021). Concreteness fading in learning secondary school physics concepts. Learning and Instruction, https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2021.101524.
Korthagen, F. A. J., & Kessels, J. P. A.M. (1999). Linking theory and practice: changing the pedagogy of teacher education. Educational Researcher, 28(4), 4–17.
Krabbe, H., Zander, S. & Fischer, H.E. (2015). Lernprozessorientierte Gestaltung von Physikunterricht: Materialien zur Lehrerfortbildung. Münster: Waxmann.
Kulgemeyer, C. (2018). A Framework of Effective Science Explanation Videos Informed by Criteria for Instructional Explanations. Research in Science Education 50, 2441-2462.
LEIFIphysik. (2021). Quiz zum Wechselwirkungsgesetz. Joachim Herz Stiftung. https://www.leifiphysik.de/mechanik/kraft-und-bewegungsaenderung/aufgabe/quiz-zum-wechselwirkungsgesetz
Maurer, C. (2016). Strukturierung von Lehr-Lern-Sequenzen. Berlin: Logos.
Muckenfuß, H. (1995). Lernen im sinnstiftenden Kontext. Berlin: Cornelsen.
Mutschler, T., Buschhüter, D., Kontro, I. & Borowski, A. (2020). Beyond FCI: Internationale Vergleiche mithilfe eines erweiterten FCI. In: S. Habig (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Wien 2019, S. 912-915. Universität Duisburg-Essen.
Neumann, K. & Borowski, A. (2011). Monoedukativer Physikunterricht. In Höttecke, D. (Hrsg.), Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik: Naturwissenschaftliche Bildung als Beitrag zur Gestaltung partizipativer Demokratie. LIT Verlag, Berlin, S. 123-125.
Oser, F. & Baeriswyl, F.J. (2001). Choreographies of Teaching: Bridging Instruction to Learning. In V. Richardson (Eds.), Handbook of Research on Teaching. Washington: American Educational Research Association, 1031-1065.
Savinainen, A. & Scott, P. (2002). Using the Force Concept Inventory to monitor student learning and to plan teaching. Physics Education 37 (1), 53-58.
Seidel, T., Blomberg, G., & Renkl, A. (2013). Instructional strategies for using video in teacher education. Teaching and Teacher Education 34, 56–65.
Schecker, H., Wilhelm, T., Hopf, M. & Duit, R. (Hrsg.) (2018). Schülervorstellungen und Physikunterricht: Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis. Berlin: Springer.
Smith, E. E. & Medin, D. L. (1981). Categories and concepts. Cambridge, MA: Harvard University Press.
Thornton, R. & Sokoloff, D. (1998). Assessing student learning of Newton's law: The Force and Motion Conceptual Evaluation and the Evaluation of Active Learning Laboratory and Lecture Curricula. American Journal of Physics 66(4), 338-352.
Van Hout, J. F. M. J. & Mettes, C. T. C. W. (1976). The effect of EGRULEG versus RULEG and teacher-centredness versus student-centredness on pupil gain and satisfaction. Instructional Science 5, 181-187.
Waltner, C., Tobias, V., Hopf, M., Wilhelm, T. & Wiesner, H. (n.d.). Einführung in die Mechanik. Ludwig-Maximilians-Universität München. https://www.didaktik.physik.uni-muenchen.de/archiv/inhalt_materialien/mechanikkonzept/mechanik.pdf
Zander, S. (2016). Lehrerfortbildung zu Basismodellen und Zusammenhänge zum Fachwissen. Berlin: Logos.

Melanie Jordans[1]
Jannis Zeller[1]
Rike Große-Heilmann[1]
Josef Riese[1]

[1]RWTH Aachen University

Weiterentwicklung eines physikdidaktischen Tests zum Online-Assessment

Ausgangslage und Ziele des Projekts

In den letzten Jahren wurde das Professionswissen von angehenden Lehrkräften insbesondere im Fach Physik durch verschiedene Projekte der Lehrerbildungsforschung intensiv untersucht (z.B. ProwiN: Tepner et al., 2012; KiL: Kröger, Neumann & Petersen, 2013; ProfiLe-P: Riese et al., 2015). Es zeigte sich, dass der Erwerb handlungsnaher Fähigkeiten (z.B. Erklären physikalischer Sachverhalte: Kulgemeyer et al., 2020; Reflektieren von Physikunterricht: Kulgemeyer, Kempin & Weißbach, 2021; Planen von Physikunterricht: Riese et al., eingereicht) angehender Physiklehrkräfte in Praxisphasen durch den Stand ihres Professionswissens zu Beginn einer Praxisphase tendenziell beeinflusst wird. Dabei kann das fachdidaktische Wissen (FDW) in Anlehnung an Shulman (1986) neben dem Fachwissen und dem pädagogischen Wissen in Strukturmodellen zur professionellen Handlungskompetenz als einer der drei zentralen Bereiche des Professionswissens betrachtet werden (z.B. Baumert & Kunter, 2006). Vor diesem Hintergrund können eine Diagnostik sowie Rückmeldung zum Stand des fachdidaktischen Wissens an Lehrende in Praxisphasen (z.B. für die Adaption der Lehre an eine Lerngruppe) oder an Studierende (z.B. zu Reflexionszwecken) wichtig sein.
Im Rahmen dieses Teilprojekts von ProfiLe-P-Transfer wurde ein erprobter fachdidaktischer Leistungstest zu einem vollständig geschlossenen, online-gestützten Format weiterentwickelt, um damit (teil-)automatisierte Rückmeldungen zum Stand des FDW an Dozierende und Studierende bereitstellen zu können. Langfristig ist ein nachhaltiger Transfer des entwickelten Testinstruments in die Lehrpraxis der Ausbildung von Physiklehrkräften geplant.

Weiterentwicklung des Testinstruments

Ausgangspunkt ist der Leistungstest zum fachdidaktischen Wissen im Bereich Mechanik, der von Gramzow (2015) entwickelt und in den ersten beiden Projektphasen von ProfiLe-P/ P+ (vgl. Vogelsang et al., 2019) über viele Jahre eingesetzt wurde. Die Aufgabenkonstruktion erfolgte auf Grundlage eines Itementwicklungsmodells, welches das FDW über die drei Dimensionen *kognitive Anforderung*, *Facette* und *Inhaltsbereich* beschreibt (vgl. Gramzow, 2015). Jede der 26 Aufgaben (davon 22 offen) bzw. jedes der 43 Einzelitems des Testinstruments lässt sich somit genau einer der drei kognitiven Anforderungen (Reproduzieren, Anwenden, Analysieren), einer der vier Facetten (Instruktionsstrategien, Schülervorstellungen, Experimente, fachdidaktische Konzepte) und dem Inhaltsbereich Mechanik im dreidimensionalen Modell zuordnen (vgl. Riese, Gramzow & Reinhold, 2017). Diese Version (im Folgenden als offenes Testinstrument bezeichnet) liegt als paper-pencil-Test vor und erfordert eine manuelle Bepunktung der offenen Aufgaben mittels eines Kodiermanuals durch die Entwicklergruppe, da zur Beantwortung offener Aufgaben frei formulierte Stichworte oder Kurztexte von den Teilnehmenden erwartet werden.
Um das langfristige Ziel eines nachhaltigen Transfers des Testinstruments in die Lehrpraxis erreichen zu können, wird eine Implementation als Online-Test mit (teil-)automatisierter, zeitökonomischer Auswertung angestrebt. Dazu wurden in einem ersten Schritt die offenen

Aufgaben unter Nutzung und Kategorisierung der in bisherigen Erhebungen erhaltenen frei formulierten Antworten sowie unter Berücksichtigung des Kodiermanuals und aktueller physikdidaktischer Literatur zu Multiple-Choice-Aufgaben (Multi-Select) modifiziert. Es ergaben sich im Gesamten 157 Einzelitems, welche in 31 Aufgabeteile zusammengefasst sind. Die Aufgabenstämme und Fragestellungen konnten bis auf wenige sprachliche Anpassungen aus dem offenen Testinstrument übernommen werden. Das ursprünglich offene Antwortformat wurde in ein Matrix-Design überführt, welches die Antwortalternativen und Flächen zum Ankreuzen enthält. Im Anschluss erfolgte die Digitalisierung aller Aufgaben unter Nutzung der Freeware LimeSurvey. In Abb. 1 wird eine Aufgabe der Facette *Schülervorstellungen* und der kognitiven Anforderung *Reproduzieren* des online-gestützten, geschlossenen Formats dargestellt.

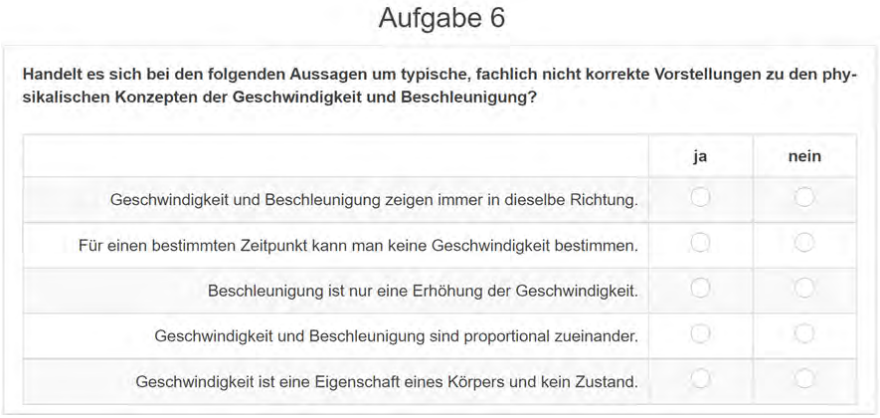


Abb. 1: Darstellung von Aufgabe 6 der Facette Schülervorstellungen und der kognitiven Anforderung Reproduzieren des online-gestützten, geschlossenen Testinstruments.

Zur Bewertung der geschlossenen Aufgaben wurden neue Kodierregeln festgelegt, bei denen es sich um eine an *Kprim* angelehnte Schwellenbepunktung (0, 1 oder 2 Punkt/e) handelt (z.B. Krebs, 2004), welche eine Reduzierung des durch Raten erreichbaren Scores zur Folge hat. Für die in Abb. 1 dargestellte Aufgabe ergibt sich somit zum Beispiel, dass bei weniger als drei richtig gesetzten Kreuzen 0 Punkte, bei genau drei richtigen 1 Punkt und bei mehr als drei richtigen Kreuzen 2 Punkte erreicht werden. Erste Ergebnisse einer Pilotierung des geschlossenen Testinstruments mit N = 133 Lehramtsstudierenden ergeben Aufgabenschwierigkeiten zwischen 0,21 und 0,72, was nach Bortz & Döring (2006) einem annehmbaren Bereich entspricht. Für die interne Konsistenz und somit die Reliabilität der Gesamtskala ergibt sich ein zufriedenstellendes Cronbach-Alpha von α = 0,67. Weitere Untersuchungen der Stichprobendaten bspw. hinsichtlich ihrer Reliabilitäten mittels Rasch-Modellierung sind bei Zeller, Jordans & Riese (in diesem Band) zu finden.

Vergleich der beiden Testformate

Um die Aussagekraft des geschlossenen, online-gestützten Tests im Vergleich zum offenen Test zu untersuchen, wurden u. a. bivariate Korrelationen für die jeweiligen Probandenscores der beiden Testformate für eine Teilstichprobe (N = 24; N = 10 bei der Facette Fachdidaktische Konzepte) untersucht. Bei Betrachtung der Korrelationen in Abhängigkeit der vier Facetten ergeben sich nur zum Teil erhoffte hohe Korrelationen zwischen r = 0,373 (Experimente) und

r = 0,808** (Fachdidaktische Konzepte). Zur Einordnung dieser Ergebnisse wurden die Zusammenhänge der Probandenscores separat für die vier MC-Aufgaben betrachtet, welche im offenen und geschlossenen Testinstrument identisch eingebunden und für diese Betrachtung gleich bepunktet wurden (vgl. Tab. 1).

Tab. 1: Bivariate Korrelationen der Probandenscores bei Bearbeitung der unveränderten MC-Aufgaben zwischen den Testformaten (: p<0,05; **: p<0,01).*

	Aufgabe 5	Aufgabe 7	Aufgabe 8	Aufgabe 19
Pearson's *r*	0,690*	0,521**	0,047	0,888**

Die abgebildeten Korrelationen fielen geringer aus als erwartet, sodass angenommen werden muss, dass die Fähigkeiten der Studierenden nicht stabil sind. Beide Testformate scheinen daher das Konstrukt des FDW nicht identisch abzubilden, was eine Wahl des Testformats je nach gewünschtem Einsatzbereich nahelegt.

Aufbau des Rückmeldeformats

Durch die Schließung und Digitalisierung der Testaufgaben sowie der Festlegung neuer Bepunktungsregeln ist die Basis für die Bereitstellung (teil-)automatisierter Rückmeldungen geschaffen. Nach aktuellem Stand bestehen die fünfseitigen Rückmeldedokumente aus einer Titelseite mit kurzer Einleitung und Kontaktdaten. Darauf folgt eine Erläuterung der Testkonzeption, bevor die individuellen Ergebnisse der Studierenden bzw. der Lerngruppe auf Gesamt- und Skalenebene dargestellt werden. In den Dokumenten für Studierende werden die persönlichen Ergebnisse in die der Lerngruppe und einer Referenzgruppe mit ähnlichem Studienfortschritt (bspw. 50 Masterstudierende) grafisch eingeordnet. Dozierende erhalten eine Rückmeldung, in der die Ergebnisse ihrer Lerngruppe denen einer Referenzgruppe gegenübergestellt werden. Am Ende des Dokuments werden zum besseren Verständnis die Facetten des FDW erläutert und Literaturempfehlungen gegeben. Bisher ist noch keine instantane Rückmeldung direkt nach der Testbearbeitung möglich, aber die mit LimeSurvey erhobenen Datensätze können mithilfe von RStudio so ausgewertet werden, dass im Anschluss die individuellen Rückmeldedokumente automatisch erzeugt werden. Diese werden den Studierenden über eine Webseite auf Servern der RWTH Aachen anonymisiert zur Verfügung gestellt. Um eine Einordnung der Ergebnisse in eine immer genauer werdende Referenzgruppe zu ermöglichen, ist eine Erweiterung der Baseline durch weitere Testerhebungen und -einsätze erforderlich. Weiterhin besteht das Ziel, durch die Entwicklung von Kompetenzniveaus mit inhaltlicher Beschreibung die Rückmeldung mit individuellen Fähigkeitsprofilen anreichern zu können (s. Zeller, Jordans & Riese, in diesem Band).

Literatur

Baumert, J., & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 9(4), 469-520.

Bortz, J. & Döring, N. (2006). Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler (4. Aufl.). Heidelberg: Springer Verlag.

Gramzow, Y. (2015). Fachdidaktisches Wissen von Lehramtsstudierenden im Fach Physik. Modellierung und Testkonstruktion. In Niedderer, H., Fischler, H. & Sumfleth, E. (Hrsg.), Studien zum Physik- und Chemielernen, 181. Berlin: Logos Verlag.

Krebs, R. (2004). Anleitung zur Herstellung von MC-Fragen und MC-Prüfungen für die ärztliche Ausbildung. https://www.iml.unibe.ch/attachment/7/download/mc_anleitung.pdf. Zugegriffen: 04. August 2021.

Kröger, J., Neumann, K. & Petersen, S. (2013). Messung professioneller Kompetenz im Fach Physik. In S. Bernholt (Hrsg.), Inquiry-based Learning - Forschendes Lernen, Kiel: IPN, 533-535.

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, 57, 1-29.

Kulgemeyer, C., Kempin, M. & Weißbach, A. (2021). Entwicklung von Professionswissen und Reflexionsfähigkeit im Praxissemester. In S. Habig (Hrsg.), Naturwissenschaftlicher Unterricht und Lehrerbildung im Umbruch?. GDCP online Jahrestagung 2020. Tagungsband Universität Duisburg-Essen, 262-265.

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.

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.

Riese, J., Vogelsang, C., Schröder, J., Borowski, A., Kulgemeyer, C., Reinhold, P. & Schecker, H. (eingereicht). Entwicklung von Unterrichtsplanungsfähigkeit im Fach Physik: Welchen Einfluss hat Professionswissen?. Zeitschrift für Erziehungswissenschaften.

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

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. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 18, 7-28.

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.

Zeller, J., Jordans, M. & Riese, J. (in diesem Band). Ansätze zur Ermittlung von Kompetenzniveaus im Fachdidaktischen Wissen.

Jannis Zeller[1]
Melanie Jordans[1]
Josef Riese[1]

[1]RWTH Aachen University

Ansätze zur Ermittlung von Kompetenzniveaus im Fachdidaktischen Wissen

Theoretischer Hintergrund und Motivation

Das Professionswissen von (angehenden) Lehrkräften war in den letzten Jahren Gegenstand intensiver fachdidaktischer Forschung (Kaiser, Bremerich-Vos & König, 2020). Dabei hat sich eine Dreiteilung des Professionswissens in Fachwissen (FW), Fachdidaktisches Wissen (FDW) und Pädagogisches Wissen (PW) durchgesetzt. Diese Modellierung geht auf Arbeiten von Shulman (1986) sowie Analysen von Baumert und Kunter (2006) zurück und wurde von Riese (2009) für die Physik adaptiert. Gramzow, Riese und Reinhold (2013) entwickelten darauf aufbauend ein Modell, welches die interne Struktur des FDW für das Fach Physik genauer beschreibt. Sie schlagen eine zweidimensionale Konzeptualisierung vor, nach der sich das FDW wesentlich anhand von acht Facetten *Instruktionsstrategien*, *Schülervorstellungen*, *Experimente*, *Fachdidaktische Konzepte*, *Kontext und Interesse*, *Curriculum Bildungsstandards und Ziele, (Digitale) Medien* sowie *Aufgaben* jeweils bezüglich konkreter physikalischer Fachinhalte charakterisieren lässt. Auf Basis dieses Modells entwickelte Gramzow (2015) ein Testinstrument (offene Kurzantworten und Multiple-Choice- / MC-Aufgaben), wobei sie den physikalischen Fachinhalt auf „Mechanik“ festlegte und sich im Sinne der Zumutbarkeit der Testdurchführung auf die ersten vier der oben genannten Facetten fokussierte. Ähnliche Modellierungen des Professionswissens wurden im Forschungsprojekt KiL (Kleickmann et al., 2014) vorgenommen, welches die Messung der professionellen Kompetenzen in MINT-Lehramtsstudiengängen zum Ziel hatte. Das entsprechende Testinstrument verwenden Schiering et al. (2019), um mithilfe des Scale-Anchoring-Verfahrens (Mullis et al., 2015) erste Niveaubeschreibungen für das FDW im Fach Physik zu entwickeln. Dabei bildet das verwendete Testinstrument teilweise andere Facetten als die oben genannten ab und umfasst unterschiedliche physikalische Inhaltsbereiche. Insgesamt deuten die erhaltenen qualitativen Niveaubeschreibungen darauf hin, dass sich das verfügbare Wissen mit zunehmendem Kompetenzniveau facettenübergreifend zunächst auf reproduktive Aspekte beschränkt, während auf höheren Niveaustufen auch weitere, vernetzende und reflektierende Anteile hinzukommen.

Der vorliegende Beitrag widmet sich in Anlehnung an das Vorgehen von Schiering et al. (2019) der Modellierung von Kompetenzniveaus des FDW aufbauend auf der Operationalisierung von Riese, Gramzow und Reinhold (2017) konkret bezogen auf eine geschlossene Version des oben beschriebenen Testinstruments zum FDW im Bereich Mechanik. Langfristig soll diese Modellierung einen Ausgangspunkt für inhaltlich reichhaltiges Feedback auf Basis von quantitativen Testergebnissen bilden.

Instrument und Design

Das eingesetzte Testinstrument ist eine vollständig geschlossene (Jordans, Zeller, Große-Heilmann & Riese, in diesem Band) Version des oben beschriebenen Testinstruments von Gramzow (2015) und erfasst das Fachdidaktische Wissen in den Facetten Instruktionsstrategien (8 Aufgaben), Schülervorstellungen (9 Aufgaben), Experimente und Vermittlung eines angemessenen Wissenschaftsverständnisses (5 Aufgaben) und

Fachdidaktische Konzepte (9 Aufgaben). Im geschlossenen Testformat sind alle (2. Teilstichprobe), bzw. alle bis auf zwei (1. Teilstichprobe) Aufgaben als elementare MC-Aufgaben mit unterschiedlicher Anzahl an Antwortmöglichkeiten mithilfe der Software LimeSurvey implementiert. Insgesamt lagen Daten zu $N = 125$ Bearbeitungen, dabei $N_1 = 78$ der ersten Testversion, von Studierenden aus insgesamt 6 Universitäten vor. Da die Bearbeitungen der ersten Teilstichprobe zu Beginn dieser Untersuchung bereits abgeschlossen waren, ließen sich einige, fehlende demografische Daten nicht mehr im Detail rekonstruieren. Allerdings kann davon ausgegangen werden, dass die Aufteilung der Studierenden nach Bachelor- und Masterstudiengang (Lehramt Physik) in etwa 1:1 ist und somit a priori eine vergleichsweise hohe Varianz zu erwarten ist.

Methodik

Zur Ermittlung von qualitativen Kompetenzniveaus wurde nach einer Exploration unterschiedlicher möglicher Methoden das Scale-Anchoring Verfahren nach dem Vorbild von Schiering et al. (2019) gewählt. Den ersten Schritt stellt dabei eine Modellierung im Rahmen der Item Response Theorie (IRT) dar. Zwei Items mussten auf Basis dieser Modellierung und ergänzender konfirmatorischer Faktorenanalysen ausgeschlossen werden.

Da das Testinstrument hauptsächlich aus MC-Aufgaben bestand, ergaben sich zunächst für eine IRT-Modellierung über 150 dichotome Antwortoptionen als Einzelitems, die in 31 Aufgabenteilen zusammengefasst sind. Diese Menge ist weder mit der vorhandenen Stichprobengröße verlässlich modellierbar, noch lassen sich bei einer Zerfaserung aller Antwortoptionen im Rahmen des Scale-Anchoring Verfahrens noch sinnvolle, inhaltlich kondensierte Niveaubeschreibungen vornehmen. Zur inhaltlichen Verdichtung wurde daher jede Aufgabe mithilfe eines Kprim-Schwellensystems (Krebs, 2004) umkodiert. Dadurch ergaben sich noch 62 relevante Kodiereinheiten. Die Verwendung von Partial-Credit Modellen erwies sich bei der Verwendung der mit dem Schwellensystem ausgewerteten Daten aufgrund der systematischen Vertauschung der Schwierigkeitsparameter der Aufgaben als problematisch. Stattdessen wurden die Aufgabenschwellen als einzelne Items aufgefasst und die Daten mithilfe von dichotomen Rasch-Modellen untersucht.

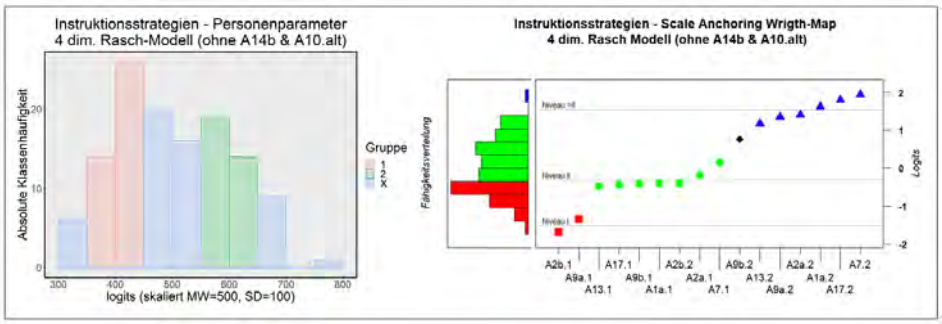


Abb. 1: Illustrationen zum Sclae-Anchoring Verfahren exemplarisch für die Facette Instruktionsstrategien. Links die Einordnung der Proband:innen in die Ausgangsgruppen, Rechts die Wright-Map mit Aufgabengruppen und Niveaugrenzen.

Trotz des kleinen Stichprobenumfangs und der oben beschriebenen Schwierigkeiten ergab sich dabei eine EAP-Reliabilität der Gesamtskala von 0.79. Eine vierdimensionale Rasch-Modellierung mit Unterteilung in die Facettenstruktur wies annehmbare (Adams & Wu, 2007, sowie Yamamoto et al., 2013) Fit-Statistiken auf (RMSD $= 0.11$, MNSQ-Itemfits$= 0.99 \pm$

0.14) und erwies sich als signifikant ($p < 0.01$) passender als die eindimensionale Modellierung. Die EAP-Reliabilitäten lagen in einem Bereich von 0.56 (Experimente) bis 0.73 (Schülervorstellungen). Dem Scale-Anchoring Verfahren folgend wurden nun auf Facettenebene zwei Personengruppen anhand von Abschnitten auf der Fähigkeitsskala festgelegt, die statistisch signifikant unterscheidbar und zudem von ausreichender Größe (min. 10% der Proband:innen) sind (Abb. 1 links). Darauf aufbauend wurden die Aufgaben gemäß dem Schema von Mullis et al. (2015) in Gruppen eingeordnet. Die Mittelwerte dieser Aufgabengruppen dienen dann als Niveaugrenzen. Das Ergebnis der Analyse stellen vier Wright-Maps wie in Abbildung 1 rechts dar. Aufgaben in der Nähe der Niveaugrenzen werden anschließend zur Niveauformulierung genutzt.

Ergebnisse und Ausblick

Im Rahmen der Erprobung wurden explizite Niveaus für die Facette Instruktionsstrategien formuliert. Dazu wurden die Aufgaben einer Reanalyse unterzogen und die jeweiligen adressierten Kernkompetenzen zusammengefasst. Anschließend wurden für jede Aufgabe kurze Niveaubeschreibungen verfasst, die im letzten Schritt inhaltlich gebündelt wurden. Die Ergebnisse der Niveauformulierungen sind in Tabelle 1 festgehalten. Da die Modellierung der MC-Aufgaben in Schwellen dazu führt, dass diese in den Wright-Maps getrennt auftreten, haben die Niveauformulierungen teils graduellen („erste Eigenschaften“, „viele geeignete Alltagsbeispiele“ und Ähnliches) Charakter.

Aufgrund der vielversprechenden Ergebnisse des Verfahrens für die vorliegende Testversion sind weitere, elaboriertere Untersuchungen mit über 800 bereits vorliegenden Datensätzen des ursprünglichen offenen Testinstruments geplant. Dabei wäre insbesondere die Lösung vom fachlichen Inhalt wünschenswert und die Verbindung zu Testergebnissen weiterer Instrumente wie beispielsweise zum Fachwissen oder zur Planungsperformanz interessant. Schließlich soll untersucht werden, ob sich ein finales Niveaumodell im Längsschnitt als Entwicklungsmodell des FDW im Studienverlauf validieren lässt.

I	Die Studierenden identifizieren erste Eigenschaften, aufgrund derer sich Alltagsbeispiele zur Einführung des Konzepts der Geschwindigkeit als vektorielle Größe eignen und können erste geeignete Alltagsbeispiele zum Fachinhalt Kreisbewegung auswählen. (Aufgabe 2b.1, Aufgabe 9a.1)
II	Die Studierenden beginnen vorteilhafte Handlungsalternativen zum Umgang mit problematischen Schülervorstellungen zu identifizieren. (Aufgabe 1a.1, Aufgabe 17.1) Die Studierenden identifizieren Eigenschaften, aufgrund derer sich Alltagsbeispiele bei unterschiedlichen Fachinhalten zur Verwendung eignen und können erste geeignete Alltagsbeispiele zum Fachinhalt Geschwindigkeiten auswählen. (Aufgabe 2a.1, Aufgabe 2b.2, Aufgabe 9b.1) Die Studierenden beginnen, erste falsche Interpretationen von Zeit-Weg Diagrammen aufgrund von typischen problematischen Vorstellungen zu identifizieren. (Aufgabe 13.1)
>II	Die Studierenden identifizieren vorteilhafte Handlungsalternativen zum Umgang mit problematischen Schülervorstellungen. (Aufgabe 1a.2, Aufgabe 17.2) Die Studierenden können viele geeignete Alltagsbeispiele zu unterschiedlichen Fachinhalten auswählen. (Aufgabe 2a.2, Aufgabe 9a.2)

Tab. 1: Beispielhafte erste Niveauformulierungen für die Facette Instruktionsstrategien.

Literatur

Adams, R. J., & Wu, M. L. (2007). The mixed-coefficients multinomial logit model. A generalized form of the Rasch model. In M. von Davier & C. H. Carstensen (Eds.), Multivariate and mixture distribution Rasch models: Extensions and applications (p. 55-76). New York: Springer.

Baumert, J., & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 9(4), 469-520.

Gramzow, Y. (2015). Fachdidaktisches Wissen von Lehramtsstudierenden im Fach Physik: Modellierung und Testkonstruktion. In H. Niedderer, H. Fischler & E. Sumfleth (Hrsg.), Studien zum Physik- und Chemielernen (Bd. 181). Berlin: Logos Verlag.

Gramzow, Y., Riese, J., & Reinhold, P. (2013). Modellierung fachdidaktischen Wissens angehender Physiklehrkräfte. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 19, 7-30.

Jordans, M., Zeller, J., Große-Heilmann, R., & Riese, J. (in diesem Band). Weiterentwicklung eines physikdidaktischen Tests zum Online-Assessment. In S. Habig (Hrsg.), Unsicherheit als Element von naturwissenschaftsbezogenen Bildungsprozessen, Tagungsband der GDCP Jahrestagung 2021. Essen: Universität Duisburg-Essen.

Kaiser, G., Bremerich-Vos, A., & König, J. (2020). Professionswissen. In C. Cramer, J. König, M. Rothland & S. Blömeke (Hrsg.), Handbuch Lehrerinnen- und Lehrerbildung (S. 811–818). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Kleickmann, T., Großschedl, J., Harms, U., Heinze, A., Herzog, S., Hohenstein, F., Köller, O., Kröger, J., Lindmeier, A., Loch, C., Mahler, D., Möller, J., Neumann, K., Parchmann, I., Steffensky, M., Taskin, V. & Zimmermann, F. (2014). Professionswissen von Lehramtsstudierenden der mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächer-Testentwicklung im Rahmen des Projekts KiL. Unterrichtswissenschaft, 42(3), 280–288.

Krebs, R. (2004). Anleitung zur Herstellung von MC-Fragen und MC-Prüfungen für die ärztliche Ausbildung. https://www.iml.unibe.ch/attachment/7/download/mc_anleitung.pdf. Zugegriffen: 04. Mai 2021.

Mullis, I. V. S., Cotter, K. E., Centurino, V. A. S., Fishbein, B. G. & Liu, J. (2015) Using Scale Anchoring to Interpret the TIMSS 2015 Achievement Scales. In M. O. Martin, I. V. S. Mullis & M. Hooper (Eds.), Methods and Procedures in TIMSS 2015 (p. 14.1-14.47).

Riese, J. (2009). Professionelles Wissen und professionelle Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften. In H. Niedderer, H. Fischler & E. Sumfleth (Hrsg.), Studien zum Physik- und Chemielernen (Bd. 97). Berlin: Logos Verlag.

Riese, J., Gramzow, Y., & Reinhold, P. (2017). Die Messung fachdidaktischen Wissens bei Anfängern und Fortgeschrittenen im Lehramtsstudiengang Physik. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 23, 99–112.

Schiering, D., Sorge, S., Petersen, S., & Neumann, K. (2019) Konstruktion eines qualitativen Niveaumodells im fachdidaktischen Wissen von angehenden Physiklehrkräften. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 25, 211-229.

Shulman, L. S. (1986): Those who understand: Knowledge growth in teaching. Educational Researcher, 15(2), 4-14.

Yamamoto, K., Khorramdel, L., & von Davier, M. (2013). Scaling PIAAC cognitive data. In OECD (Eds.), Technical Report of the Survey of Adults Skills (PIAAC) (Chap. 17). Paris: OECD.

David Weiler[1]
Jan-Philipp Burde[1]
Rike Große-Heilmann[2]
Andreas Lachner[1]
Josef Riese[2]
Thomas Schubatzky[3]

[1]Universität Tübingen
[2]RWTH Aachen
[3]Universität Graz

Bedarfsanalyse zu digitalen Medien bei Physik-Lehramtsstudierenden

Das Erlernen von physikalischen Konzepten stellt viele Schülerinnen und Schüler (SuS) wegen physikalisch inkorrekter Schülervorstellungen vor große Herausforderungen (Schecker et al., 2018). Dabei bieten digitale Medien die Möglichkeit, SuS lernwirksam und motivationsfördernd beim Aufbau physikalischer Konzepte zu unterstützen (Hillmayr et al., 2020). Allerdings haben viele heute praktizierende Lehrkräfte in ihrer Ausbildung keine der notwendigen fach- und mediendidaktischen Kompetenzen zum Einsatz digitaler Medien im Fachunterricht erworben (Eickelmann et al., 2019). Ähnliche Defizite zeigen sich bei Lehramtsstudierenden (Vogelsang et al., 2019, weshalb es notwendig ist, entsprechende Lerngelegenheiten schon in die erste Phase der Lehramtsausbildung zu integrieren. Daher hat sich das Verbundprojekt „Digitale Kompetenzen von Lehramtsstudierenden im Fach Physik“ (DiKoLeP) das Ziel gesetzt, ein bedarfsorientiertes Lehrkonzept zum Einsatz digitaler Medien im Physikunterricht theorie- und empiriebasiert zu entwickeln und dessen Wirksamkeit anschließend zu evaluieren (Schubatzky et al., in diesem Band). In diesem Zuge wurde eine Bedarfsanalyse bei Studierenden der drei beteiligten Universitäten Aachen, Graz und Tübingen sowie an den Universitäten Göttingen und Stuttgart und der PH Schwäbisch Gmünd durchgeführt.

Erhebungsinstrumente und Stichprobe

Im Rahmen der Bedarfsanalyse zum Thema digitale Medien im Physikunterricht wurden neben den Vorerfahrungen und deren Ursprung auch das Interesse der Studierenden an einzelnen physikspezifischen digitalen Medien sowie die Selbstwirksamkeitserwartung (SWE) zur Adressierung von Schülervorstellungen mit bzw. ohne digitale Medien erhoben. Die Vorerfahrungen mit digitalen Medien wurden mittels elf Items, angelehnt an Vogelsang et al. (2019), erfragt (bspw. „Ich habe schon mit Messwerterfassungssystemen (z.B. CASSY) gearbeitet.“) und durch elf Items zum Interesse am Einsatz dieser Medien ergänzt (bspw. „Ich interessiere mich für Smartphones im Physikunterricht.“), wobei diesen eine 5-stufige-Likertskala zugrunde lag. Zusätzlich wurde bei Studierenden, die angaben, mindestens zum Teil Vorerfahrungen mit einem Medium zu haben, abgefragt, in welchem Kontext sie diese Erfahrungen gemacht haben.

Die beiden Skalen zur SWE, (a) mit digitalen Medien und (b) ohne digitale Medien typische Schülervorstellungen im Physikunterricht zu adressieren, bestanden aus je sieben Items (bspw. „Ich kann im Rahmen meiner Unterrichtsplanung Medien gezielt berücksichtigen, um das konzeptionelle Verständnis zu fördern.“). Bei der Entwicklung der Skalen wurden die SWE-Skalen von Meinhardt et al. (2018), Schmidt et al. (2009) und Schwarzer und Schmitz (2002) auf die konkrete Fragestellung adaptiert. Die adaptierten Skalen wiesen dabei eine hohe Reliabilität auf: (a) $\alpha = 0.88$; (b) $\alpha = 0.92$.

Insgesamt nahmen an der online durchgeführten Bedarfsanalyse $N = 77$ Physik-Lehramtsstudierende ($w = 46$, $m = 30$, $d = 1$) aus den sechs Hochschulen teil. Die Studierenden waren im Schnitt im fünften Semester ($M = 5.35$, $SD = 3.1$), wobei die Spannweite vom zweiten bis zum 15. Semester reichte.

Ergebnisse der Bedarfsanalyse

Vorerfahrungen mit und Interesse an digitalen Medien

Die Vorerfahrungen der Studierenden mit digitalen Medien sind sehr heterogen (siehe Abb. 1) und unterscheiden sich zwischen den Medien signifikant ($\chi^2(10) = 231.03$, $p < 0.001$ bei Friedmann-Test). Am geringsten sind die Vorerfahrungen mit Augmented Reality (AR) und Virtual Reality (VR), was bereits von Freese et al. (2021) bei einer Befragung von Lehrkräften festgestellt wurde. Dies entspricht auch den bisherigen Befunden von Vogelsang et al. (2019) für Lehramtsstudierende. Allerdings zeigt sich, dass bei Simulationen und Animationen die Vorerfahrungen im Vergleich zu den Ergebnissen von Vogelsang et al. (2019) höher sind. Eine mögliche Erklärung hierfür könnte der verstärkte pandemiebedingte Einsatz in der Lehre sein. Zudem haben sich in einer Varianzanalyse (ANOVA) keine signifikanten Standortunterschiede gezeigt ($F(1,814) = 3.77$, $p = 0.053$).

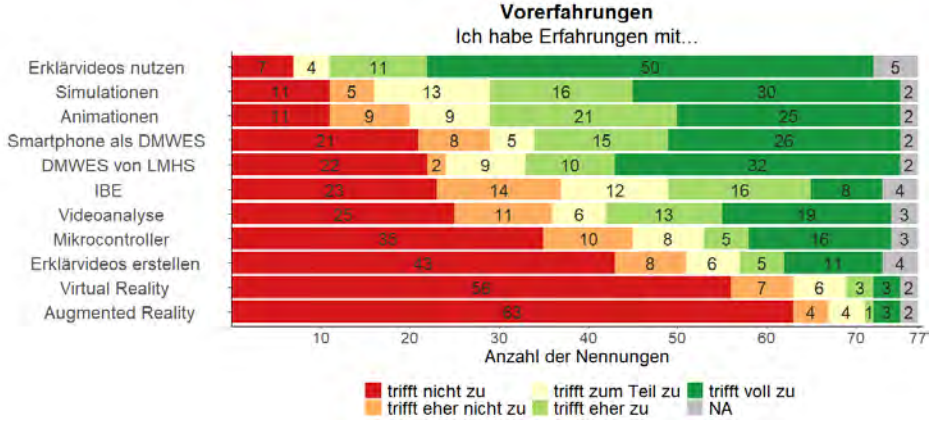


Abb. 1: Vorerfahrung mit physikspezifischen digitalen Medien

Eine nähere Auswertung der Daten zeigt, dass die Vorerfahrungen mit Erklärvideos sowohl aus Schule und Hochschule stammen. Hingegen stammen die Vorerfahrungen zu digitalen Messwerterfassungssystemen (DMWES) und Simulationen vor allem aus der Zeit an der Universität. Die Vorerfahrungen mit VR-Anwendungen kommen hingegen weitestgehend aus der Freizeit.

Den zum Teil geringen Vorerfahrungen steht ein generell hohes Interesse am Einsatz der unterschiedlichen digitalen Medien im Physikunterricht (siehe Abb. 2) gegenüber.

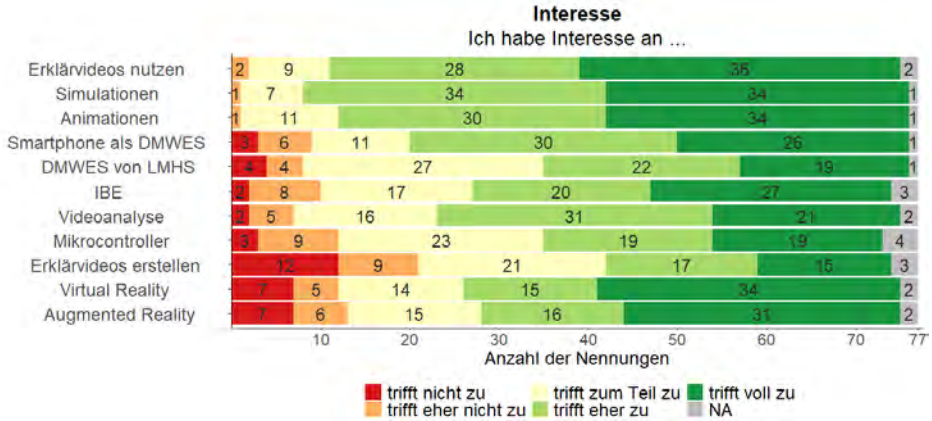


Abb. 2: Interesse an physikspezifischen digitalen Medien

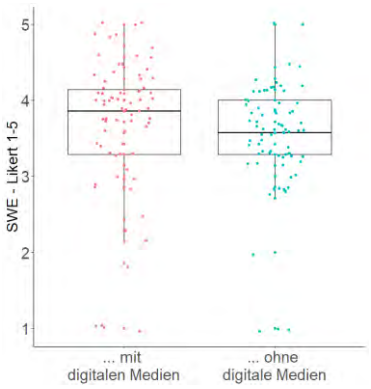


Abb. 3: SWE der befragten Studierenden

SWE zur Adressierung von Schülervorstellungen

Trotz der teilweise geringen Vorerfahrungen mit digitalen Medien haben die befragten Studierenden auf einer Skala von 1-5 eine hohe SWE (M = 3.69, SD = 0.91), Schülervorstellungen mit digitalen Medien zu adressieren (siehe Abb. 3). Dieser Wert ist im Schnitt sogar leicht höher als die SWE, die Schülervorstellungen ohne digitale Medien zu adressieren (M = 3.51, SD = 0.72), wobei der Unterschied nicht signifikant ist ($t(152) = 1.36$, $p = 0.176$). Zudem zeigt sich zwischen den Geschlechtern in Hinblick auf die SWE entsprechende Schülervorstellungen zu adressieren weder mit digitalen Medien ($t(74) = -0.27$, $p = 0.789$) noch ohne digitale Medien ($t(74) = -0.82$, $p = 0.415$) ein signifikanter Unterschied.

Implikationen für die Seminarkonzeption

Die vorgestellten Ergebnisse haben Implikationen in Hinblick auf die Konzeption des Seminars. Die standortübergreifend zum Teil geringen Vorerfahrungen mit digitalen Medien zeigen, dass der Bedarf nach einem Seminar zum Einsatz digitaler Medien im Physikunterricht besteht und zugleich aufgrund des hohen Interesses von Seiten der Studierenden auch das Bedürfnis gegeben ist. Ergänzend ist die hohe Heterogenität der Vorerfahrungen mit digitalen Medien im Rahmen der Seminarkonzeption zu berücksichtigen. Einerseits müssen Studierende mit wenigen Vorerfahrungen sowohl Grundlagen zum fachdidaktisch sinnvollen Einsatz von digitalen Medien im Physikunterricht vermittelt bekommen. Andererseits muss auch die Möglichkeit geschaffen werden, dass sich Studierende mit medienspezifischen Vorerfahrungen in Hinblick auf die Auseinandersetzung mit einzelnen digitalen Medien individuell fachdidaktisch vertiefen können. Dabei sollten sowohl neuere digitale Medien wie Augmented Reality, mit denen noch kaum Erfahrungen gemacht wurden, behandelt werden, als auch etabliertere wie Erklärvideos oder Simulationen, da es kein Medium gibt, mit dem sich alle befragten Studierenden auskannten.

Das hohe Interesse an den digitalen Medien in Kombination mit der hohen Selbstwirksamkeitserwartung, lassen darauf schließen, dass Studierende im Allgemeinen keine Berührungsängste mit digitalen Medien haben. Vor dem Hintergrund der Befunde von Eickelmann et al. (2019) könnte die hohe Selbstwirksamkeitserwartung auf eine Überschätzung der eigenen Kompetenz im Umgang mit digitalen Medien hindeuten. Im Rahmen des Seminars sollten die Studierenden daher die Möglichkeit haben, die eigenen Kompetenzen in unterrichtsnahen Anwendungssituationen zu reflektieren.

Limitationen und Ausblick

Die Aussagekraft der Bedarfsanalyse wird durch die kleine Stichprobe gemindert. Auch sind die standortspezifischen Ergebnisse mit Vorsicht zu behandeln, da an manchen Standorten nur Studierende aus einem Semester an der Erhebung teilgenommen haben.

Auf Basis der hier vorgestellten Ergebnisse wird das zum Sommersemester 2021 in Tübingen und Graz pilotierte Seminarkonzept überarbeitet. Das Seminarkonzept soll mittels Expertenbefragung in einem nächsten Schritt konzeptionell weiter ausgeschärft werden und seine Wirksamkeit, z.B. im Hinblick auf das fachdidaktische Wissen zum Einsatz digitaler Medien, empirisch evaluiert werden. Hierzu wird ein Design-Based-Research-Ansatz verfolgt, wonach das Seminarkonzept u.a. in mehreren Iterationen weiterentwickelt wird (Weiler et al., 2021). Zudem sollen Hypothesen abgeleitet werden, wie ein möglichst wirksames Seminar zum Einsatz digitaler Medien im Physikunterricht konzipiert sein sollte.

Literatur

Eickelmann, B., Bos, W., Gerick, J., Goldhammer, F., Schaumburg, H., Schwippert, K., Senkbeil, M. & Vahrenhold, J. (Hrsg.). (2019). *ICILS 2018 #Deutschland. Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern im zweiten internationalen Vergleich und Kompetenzen im Bereich Computational Thinking*. Waxmann.

Freese, M., Winkelmann, J., Teichrew, A. & Ullrich, M. (2021). Nutzung von und Einstellungen zu Augmented Reality im Physikunterricht. In Sebastian Habig (Vorsitz), *Naturwissenschaftlicher Unterricht und Lehrerbildung im Umbruch? 47. Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDCP).* Symposium im Rahmen der Tagung von Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDCP), online.

Hillmayr, D., Ziernwald, L., Reinhold, F., Hofer, S. I. & Reiss, K. M. (2020). The potential of digital tools to enhance mathematics and science learning in secondary schools: A context-specific meta-analysis. *Computers & Education*, *153*, 103897. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103897

Meinhardt, C., Rabe, T. & Krey, O. (2018). Formulierung eines evidenzbasierten Validitätsarguments am Beispiel der Erfassung physikdidaktischer Selbstwirksamkeitserwartungen mit einem neu entwickelten Instrument. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *24*(1), 131–150. https://doi.org/10.1007/s40573-018-0079-6

Schecker, H., Wilhelm, T., Hopf, M. & Duit, R. (Hrsg.). (2018). *Schülervorstellungen und Physikunterricht: Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis*. Springer Berlin Heidelberg. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-662-57270-2 https://doi.org/10.1007/978-3-662-57270-2

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. https://doi.org/10.1080/15391523.2009.10782544

Schubatzky, T., Burde, J.-P., Große-Heilmann, R., Riese, J. & Weiler, D. (in diesem Band). *Das Gesamtuntersuchungsdesign im Verbundprojekt DiKoLeP*.

Schwarzer, R. & Schmitz, G. S. (2002). *WirkLehr - Skala Lehrer-Selbstwirksamkeit.* https://doi.org/10.23668/PSYCHARCHIVES.4600

Vogelsang, C., Finger, A., Laumann, D. & Thyssen, C. (2019). Vorerfahrungen, Einstellungen und motivationale Orientierungen als mögliche Einflussfaktoren auf den Einsatz digitaler Werkzeuge im naturwissenschaftlichen Unterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *25*(1), 115–129. https://doi.org/10.1007/s40573-019-00095-6

Weiler, D., Burde, J.-P., Lachner, A., Riese, J. & Schubatzky, T. (2021). Entwicklung eines Seminars zur Förderung des Konzeptverständnisses mittels digitaler Medien. In V. Nordmeier & H. Grötzebauch (Vorsitz), *PhyDid B-Didaktik der Physik - Beiträge zur Frühjahrstagung 2021*.

Rike Große-Heilmann[1]
Jan-Philipp Burde[2]
Josef Riese[1]
Thomas Schubatzky[3]
David Weiler[2]

[1]RWTH Aachen
[2]Universität Tübingen
[3]Universität Graz

Messung fachdidaktischer digitaler Kompetenzen in Physik

Die zunehmende Bedeutung digitaler Medien im Fachunterricht erfordert die Bereitstellung entsprechender fachdidaktischer Lerngelegenheiten im Lehramtsstudium (KMK, 2016; Vogelsang et al., 2019). Zur Einschätzung der Lernwirksamkeit solcher Lehrkonzepte ist der Zuwachs (fachdidaktischer) digitaler Kompetenzen zu überprüfen. Bislang werden angehende Lehrkräfte dazu häufig mit Selbsteinschätzungstests befragt (Wang, Schmidt-Crawford & Jin, 2018). Das hier beschriebene Teilprojekt des DiKoLeP-Verbunds knüpft an dieses Desiderat an, indem ein Testinstrument zur Messung fachdidaktischer digitaler Kompetenzen in Physik[1] entwickelt und validiert wird, das künftig zur Evaluation fachdidaktischer Seminarkonzepte zum Einsatz digitaler Medien im Physikunterricht genutzt werden soll (Schubatzky et al., in diesem Band).

Theoretischer Hintergrund

Das Fachdidaktische Wissen (FDW) als ein zentraler Bereich professioneller Kompetenz von Lehrkräften (Baumert & Kunter, 2006) wurde bereits in verschiedenen Projekten der Naturwissenschaftsdidaktik untersucht, indem u. a. Modellierungen des FDW für das Fach Physik entwickelt und entsprechende Testinstrumente konzipiert wurden (z.B. ProWiN: Tepner et al., 2012; Profile-P: Riese, Gramzow & Reinhold, 2017). Als Synthese mehrerer Strukturierungen schlagen Gramzow, Riese und Reinhold (2013) eine Modellierung des FDW in Physik vor, welche acht fachdidaktische Facetten unterscheidet. Auf dieser Basis wurden vier dieser Facetten in Form eines Kompetenztests operationalisiert: *Instruktionsstrategien, Schülervorstellungen, Experimente* und *Fachdidaktische Konzepte* (Riese et al., 2017). Zur Facette (Digitale) Medien, welche jenes Wissen adressiert, das häufig als fachdidaktische digitale Kompetenzen gemäß dem zentralen TPCK des TPACK-Modells (Mishra & Koehler, 2006) bezeichnet wird, liegt bisher kein proximales Messverfahren vor. Das hier beschriebene Teilprojekt widmet sich daher der Entwicklung eines Testinstruments zur validen Messung dieser Kompetenzen.

Vorgehen zur Operationalisierung

Zunächst erfolgte die Modellierung der Facette (Digitale) Medien des FDW durch eine deduktive Bündelung relevanter fachbezogener sowie fachübergreifender Literatur zum Medieneinsatz (z.B. Girwidz, 2020; Kulgemeyer, 2018; Mayer, 2009; Rutten, van Joolingen & van der Veen, 2012) und einer anschließenden inhaltlichen Fokussierung und Ausschärfung hinsichtlich der fachdidaktischen Perspektive in Anlehnung an den Orientierungsrahmen

[1] Während in Bezug auf digitale Medien in der Regel von digitalen *Kompetenzen* von (angehenden) Lehrkräften gesprochen wird (vgl. z. B. Becker et al. (2020)), ist für den zugrundliegenden Bereich des Professionswissens der Begriff Fachdidaktisches *Wissen* (FDW) etabliert. Da sich das im Projekt entwickelte Testinstrument auch als Kompetenztest auffassen lässt, der nicht nur rein deklaratives Wissen erfasst, wird in diesem Beitrag von der Messung fachdidaktischer digitaler Kompetenzen gesprochen, wobei weiterhin der in der Literatur etablierte Begriff des Fachdidaktischen Wissens für das zugrundeliegende Konstrukt verwendet wird.

DiKoLAN (Becker et al., 2020) sowie in Abstimmung im Verbundprojekt. Auf diese Weise wurden vier zentrale Kategorien für die Modellierung dieser physikdidaktischen Kompetenzfacette Digitale Medien herausgearbeitet: *Fachbezogene Grundlagen*, *Digitale Messwerterfassung*, *Simulationen* und *Erklärvideos* (Große-Heilmann et al., 2021).
Bei der anschließenden Aufgabenentwicklung wurde für die strukturell-inhaltliche Passung zum existierenden FDW-Test ein zur damaligen Entwicklung analoges Itementwicklungsmodell herangezogen (siehe Abb. 1). Es beinhaltet erstens die vier Kategorien der modellierten Facette Digitale Medien und unterscheidet zweitens drei kognitive Anforderungen für die zu entwickelnden Testaufgaben. Die dritte Dimension bildet der physikalische Inhaltsbereich, welcher bei der Aufgabenentwicklung jedoch nicht bewusst variiert wird. Fokussiert wird der physikalische Inhaltsbereich Mechanik betrachtet, aber nicht ausschließlich (Große-Heilmann et al., 2021). Zur objektiven und zeitökonomischen Auswertung werden nur geschlossene Mehrfachwahlaufgaben verwendet.

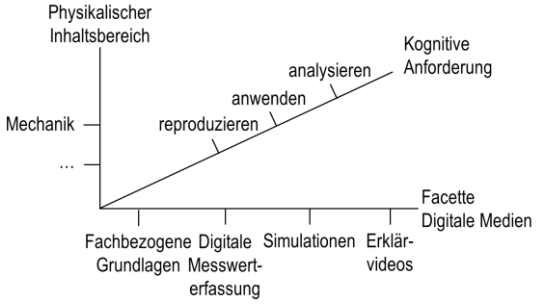


Abb. 1: Itementwicklungsmodell zur Facette Digitale Medien des FDW in Physik (in Anlehnung an Riese et al., 2017)

In Zusammenarbeit mit den kooperierenden Standorten im Verbund konnten auf diese Weise 17 Testaufgaben für die Pilotierung entwickelt werden, welche sich jeweils einer Kategorie sowie einer kognitiven Anforderung zuordnen lassen. Abbildung 2 zeigt ein Itembeispiel.

Handelt es sich im Folgenden um Aspekte, die allgemein als Vorteile einer digitalen Messwerterfassung (z.B. Systeme von Lehrmittelherstellern mit externen Sensoren oder Nutzung der internen Messsensorik mobiler Endgeräte) gegenüber traditionellen Messmethoden im Physikunterricht aufgefasst werden?

	ja	nein
Ermöglichung neuer experimenteller Zugänge	x	
Generelle Reduktion des kognitiven Anspruchs		x
Überzeugendere Messergebnisse für die Lernenden		x
Einfache Umsetzung von Langzeitmessungen	x	
Fokussierung auf die Dateninterpretation	x	
Auslagerung von Routinearbeiten	x	

Abb. 2: Beispielaufgabe zur Kategorie Digitale Messwerterfassung und kognitiver Anforderung reproduzieren

An der Pilotierung des Testinstruments im Sommersemester 2021 nahmen 116 Lehramtsstudierende teil, z.T. zu mehreren Messzeitpunkten ($N = 145$). Im Schnitt waren die Befragten im 7. Semester ($SD = 3$, $Min = 1$, $Max = 15$), wobei sich etwa zwei Drittel (63%) im Bachelorstudium und ein Drittel (34%) im Masterstudium befanden. Neben Physiklehramtsstudierenden (79%) wurden zur diskriminanten Validierung (Messick, 1995) außerdem Lehramtsstudierende anderer Fächer (Chemie und Technik, zus. 21%) befragt. Zudem wurden teilweise parallele Erhebungen mit dem Kompetenztest zum FDW in Physik (geschlossene Version des Tests, siehe Jordans et al., in diesem Band) sowie einer nach Riese und Reinhold (2012) adaptierten Kurzversion des Tests zum Pädagogischen Wissen (PW) von

Seifert, Hilligus und Schaper (2009) durchgeführt. Mit den Erkenntnissen aus den Itemanalysen im Rahmen der Pilotierung wurden anschließend zwei Testaufgaben entfernt sowie eine stark verändert. Bei weiteren Aufgaben sind kleinere Anpassungen durch das Entfernen oder Überarbeiten einzelner Antwortalternativen vorgenommen worden. Das optimierte Testinstrument besteht aus 15 geschlossenen Mehrfachwahlaufgaben.

Ergebnisse

Die Auswertung zum optimierten Testinstrument erfolgte mittels einer Raschmodellierung und ergab überwiegend annehmbare deskriptive Gütemaße. Die EAP-Reliabilität des gesamten Tests liegt bei 0.76. Der mittlere Itemfit (gewichteter Mean Square bzw. Infit) liegt bei 1.01 (*SD* = 0.08, *Min* = 0.84, *Max* = 1.25). Als weiteres Maß für den Modellfit der Items ergibt sich ein mittlerer RMSEA von 0.053 (*SD* = 0.029) im akzeptablen Bereich (Moosbrugger & Kelava, 2020). Die in Abbildung 3 dargestellte Wright-Map deutet an, dass sich die Itemschwierigkeiten überwiegend im Bereich der Personenfähigkeiten befinden, was ein Hinweis für eine annehmbare Schwierigkeit des Tests für die untersuchte Stichprobe ist. Diesen stützt auch eine niedrige Differenz zwischen mittlerer Itemschwierigkeit und mittlerer Personenfähigkeit von 0.07. Die Varianz des Tests liegt bei 0.69.

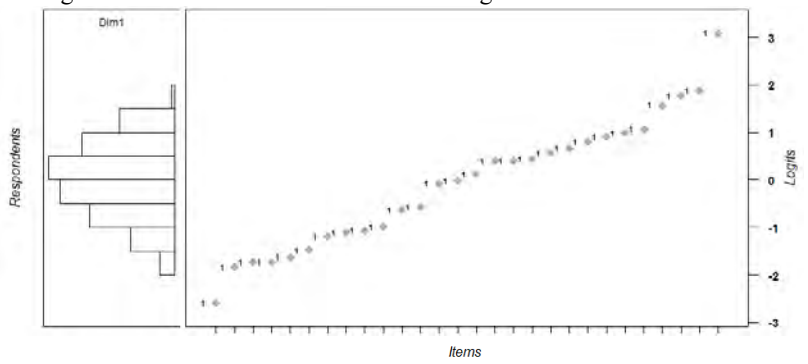


Abb. 3: Wright-Map zur Gegenüberstellung von Aufgabenschwierigkeiten und Personenfähigkeiten

Für die Abgrenzung zu nicht medienbezogenen FDW und zu allgemeindidaktischen bzw. pädagogischen Wissen wurden Korrelationsanalysen mit den Kovariaten aus den Parallelerhebungen durchgeführt. Erwartungskonform korreliert der Score des entwickelten Testinstruments stärker mit dem des fachdidaktischen Kompetenztests (r_{FDW} = 0.469, p = 0.002, N = 43; r_{PW} = 0.333, p = 0.001, N = 105). Ein Mittelwertvergleich hinsichtlich der Studienfächer ergibt, dass die Physiklehramtsstudierenden im entwickelten Test signifikant (p = 0.002) besser abschneiden (diskriminante Validierung).

Reflexion und Ausblick

Einige Untersuchungen im Rahmen der Pilotierung, der Aufgabenüberarbeitung und den ersten Validierungsstudien zeigten bereits akzeptable Ergebnisse. Zukünftig sind weitere Teilstudien geplant, um zusätzliche Argumente zur Konstruktvalidität nach Messick (1995) zu untersuchen (inhaltliche und curriculare Validität durch Expertenbefragungen, kognitive Validität durch Think-Aloud-Befragungen). In der Hauptstudie ab Wintersemester 2021 wird das entwickelte Testinstrument zur Evaluation der Seminarkonzepte im Verbundprojekt im Pre-(Mid-)Post-Design eingesetzt (Schubatzky et al., in diesem Band).

Literatur

Baumert, J. & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, *9*(4), 469–520.

Becker, S., Bruckermann, T., Finger, A., Huwer, J., Kremser, E., Meier, M. et al. (2020). Orientierungsrahmen Digitale Kompetenzen für das Lehramt in den Naturwissenschaften - DiKoLAN. In S. Becker, J. Meßinger-Koppelt & C. Thyssen (Hrsg.), *Digitale Basiskompetenzen. Orientierungshilfe und Praxisbeispiele für die universitäre Lehramtsausbildung in den Naturwissenschaften* (S. 14–43). Hamburg: Joachim Herz Stiftung.

Girwidz, R. (2020). Multimedia und digitale Medien im Physikunterricht. In E. Kircher, R. Girwidz & H. E. Fischer (Hrsg.), *Physikdidaktik. Grundlagen* (4. Aufl., S. 457–527). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Gramzow, Y., Riese, J. & Reinhold, P. (2013). Modellierung fachdidaktischen Wissens angehender Physiklehrkräfte. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *19*, 7–30.

Große-Heilmann, R., Riese, J., Burde, J.-P., Schubatzky, T. & Weiler, D. (2021). Erwerb und Messung physikdidaktischer Kompetenzen zum Einsatz digitaler Medien. *PhyDid B-Didaktik der Physik-Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*, *1*, 171–178.

Jordans, M., Zeller, J., Große-Heilmann, R. & Riese, J. (in diesem Band). Weiterentwicklung eines physikdidaktischen Tests zum Online-Assessment.

Kulgemeyer, C. (2018). Wie gut erklären Erklärvideos? *Computer+ Unterricht*, *109*, 8–11.

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

Mayer, R. E. (2009). *Multimedia Learning* (Second Edition). Cambridge: Cambridge university press.

Messick, S. (1995). Validity of psychological assessment: Validation of inferences from persons' responses and performances as scientific inquiry into score meaning. *American Psychologist*, *50*(9), 741–749.

Mishra, P. & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers college record*, *108*(6), 1017–1054.

Moosbrugger, H. & Kelava, A. (Hrsg.). (2020). *Testtheorie und Fragebogenkonstruktion* (3. Aufl.). Berlin: Springer.

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.

Riese, J. & Reinhold, P. (2012). Die professionelle Kompetenz angehender Physiklehrkräfte in verschiedenen Ausbildungsformen. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, *15*(1), 111–143.

Rutten, N., van Joolingen, W. R. & van der Veen, J. T. (2012). The learning effects of computer simulations in science education. *Computers & Education*, *58*(1), 136–153.

Schubatzky, T., Burde, J.-P., Große-Heilmann, R., Riese, J. & Weiler, D. (in diesem Band). Das Gesamtuntersuchungsdesign im Verbundprojekt DiKoLeP.

Seifert, A., Hilligus, A. H. & Schaper, N. (2009). Entwicklung und psychometrische Überprüfung eines Messinstruments zur Erfassung pädagogischer Kompetenzen in der universitären Lehrerbildung. *Lehrerbildung auf dem Prüfstand*, *2*(1), 82–103.

Tepner, O., Borowski, A., Dollny, S., Fischer, H. E., Jüttner, M., Kirschner, S. et al. (2012). Modell zur Entwicklung von Testitems zur Erfassung des Professionswissens von Lehrkräften in den Naturwissenschaften. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *18*, 7–28.

Vogelsang, C., Finger, A., Laumann, D. & Thyssen, C. (2019). Vorerfahrungen, Einstellungen und motivationale Orientierungen als mögliche Einflussfaktoren auf den Einsatz digitaler Werkzeuge im naturwissenschaftlichen Unterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *25*(1), 115–129.

Wang, W., Schmidt-Crawford, D. & Jin, Y. (2018). Preservice Teachers' TPACK Development: A Review of Literature. *Journal of Digital Learning in Teacher Education*, *34*(4), 234–258.

Michelle Möhlenkamp[1]
Helena van Vorst[1]
Sebastian Habig[2]
Mathias Ropohl[1]

[1]Universität Duisburg-Essen
[2]Universität Erlangen-Nürnberg

Welche Wirkungen erzielt eine binnendifferenzierende Lernleiter mit niveauadaptierten Hilfen im Chemieunterricht?

Theoretischer Hintergrund

Lernende bringen im Chemieunterricht verschiedene Lernvoraussetzungen mit und unterscheiden sich z.B. in ihrem chemischen Fachwissen, ihrem Interesse und ihren kognitiven Fähigkeiten. Dabei ist besonders an Real- und Gesamtschulen eine ausgeprägte Heterogenität festzustellen (Bohl, Bönsch, Trautmann & Wischer, 2012; Stanat, Schipolowski, Mahler, Weirich & Henschel, 2019). Um diesen Unterschieden der Lernenden gerecht zu werden und gleichzeitig den Aufbau von Fachwissen zu fördern, ist ein strukturierter und binnendifferenzierter Unterricht wichtig. Daher bietet sich die Methode der Lernleiter an, die schulische Lernprozesse strukturiert, indem sie ein Thema in mehrere Unterthemen (Meilensteine) unterteilt (Girg, Lichtinger & Müller, 2012). Die einzelnen Meilensteine einer Lernleiter sind wiederum aus verschiedenen Bausteinen aufgebaut, die den methodischen Unterrichtsgang transparent beschreiben. Van Vorst (2018) hat das Konzept für den Chemieunterricht adaptiert und eine Lernleiter zum Thema „Bohr'sches Atommodell" entwickelt. Diese besteht aus drei Meilensteinen, in die jeweils Bausteine zur Binnendifferenzierung integriert wurden, um individuelle Lernprozesse zu fördern. Neben den Selbsteinschätzungsbögen, die in der Lernleiter zum Bohr'schen Atomkonzept als Grundlage zur Binnendifferenzierung genutzt wurden, könnte eine optimale Passung zwischen dem Lerngegenstand und dem Lernenden erreicht werden, indem vor und während des Lernprozesses die Leistungsdaten der Lernenden erfasst und für die Bereitstellung entsprechender adaptiver Hilfen genutzt werden. Adaptive Unterstützung hat das Potenzial, den Wissenszuwachs der Lernenden positiv zu beeinflussen (Brühwiler & Vogt, 2020). In Kombination mit digitalen Medien kann daraus ein effizientes niveauadaptives System entstehen, das eine optimale Passung zwischen dem Unterrichtsinhalt und den Voraussetzungen der Lernenden schafft (McKnight, et al., 2016).

Fragestellung

Um die vorab dargestellten Anforderungen an einen binnendifferenzierenden Unterricht aufzugreifen, ist es das Ziel dieses Projektes, eine digitale Lernleiter zu entwickeln, die auf der Grundlage einer steten Diagnostik möglichst passgenaue adaptive Hilfen zur Aufgabenbearbeitung zur Verfügung stellt. Im Fokus der begleitenden Untersuchung steht die Evaluation der Effektivität des entwickelten Konzepts. Zusätzlich sollen schulische und unterrichtliche Rahmenbedingungen, die auf eine erfolgreiche Implementation im Unterricht begünstigend wirken, erfasst werden. Folgende Forschungsfragen werden untersucht:

Forschungsfrage 1: Welche Effekte zeigt eine digitale, binnendifferenzierende Lernleiter mit integrierten niveauadaptiven Hilfen auf das Fachwissen und das Interesse der Lernenden im Chemieunterricht?

Forschungsfrage 2: Welche Unterschiede zeigen sich in der individuellen Nutzung der niveauadaptiven Hilfen in Abhängigkeit der Darbietungsform (digital vs. analog)?

Forschungsfrage 3: Welche Rolle spielen schulische Rahmenfaktoren und die Überzeugungen der Lehrpersonen bezüglich des Einsatzes digitaler Medien im Unterricht auf die Entwicklung und Implementation der Lernleiter?

Methode

Grundlage des Projekts ist eine Wissenschafts-Praxis-Kooperation, die mit Lehrkräften aus neun Real- und Gesamtschulen des Ruhrgebiets durchgeführt wird. Die Lernleiter selbst wurde basierend auf der analogen Lernleiter von van Vorst zum Thema „Bohr´sches Atommodell“ als digitale Variante mit niveauadaptierten Hilfen in workshop-artigen Sitzungen mit den am Projekt teilnehmenden Lehrkräften in Moodle/H5P entwickelt. Die digitale Lernleiter besteht aus drei Meilensteinen mit mehreren Bausteinen (Abb.1).

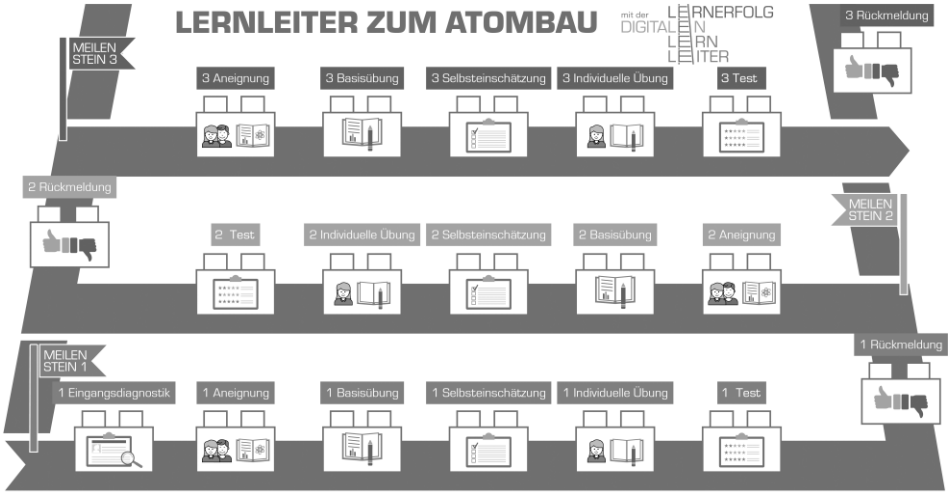


Abb.1: Struktur der digitalen Lernleiter.

Jedem Meilenstein geht eine Eingangsdiagnostik voraus. Anschließend erfolgt eine Aneignungsphase, in der sich die Lernenden neues Wissen eigenständig aneignen. Basierend auf der Diagnostik werden den Lernenden bei der Bearbeitung unterschiedliche, niveauabhängige Hilfen zu einer Aufgabe angeboten, die sie optional nutzen können. Es stehen dabei inhaltliche, sprachliche und methodische Hilfen während der Aneignung, der Basisübung und der individuellen Übung zur Verfügung. Am Ende eines jeden Meilensteins erfolgt eine Evaluation in Form eines digitalen Fragebogens. Das Material wird ab Januar 2022 im Chemieunterricht der teilnehmenden Schulen erprobt.

Für die Beantwortung der Forschungsfragen 1 und 2 dient als Studiendesign eine quasi-experimentelle Interventionsstudie mit Prä-Post-Testdesign, die die Wirkungen einer digitalen Lernleiter, präsentiert auf iPads, mit integrierten niveauadaptiven Hilfen auf das Wissen und Interesse der Lernenden im Vergleich zu einer analogen Lernleiter mit separaten Hilfen untersucht (Abb. 2). Im Rahmen der Wissenschafts-Praxis-Kooperation werden voraussichtlich $N = 600$ Lernende aus den neun Projektschulen an der Untersuchung teilnehmen. Aus jeder Schule sind zwei Chemieklassen der Jahrgangsstufe 9 beteiligt, die jeweils von derselben Lehrkraft unterrichtet werden. Die Stichprobe wird in eine Kontroll-

und eine Interventionsgruppe aufgeteilt. Die Interventionsgruppe erhält das Arbeitsmaterial in einer digitalen H5P-Lernumgebung in Moodle. Die Zuordnung zu Niveaustufen erfolgt automatisiert auf Grundlage zuvor erfasster Leistungsdaten der Lernenden. Die Kontrollgruppe erhält analoges Material mit separaten Hilfen. Vor und nach der Intervention werden das Fachwissen, das Selbstkonzept, die Lernmotivation sowie die IT-Kompetenz der Lernenden erhoben. Sechs Wochen nach Beendigung der Intervention erfolgt ein Follow-up-Test, um eine Aussage bezüglich des langfristigen Wissenserwerbs treffen zu können.

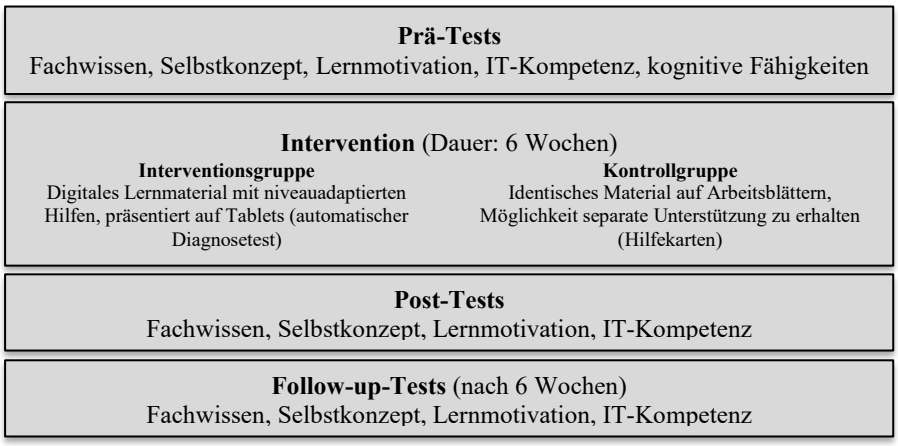


Abb.2: Studiendesign Forschungsfrage 1 und 2.

Die dritte Forschungsfrage beschäftigt sich mit den schulischen Rahmenfaktoren und den Einstellungen der Lehrkräfte zum Thema digitale Medien. Ein Fragebogen, basierend auf der "Unified Theory of Acceptance and Use of Technology" (Venkatesh, et al., 2003), der aus 64 Items zu den Kategorien Schulausstattung, Einsatz digitaler Medien und bisherige Erfahrungen mit digitalen Medien im Unterricht, Erfahrungen im Vergleich zu traditionellen Unterrichtsmethoden und Einstellung zu digitalen Medien besteht, wurde erstellt. Vor, während und nach dem Projekt wird der Fragebogen zur Erfassung der Einstellungen der Lehrkräfte eingesetzt.

Ergebnisse

Der Schwerpunkt der bisherigen Arbeit lag in der kokonstruktiven Entwicklung des digitalen Lernleitermaterials. Erste Daten zur 3. Forschungsfrage liegen bereits vor.

Die erste Befragung der am Projekt teilnehmenden Lehrkräfte hat beim Auftakttreffen im Oktober 2020 (Messzeitpunkt 1 vor Beginn des Projektes) stattgefunden. Der Großteil der Lehrkräfte ist positiv gegenüber digitalen Medien eingestellt. Fast alle Lehrkräfte (92 %) halten den Einsatz digitaler Medien im Chemieunterricht für sinnvoll und 84 % der Befragten geben an, sich auch außerhalb des Unterrichts gerne mit digitalen Medien zu beschäftigen. Im Hinblick auf die schulische Ausstattung sind lediglich 16 % mit den in ihrer Schule zur Verfügung stehenden Medien zufrieden.

Literatur

Bohl, T., Bönsch, M., Trautmann, M. & Wischer, B. (2012). Binnendifferenzierung. Teil 1: Didaktische Grundlagen und Forschungsergebnisse zur Binnendifferenzierung im Unterricht. Immenhausen: Prolog-Verlag.

Brühwiler, C. & Vogt, F. (2020). Adaptive teaching competency. Effects on quality of instruction and learning outcomes. Journal for Educational Research Online(1), 119-142.

Girg, R., Lichtinger, U. & Müller, T. (2012). Lernen mit Lernleitern. Unterrichten mit der MultiGradeMultilevel-Methodology. Immenhausen: Prolog-Verlag.

McKnight, K., O´Malley, K., Ruzic, R., Horsley, M. K., Franey, J. J. & Bassett, K. (2016). Teaching in a Digital Age: How Educators Use Technology to Improve Student Learning. Journal of Research on Technology in Education, 48(3), S. 194-211.

Stanat, P., Schipolowski, S., Mahler, N., Weirich, S. & Henschel, S. (2019). IQB-Bildungstrend 2018. Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen am Ende der Sekundarstufe I im zweiten Ländervergleich. Münster: Waxmann.

van Vorst, H. (2018). Zum Bohr'schen Atomkonzept mit der Lernleiter: Ein Ansatz zur Unterrichtsstrukturierung und Differenzierung. MNU(71), 317-324.

Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B. & Davis, F. D. (2003). User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View. MIS Quarterly, 27(3), 425-478.

Dominik Diermann[1]
Steffen Glaser [1]
Jenna Koenen [1]

[1]Technische Universität München

Lernen quantenmechanischer Grundlagen durch Simulationen in SpinDrops

Visualisierungen und dynamische Simulationen werden als lernförderliche und motivierende Werkzeuge in der Lehre im Fach Chemie angesehen und seit kurzem auch zur Vermittlung quantenmechanischer Konzepte eingesetzt. Tatsächlich bieten Visualisierungen durch eine Art Isomorphismus zur submikroskopischen Ebene die Möglichkeit, Systeme zugänglich zu machen, die sonst nicht zu beobachten oder untersuchen wären.
Das an der Technischen Universität München (TUM) entwickelte Programm SpinDrops (Glaser et al., 2018) visualisiert Spinsysteme (mit bis zu drei Spin-½-Teilchen) über interaktiv gestaltbare Pulssequenzen hinweg, wie sie auch in NMR-Experimenten (engl. „nuclear magnetic resonance“) vorkommen. Den Spinsystemen können dabei Pulse (die sich u.a. als eine Rotation des visualisierten Bloch-Vektors auswirken) oder zeitliche Delays hinzugefügt werden, welche die freie Entwicklung des Systems simulieren. Bestimmte Parameter des Systems (z.B. offset-Frequenzen oder Kopplungskonstanten) können ebenfalls variiert werden und werden direkt visualisiert.

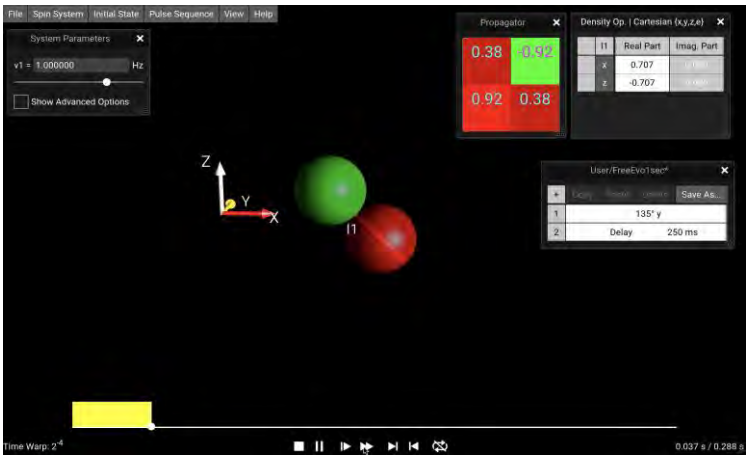


Abb. 1: Das SpinDrops-Interface während der Studie (Lösung der Aufgabe 2).

Speziell für Chemiker*innen ist die Vorstellung eines Spins und das damit verbundene Anwendungsgebiet der NMR-Spektroskopie von großer Bedeutung. Dennoch erweisen sich diese Konzepte als schwierig zu lernen und zu lehren (Connor, 2021). Hier könnten Visualisierungen und interaktive Simulationen einen Lösungsansatz darstellen, denn einige Studien zeigen insgesamt positive Effekte von computergestützten Simulationen beim Lernen von Naturwissenschaften (z. B. D'Angelo et al., 2014; Stieff, 2019; Develaki, 2019).

Methode und Forschungsfrage

Daher wurde erstmalig eine Untersuchung der Auswirkungen der Simulationssoftware SpinDrops auf das Lernen und Verstehen quantenmechanischer Grundlagen der NMR-Spektroskopie von Studierenden vorgenommen.

Es wurden die folgende Forschungsfrage formuliert:

> Wie beeinflussen die Visualisierung und die Simulation quantenmechanischer Konzepte durch die Software SpinDrops das Verständnis von Studierenden beim Lernen mit Aufgaben zu Magnetisierungsvektoren und Spin-Wellenfunktionen während NMR-Pulssequenzen?

Die Studie wurde an zwei parallelen Aufgaben (Aufgabe 1 ohne die und Aufgabe 2 mit der Nutzung von SpinDrops) zur Wirkung von Pulssequenzen auf den Magnetisierungs- bzw. Bloch-Vektor eines einzelnen Spins durchgeführt. In beiden Aufgaben waren Berechnungen und (quantenmechanisches) Hintergrundwissen notwendig. Der gesamte Studienablauf ist in Abbildung 2 dargestellt.

Abb. 2: Schematische Darstellung des Studienablaufs. F steht für den Einsatz eines Fragebogens zur Motivation und der Selbstwirksamkeitserwartung. SD steht für den Einsatz der Software SpinDrops. I steht für ein kurzes Interview nach Aufgabe 2.

Aufgrund der Methodenwahl des Lauten Denkens und einer geringen Fallzahl ($N = 6$) war die Untersuchung hypothesengenerierend angelegt. Es wurden Hypothesen zur Wirkung von SpinDrops auf das Denken und das Konzeptverständnis sowie zu möglichen Einsatzgebieten der Simulation induktiv generiert, die es in weiteren Untersuchungen empirisch zu belegen oder zu widerlegen gilt. Die Audio- und Bildschirmaufnahmen der Aufgabenbearbeitungen (mit Lautem Denken) wurden transkribiert und mit einem teils induktiv entwickelten Kodiermanual codiert und ausgewertet (Zweitkodierung mit Cohens Kappa zu insgesamt $\kappa = .70$).

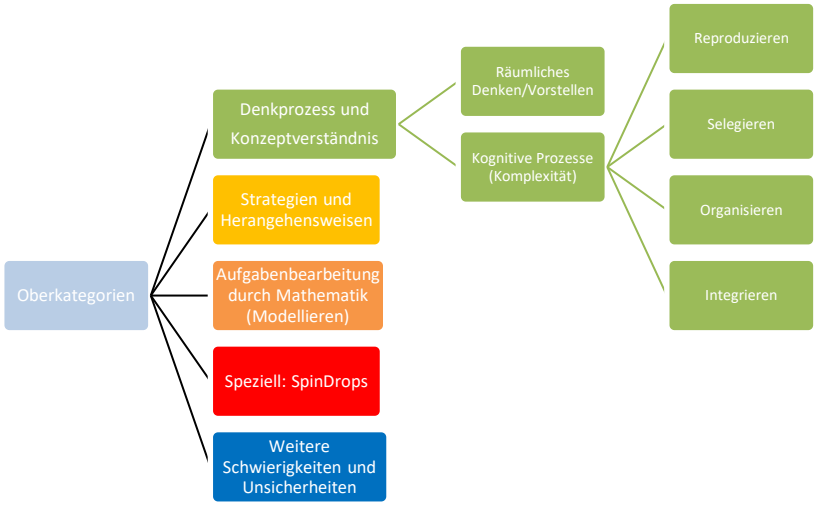


Abb. 3: Überblick über die relevanten Kategorien des Kodiermanuals (auf eine genauere Untergliederung sowie die Aufteilung der kognitiven Prozesse in fachlich richtig und fachlich falsch/unpassend wurde zur besseren Übersicht verzichtet).

Abbildung 3 zeigt einen Einblick in das Kategoriensystem der Auswertung. Die Einteilung der dabei gefundenen Denkprozesse und dem Konzeptverständnis ist an das ESNaS-Projekt (Walpuski et al., 2010) angelehnt - der Punkt kognitive Prozesse unterteilt sich dabei in die aufeinander aufbauenden Denkweisen *Reproduzieren* (Identifizieren von Information), *Selegieren* (Auswählen von Information), *Organisieren* (Strukturieren von Information) und *Integrieren* (Einbinden von Information in die bisherige Wissensbasis). Daneben waren die genutzten Oberkategorien *Strategien und Herangehensweisen, Aufgabenbearbeitung durch Modellieren (Mathematik), Speziell:SpinDrops* und *weitere Schwierigkeiten und Unsicherheiten* von Interesse.

Ergebnisse

Insgesamt wurden aufgrund der Analyse der Lernprozesse der Studierenden bei der Bearbeitung der Aufgaben u.a. die folgenden Hypothesen zur Wirkung und Nutzung von SpinDrops generiert:

- H 1: SpinDrops trägt positiv zur Motivation und der Selbstwirksamkeit bei.
- H 2.1: Der Einsatz von SpinDrops führt zu etwas besser strukturiertem Wissen und dem besseren Verständnis von Zusammenhängen.
- H 2.2: SpinDrops eignet sich besonders, um das Verständnis dynamischer NMR-Konzepte, wie etwa der Präzessionsbewegung durch Veranschaulichung/Simulation zu vertiefen.
- H 2.3: SpinDrops führt zu einer kleinschrittigeren und „zeitabhängigeren“ Erklärung der Wirkung von Pulssequenzen auf den Bloch-Vektor.
- H 3.1: SpinDrops unterstützt das Lernen, Verstehen und die Aufgabenlösung durch die Möglichkeit zur einfachen Kontrolle der eigenen Ideen und Ergebnisse.
- H 3.2: SpinDrops unterstützt Studierende bei der Ideenfindung in Aufgaben zu Pulssequenzen und Magnetisierungsvektoren.
- H 3.3: SpinDrops kann als Strukturierungshilfe für Erklärungen zu Pulssequenzen und Verbalisierungen des Konzeptwissens dienen.
- H 3.4: Der Einsatz von SpinDrops kann dazu führen, weniger Überlegungen und Berechnungen anzustellen als ohne die Software.

Die Daten legen die Vermutung nahe, dass SpinDrops die Erfolgserwartungen und die Selbsteinschätzung von Studierenden steigert und als Strukturierungs- und Kontrollhilfe auch zu besser vernetzten quantenmechanischen Wissen führen kann, was sich besonders beim Verständnis dynamischer Grundlagen der NMR-Spektroskopie zeigte.
Dies wurde u.a. daran fest gemacht, dass in Aufgabe 2 komplexere Denkprozesse codiert und gefunden wurden als noch in Aufgabe 1 ohne SpinDrops.

Diskussion und Ausblick

Neben möglicher Kritik an der Methode des Lauten Denkens muss beispielsweise angemerkt werden, dass es sich bei der vorgestellten Studie um qualitative Einzelfallbetrachtungen handelt, die uns jedoch einen optimistischen Blick auf weitere Untersuchungen mit SpinDrops werfen lassen. Die gewählten Aufgaben deckten nur einen Teil der Möglichkeiten und Features von SpinDrops ab. Die gut erkennbaren Verbesserungen im Bereich der kognitiven Prozesse in Aufgabe 2 (mit SpinDrops-Nutzung) könnten neben den Einflüssen der SpinDrops-Visualisierungen ebenfalls teilweise durch Lerneffekte der Aufgabenreihenfolge erklärt werden. SpinDrops wird in Zukunft weiterentwickelt und auf die Bedürfnisse der Studierenden angepasst werden, um in der Lehre weiterer passender Konzepte der Quantenmechanik oder der NMR-Spektroskopie effektiv und gewinnbringend eingesetzt werden zu können.

Literatur

Connor, M. C. (2021). *Teaching and learning 1H nuclear magnetic resonance spectroscopy* (Dissertation, University of Michigan). Zugriff am 22.10.2021 auf https://deepblue.lib.umich.edu/bitstream/handle/2027.42/167938/mcarole_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y

D'Angelo, C., Rutstein, D., Harris, C., Bernard, R., Borokhovski, E. & Haertel, G. (2014). Simulations for stem learning: Systematic review and meta-analysis. *SRI International*.

Develaki, M. (2019) Methodology and epistemology of computer simulations and implications for science education. *Journal of Science Education and Technology*, 28. doi: 10.1007/s10956-019-09772-0

Glaser, S., Tesch, M. & Glaser, N. (2018). *SpinDrops*. Zugriff am 12.04.2021 auf https://spindrops.org

Glynn, S. M., Brickman, P., Armstrong, N. & Taasoobshirazi, G. (2011). Science motivation questionnaire II: Validation with science majors and nonscience majors. *Journal of Research in Science Teaching*, 48 (10), 1159-1176.

Rheinberg, F., Vollmeyer, R. & Burns, B. D. (2001). FAM: Ein Fragebogen zur Erfassung aktueller Motivation in Lern- und Leistungssituationen. [A questionnaire to assess current motivation in learning situations.]. *Diagnostica,* 47 (2), 57–66. doi: 10.1026/0012-1924.47.2.57

Stieff, M. (2019). Improving Learning Outcomes in Secondary Chemistry with Visualization-Supported Inquiry Activities. *Journal of Chemical Education*, 96 (7), 1300–1307. Zugriff auf https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00205

Walpuski, M., Kauertz, A., Kampa, N., Fischer, H. E., Mayer, J., Sumfleth, E. & Wellnitz, N. (2010). ESNaS - Evaluation der Standards für die Naturwissenschaften in der Sekundarstufe I. In A. Gehrmann, U. Hericks & M. Lüders (Hrsg.), *Bildungsstandards und Kompetenzmodelle. Beiträge zu einer aktuellen Diskussion über Schule, Lehrerbildung und Unterricht.* (S. 171-184). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Thomas Schubatzky[1]
Jan-Philipp Burde[2]
Rike Große-Heilmann[3]
Josef Riese[3]
David Weiler[2]

[1]Universität Graz
[2]Universität Tübingen
[3]RWTH Aachen

Das Gesamtuntersuchungsdesign im Verbundprojekt DiKoLeP

Problemstellung und Zielsetzung

Die digitale Transformation des Bildungssystems wird als eine zentrale Herausforderung gesehen (Eickelmann et al., 2019). Angehende Physiklehrkräfte sollen daher auch schon während ihres Studiums „digitale Kompetenzen", also Kompetenzen zum fachdidaktisch sinnvollen Einsatz digitaler Medien, entwickeln (Becker, Meßinger-Koppelt & Thyssen, 2020). Dazu braucht es entsprechende Studienelemente, die neben der Entwicklung des fachdidaktischen Wissens als kognitive Komponente professioneller Kompetenz (Baumert & Kunter, 2006) auch die Motivation und Überzeugungen zum Einsatz digitaler Medien (Vogelsang, Finger, Laumann & Thyssen, 2019) in den Blick nehmen.

Im Verbundprojekt DiKoLeP (Digitale Kompetenzen von Lehramtsstudierenden im Fach Physik) der RWTH Aachen, der Universität Graz und der Universität Tübingen wird daher ein übergeordnetes Lehrkonzept mit standortspezifischen Ausprägungen entwickelt und evaluiert, welches dieser Anforderung nachkommt. Ziel des Projekts ist es also nicht, dasselbe Seminarformat möglichst identisch an den jeweiligen Standorten umzusetzen. Vielmehr werden gemeinsame Kernelemente entwickelt und an die jeweiligen Standortspezifika angepasst. Unter anderem soll dadurch eine potenzielle Umsetzung des Lehrkonzepts an anderen Universitäten ermöglicht und erleichtert werden. Das übergeordnete Ziel des Projekts ist demnach, Hypothesen für lernförderliche, standortunabhängig einsetzbare Lerngelegenheiten zur Adressierung digitaler Kompetenzen in der Physik-Lehramtsausbildung abzuleiten.

Theoretische Rahmung des Gesamtprojekts

Für die theoretische Rahmung des Verbundprojekts muss zwischen der Seminar- und der Individualebene der SeminarteilnehmerInnen unterschieden werden. Zur Untersuchung der Kompetenzentwicklung auf Individualebene wird auf das Modell professioneller Handlungskompetenz (angehender) Physiklehrkräfte zurückgegriffen (Riese, 2009, angelehnt an Baumert und Kunter, 2006). Als Teil des Professionswissens von Physiklehrkräften wird dabei das fachdidaktische Wissen zum Einsatz digitaler Medien im Physikunterricht fokussiert. Diese Facette des fachdidaktischen Wissens wird im Rahmen des Verbundprojekts operationalisiert und ein entsprechendes Testinstrument entwickelt (siehe Große-Heilmann et al., dieser Band bzw. Große-Heilmann et al., 2021). Als Aspekte motivationaler Orientierungen und selbstregulativer Fähigkeiten wird auf die Motivation zum Einsatz digitaler Medien sowie beeinflussender Faktoren (Vogelsang et al., 2019), die Selbstwirksamkeit Schülervorstellungen mit digitalen Medien zu adressieren (angelehnt an Meinhardt, Rabe & Krey, 2018) und der "utility-value" digitaler Medien (van Braak, Tondeur & Valcke, 2004) fokussiert. Die Theory of Planned Behaviour (Ajzen, 1991) bildet den theoretischen Rahmen, um die Rolle des fachdidaktischen Wissens für die Motivation zum Einsatz digitaler Medien zu untersuchen.

Auf Seminarebene dient insbesondere an den Standorten Tübingen und Graz Design-Based Research als Rahmen für die iterative Seminarentwicklung (siehe Weiler et al., 2021). Für die

Ausgestaltung der Seminare wird auf den Synthesis of Qualitative Evidence (SQD) Ansatz von Tondeur et al. (2012) zurückgegriffen, der Gelingensbedingungen für die Ausgestaltung eines Seminars zur Medienintegration evidenzbasiert beschreibt. Entsprechend des SQD-Ansatzes sind dabei vor allem folgende sechs Aspekte zentral:

- Im Seminar sollen theoretische mit praktischen Phasen verzahnt werden, etwa durch die Durchführung von Unterrichtssequenzen oder Erprobung von Lernumgebungen in schulischem Unterricht.
- Die Studierenden sollen in Teams arbeiten, etwa bei der Ausarbeitung von Unterrichtsplanungen unter Nutzung digitaler Medien.
- Die Studierenden sollen authentische Erfahrungen mit digitalen Medien machen, etwa durch die eigenständige Auseinandersetzung mit digitalen Medien.
- SeminarleiterInnen sollen eine Vorbildfunktion für den Einsatz von digitalen Medien einnehmen, etwa durch die Integration digitaler Medien in die Seminargestaltung.
- Die Studierenden sollen kontinuierliches Feedback im Seminar erhalten, etwa durch Rückmeldungen von ihren Peers und der Seminarleitung.
- Das Seminar soll Gelegenheiten für die systematische Reflexion des Einsatzes digitaler Medien bieten, etwa durch Diskussionen oder Beobachtungen.

Forschungsinteressen und -fragen

Aus den obigen Überlegungen ergeben sich einige standortübergreifende Forschungsinteressen, die mit den folgenden Forschungsfragen korrespondieren und im Zuge des Projekts DiKoLeP beantwortet werden sollen:

(1) Inwiefern lässt sich fachdidaktisches Wissen zum Einsatz digitaler Medien mithilfe des entwickelten Testinstruments valide messen?
(2) Zeigt sich ein Kompetenzzuwachs (in den erhobenen Aspekten) der Studierenden über die drei Seminare der beteiligten Standorte hinweg?
(3) Welche standortunabhängigen und standortabhängigen Merkmale der Seminare tragen maßgeblich zum Kompetenzzuwachs (in den erhobenen Aspekten) der Studierenden bei?
(4) Welche individuellen Lernvoraussetzungen begünstigen die Kompetenzentwicklung (in den erhobenen Aspekten) der Studierenden?
(5) Welche Rückschlüsse lassen sich aus den Ergebnissen der Evaluation für die Konzeption zukünftiger Seminare ziehen?
(6) Welche Elemente des Lehrkonzepts tragen aus Sicht der Studierenden maßgeblich zur Qualität des Lehrkonzepts bei?
(7) Welche Rolle nimmt das fachdidaktische Wissen zum Einsatz digitaler Medien für die Motivation zum Einsatz digitaler Medien ein?

Studiendesign und Seminarkonzept

Basierend auf dem SQD-Ansatz (Tondeur et al., 2012) und einer Recherche relevanter Literatur (z.B. Becker et al., 2020; Kulgemeyer, 2016; Teichrew & Erb, 2020) wurde eine erste Fassung des Lehrkonzepts entwickelt und für die jeweiligen Standorte adaptiert. In Abbildung 1 finden sich die jeweiligen Seminarteile (in grün) und Erhebungszeitpunkte (in weiß). Das Lehrkonzept besteht aus einer Phase theoretischer Kernelemente, in der zentrale Voraussetzungen für den Einsatz digitaler Medien thematisiert werden. Zudem werden für den Phy-

sikunterricht besonders relevante digitale Medien aufgegriffen und deren fachdidaktische Hintergründe behandelt. Dieser einführende Block mündet schließlich in einen Block, in dem der Fokus auf dem praktischen Einsatz digitaler Medien liegt. Dieser Block ist je nach standortspezifischen Anforderungen unterschiedlich ausgestaltet. In Aachen (AC) entwickeln die Studierende Lernzirkel zu bestimmten physikalischen Inhaltsbereichen unter Nutzung digitaler Medien. Nach einer Erprobung der Lernzirkel mit SchülerInnen werden die Erfahrungen im Seminar reflektiert. An den Standorten Graz (G) und Tübingen (TÜ) entwickeln die Studierenden in Phasen praktischer Vertiefung Einsatzszenarien digitaler Medien, die sie schließlich im Seminar anhand von Micro-Teachings durchführen. Die Durchführung der Micro-Teachings wird anschließend gemeinsam im Seminar analysiert und reflektiert.
Die Erhebungen erfolgen in Aachen in einem Prä-Post Format und in Tübingen sowie Graz einem Prä-Mid-Post Format. Nach Durchführung der Seminare werden zudem Interviews mit ausgewählten SeminarteilnehmerInnen geführt, um einerseits Hinweise zur Weiterentwicklung der Seminare zu erhalten, andererseits aber auch mögliche Gründe für die Kompetenzentwicklung während des Seminars zu untersuchen.

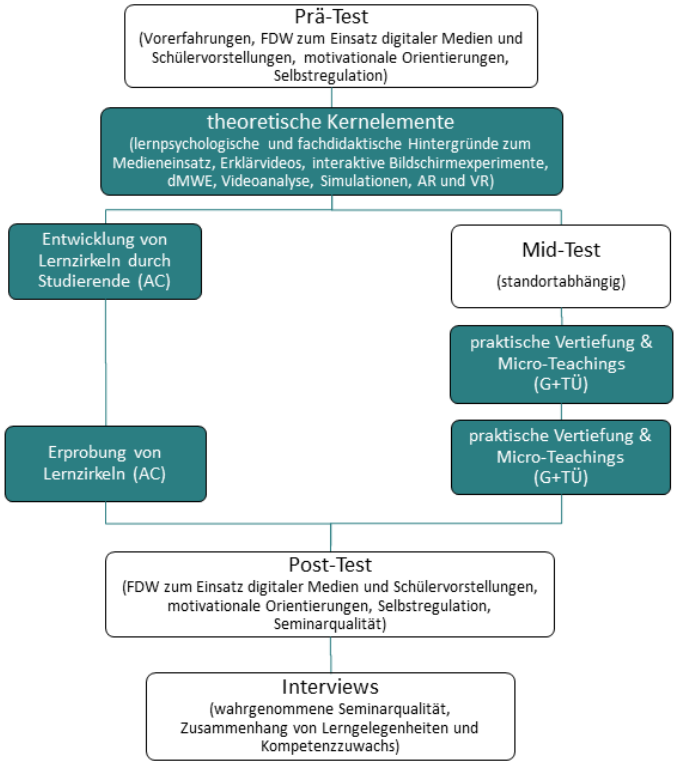


Abb. 1: Untersuchungsdesign der Seminarevaluation des Verbundprojekts DiKoLeP

Aktueller Stand und Ausblick

Sowohl das Testinstrument zur Facette digitale Medien des fachdidaktischen Wissens (Große-Heilmann et al., dieser Band) als auch das Lehrkonzept (Weiler et al., 2021) wurden im Sommersemester 2021 pilotiert. Ergänzend wurde eine Bedarfsanalyse an den Projektstandorten durchgeführt (Weiler et al., dieser Band). Die Haupterhebungen starten mit Oktober 2021 und werden in den Jahren 2022 und 2023 durchgeführt.

Literatur

Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, *50*(2), 179–211. https://doi.org/10.1016/0749-5978(91)90020-t

Baumert, J. & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, *9*(4), 469–520.

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

Eickelmann, B., Bos, W., Gerick, J., Goldhammer, F., Schaumburg, H., Schwippert, K. et al. (Hrsg.). (2019). *ICILS 2018 #Deutschland. Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern im zweiten internationalen Vergleich und Kompetenzen im Bereich Computational Thinking*. Münster: Waxmann.

Große-Heilmann, R., Riese, J., Burde, J.-P., Schubatzky, T. & Weiler, D. (dieser Band). Messung fachdidaktischer digitaler Kompetenzen in Physik. In S. Habig (Hrsg.), *Unsicherheit als Element von naturwissenschaftsbezogenen Bildungsprozessen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik online Jahrestagung 2021.* Duisburg-Essen.

Große-Heilmann, R., Riese, J., Burde, J.-P., Schubatzky, T. & Weiler, D. (2021). Erwerb und Messung physikdidaktischer Kompetenzen zum Einsatz digitaler Medien. *PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*, 171–178.

Kulgemeyer, C. (2016). Lehrkräfte erklären Physik. Rolle und Wirksamkeit von Lehrererklärungen im Physikunterricht. *Naturwissenschaften im Unterricht. Physik*, *27*(152), 2–9. Verfügbar unter: https://scholar.google.com/citations?user=_jgmwpaaaaaj&hl=de&oi=sra

Meinhardt, C., Rabe, T. & Krey, O. (2018). Formulierung eines evidenzbasierten Validitätsarguments am Beispiel der Erfassung physikdidaktischer Selbstwirksamkeitserwartungen mit einem neu entwickelten Instrument. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *24*(1), 131–150.

Riese, J. (2009). *Professionelles Wissen und professionelle Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften*. Logos-Verlag.

Teichrew, A. & Erb, R. (2020). How augmented reality enhances typical classroom experiments: examples from mechanics, electricity and optics. *Physics Education*, *55*(6), 65029. https://doi.org/10.1088/1361-6552/abb5b9

Tondeur, J., van Braak, J., Sang, G., Voogt, J., Fisser, P. & Ottenbreit-Leftwich, A. (2012). Preparing pre-service teachers to integrate technology in education: A synthesis of qualitative evidence. *Computers & Education*, *59*(1), 134–144. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.10.009

Van Braak, J., Tondeur, J. & Valcke, M. (2004). Explaining different types of computer use among primary school teachers. *European Journal of Psychology of Education*, *19*(4), 407–422. https://doi.org/10.1007/BF03173218

Vogelsang, C., Finger, A., Laumann, D. & Thyssen, C. (2019). Vorerfahrungen, Einstellungen und motivationale Orientierungen als mögliche Einflussfaktoren auf den Einsatz digitaler Werkzeuge im naturwissenschaftlichen Unterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *25*(1), 115–129. https://doi.org/10.1007/s40573-019-00095-6

Weiler, D., Burde, J.-P., Lachner, A., Große-Heilmann, R., Riese, J. & Schubatzky, T. (dieser Band). Bedarfsanalyse zu digitalen Medien bei Physik-Lehramtsstudierenden. In S. Habig (Hrsg.), *Unsicherheit als Element von naturwissenschaftsbezogenen Bildungsprozessen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik online Jahrestagung 2021.* Duisburg-Essen.

Weiler, D., Burde, J.-P., Lachner, A., Riese, J., Schubatzky, T. & Große-Heilmann, R. (2021). Entwicklung eines Seminars zur Förderung des Konzeptverständnisses mittels digitaler Medien. *PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*, 209–215.

Hendrik Peeters[1]
Sebastian Habig[2]
Sabine Fechner[1]

[1]Universität Paderborn
[2]Universität Nürnberg-Erlangen

Einbettung von Augmented Reality in den Experimentierprozess

Ausgangslage

Sowohl Experimente als auch Modelle stellen in den Naturwissenschaften und damit auch im Chemieunterricht wesentliche Säulen der Erkenntnisgewinnung dar. Dabei wird das traditionelle kochrezeptartige Durchführen von Experimenten seit einigen Jahren zunehmend durch *inquiry*-basierten Ansätzen ergänzt, deren Potenziale und Grenzen fortwährend in der Literatur diskutiert werden (Furtak et al., 2012; Rönnebeck et al., 2016). Trotz der Vielzahl und der damit einhergehenden Diversität vorhandener *Inquiry*-Ansätze zielt ein nicht unerheblicher Teil dieser Formate darauf ab, Lernende selbstbestimmt(er) naturwissenschaftliche Phänomene untersuchen und erklären zu lassen, wobei diese möglichst auf wissenschaftliche Methoden wie beispielsweise das Modellieren zurückgreifen sollen (Minner et al., 2010). Die Lernenden stehen dabei vor der Herausforderung, nach der Durchführung eines Experiments die auf der makroskopischen Ebene sichtbaren Phänomene mit der nicht-sichtbaren submakroskopischen Ebene in Verbindung zu bringen. Nach Johnstone (1993) stellt dies jedoch eine wichtige Voraussetzung für die Interpretation chemischer Phänomene dar. Bisherige Studien (Dettweiler, 2017; Kozma & Russell, 1997) deuten jedoch darauf hin, dass Schüler*innen meist nicht souverän zwischen den einzelnen Repräsentationsebenen wechseln oder diese in Verbindung bringen können. Wie Andrade und Kollegen (2019) zeigen konnten, gelingt es den meisten Lernenden oft nicht, adäquate Erklärungen zu formulieren.
Augmented Reality (AR) bietet die Möglichkeit, die submikroskopische Ebene bereits während des Experimentierens in den Prozess der Erkenntnisgewinnung einzubeziehen, indem virtuelle digitale Modelle zur Verfügung gestellt werden. Die Potenziale und Grenzen des Einsatzes von AR in diesem Zusammenhang sollen in dem vorgestellten Promotionsprojekt näher untersucht werden.

Theoretischer Hintergrund

Modelle spielen eine zentrale Rolle in den Naturwissenschaften vor allem in der Chemie. Aufgrund der Unzugänglichkeit der submikroskopischen Ebene für das menschliche Auge stellen sie hier den „dominant way of thinking“ (Luisi & Thomas, 1990, S. 67) dar und haben eine Mittlerfunktion zur sinnlich wahrnehmbaren makroskopischen Ebene inne. Giere (2010) verweist darauf, dass Subjekte Modelle einerseits zur Abbildung eines ausgewählten Teils der Realität erstellen bzw. nutzen, diese andererseits aber auch einen Zweck erfüllen müssen. Eine wesentliche Funktion von Modellen besteht schließlich darin, Erklärungen zu beobachteten Phänomenen zu konstruieren und zu rechtfertigen (Oliveira et al., 2015). Naturwissenschaftliche Erklärungen zeichnen sich hierbei insbesondere dadurch aus, dass sie Phänomene nicht nur beschreiben, sondern auch nicht-sichtbare Entitäten einbeziehen, um Ursache-Wirkungs-Beziehungen aufzudecken (Braaten & Windschitl, 2011). Gerade diese Aspekte sind im *Inquiry*-Prozess von zentraler Bedeutung.
Der Begriff *Inquiry* zeigt insofern eine Polyvalenz, als er in verschiedenen Kontexten der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung Anwendung findet und hierbei unterschiedliche

Bedeutungen innehat (Minner et al., 2010). So umfasst der Begriff einerseits das Wissen von Lernenden über die Arbeitsmethoden von Wissenschaftler*innen und andererseits wird *Inquiry* auch als pädagogischer Ansatz verstanden, den Lehrende nutzen, um Lernenden Raum für eigene Untersuchungen zu geben. Dabei bezieht er sich auch auf die Fähigkeit der Lernenden, selbst wissenschaftliche Methoden wie beispielsweise das Modellieren im Rahmen eines Erkenntnisgewinnungsprozesses einzusetzen. In Bezug auf den zuletzt genannten Aspekt werden von Furtak und Kolleg*innen (2012) vor allem zwei Dimensionen unterschieden: die Art und der Umfang von Aktivitäten sowie die Leitung durch den Prozess, welche sich in einem Kontinuum zwischen Lehrenden und Lernenden bewegt. Wie Pedaste und Kolleg*innen (2015) in ihrem systematischen Review zu Phasen des *Inquiry*-Prozesses zeigen konnten, herrscht insbesondere in Bezug auf die Aktivitäten bislang kein Konsens, sodass unterschiedliche *Inquiry*-Konzepte verschiedene Phasen für den Prozess vorschlagen, die jedoch nicht immer zwangsläufig linear verlaufen müssen und in einzelnen Ansätzen sogar überlappen können. Während die White und Frederiksen (1998) in ihrem Ansatz nur fünf Aktivitäten (*Question, Predict, Experiment, Model, Apply)* unterscheiden, differenziert die NRC (2012) zwischen acht unterschiedlichen Aktivitäten. Beim Vergleich der unterschiedlichen Konzepte fällt jedoch auf, dass eine Mehrzahl das Modellieren als eigene Phase im *Inquiry*-Prozess ausweisen. Es stellt sich jedoch die Frage, ob eine Trennung zwischen Durchführungs-, Modellierungs- und Erklärungsphase – wie sie in einigen Inquiry-Ansätzen bislang vorgenommen wird – weiterhin in jedem Setting empfohlen werden sollte, insbesondere vor dem Hintergrund, dass Erklärungen von Schüler*innen häufig nicht über die makroskopische Ebene hinausgehen und somit eher einen deskriptiven Charakter aufweisen (Andrade et al., 2019).

In diesem Zusammenhang kann Augmented Reality (AR) als unterstützende Technologie infrage kommen und bei Einbettung in den Experimentierprozess als mögliches Bindeglied zwischen den zuvor genannten Phasen bzw. Aktivitäten fungieren, da AR die Realität durch virtuelle Objekte ergänzt. So können bereits während der Durchführung des Experiments Modelle der submikroskopischen Ebene virtuell darstellt werden, was aus kognitionspsychologischer Sicht hinsichtlich der Präsentation zusammengehöriger Informationen zuträglich erscheint. Hierbei kann einerseits auf *See-through*-Geräte, die oft in Form einer Brille am Kopf befestigt werden, und andererseits auf monitorbasierte Geräte wie Tablets zurückgegriffen werden. AR ist damit Teil des von Milgram und Kollegen (1994) postulierten Mixed-Reality-Kontinuums, dessen Extrema die „echte“ Realität und eine vollständig virtuelle Realität bilden. Eine einheitliche Definition zu AR existiert bislang zwar nicht, allerdings wird in der Literatur häufig auf drei von Azuma (1997) postulierte Merkmale Bezug genommen:

(1) Kombination von virtuellen und realen Objekten mit teilweiser Überlagerung
(2) Interaktion in Echtzeit
(3) Dreidimensionalität der Objekte

Dass der Einsatz von AR im naturwissenschaftlichen Unterricht durchaus positive Effekte mit sich bringen kann, legen erste Studienergebnisse nahe. So stellen Ibáñez und Delgado-Kloos (2018) in ihrem systematischen Review fest, dass sich bei der Mehrheit der einbezogenen Studien ein positiver Einfluss auf den Erwerb konzeptuellen Wissens bei der Nutzung von AR zeigte. Weitere Studien ergaben, dass sich einerseits die Komplexität dreidimensional anspruchsvoller Aufgaben durch den Einsatz von AR senken ließ (Habig, 2020) und andererseits die Proband*innen auch eine geringere extrinsische kognitive Belastung wahrnahmen (Thees et al., 2020).

Forschungsziel und Forschungsfragen

Ausgehend von zuvor skizzierten Herausforderungen und Lösungsansätzen verfolgt das Promotionsprojekt das Ziel, Effekte des Einsatzes von Augmented Reality während des Experimentierens auf lernergenerierte Erklärungen zu untersuchen. In mehreren Teilstudien soll hierbei folgenden Forschungsfragen nachgegangen werden:

F1: Wie werden Modelle von Lernenden während der verschiedenen Phasen des *Inquiry*-Prozesses genutzt?

F2: Welche Effekte hat AR auf die Fähigkeit von Lernenden bei der Deutung eines Phänomens, die makroskopische mit der submikroskopischen Ebene zu verbinden?

F3: Wie wirkt sich AR auf die Adäquatheit von schülergenerierten Erklärungen zu einem chemischen Phänomen aus?

Forschungsdesign

Ausgangspunkt zur Erforschung der oben genannten Fragestellungen bildet ein systematisches Review, welches den Einsatz von Modellen im Inquiry-Prozess untersucht. Hierbei wird vorrangig auf zwei Literaturdatenbanken (Web of Science und Scopus) mittels einer Suchanfrage bestehend aus Begriffen zum *Inquiry*-Prozess, zu Modellen bzw. Visualisierungen sowie den Naturwissenschaften zurückgegriffen. Die Ergebnisse der Suchanfragen werden im Anschluss auf die Einhaltung der Einschlusskriterien wie u.a. Relevanz hinsichtlich der *Inquiry*-Phasen und Modelle, Schulbezug sowie Bericht einer empirischen Studie überprüft und im Anschluss systematisch analysiert. Aus den Ergebnissen des Reviews sollen einerseits Gestaltungsmerkmale für die zu entwickelnde AR-Umgebung gewonnen werden, welche in einer Pilotstudie mit einem Schwerpunkt auf Benutzerfreundlichkeit evaluiert werden soll, um sie im Anschluss mit Blick auf die Hauptstudie überarbeiten zu können. Andererseits soll das systematische Review dazu beitragen, die Hauptstudie mit einem Prä-Post-Interventionsdesign so zu gestalten, dass zwischen den zwei Vergleichsgruppen mit Blick auf Lernumgebungen ein fairer Vergleich vorgenommen werden kann. Hier erfolgt nach dem Prä-Test, in dem u.a. Merkmale wie kognitive Fähigkeiten, Fachwissen und Modellverständnis erfasst werden, die Zuweisung zu einer der beiden Vergleichsgruppen auf Basis der Ergebnisse der Befragung, um vergleichbare Gruppen sicherzustellen. Beide Gruppen führen in der darauffolgenden Experimentierphase ein Experiment durch, wobei eine Gruppe durch eine Echt-Zeit-AR-Visualisierung unterstützt wird, während die Vergleichsgruppe eine andere Form der Unterstützung erhält. Im Anschluss bereiten die Proband*innen mithilfe einer vorstrukturierten digitalen Lernumgebung eine Erklärung zum beobachteten Phänomen vor, die sie in einem anschließenden Interview verbalisieren. Sowohl die Experimentierphase als auch die Vorbereitung der Erklärungen sollen hierbei mittels Screencasts aufgezeichnet werden, um die Nutzung der einzelnen Lernumgebungen evaluieren zu können. Zudem soll in den beiden Phasen in regelmäßigen Abständen die empfundene kognitive Belastung anhand eines kurzen Fragebogens erfasst werden. Abschließend erfolgt ein Post-Test, der die Aspekte Fachwissen, Modellverständnis und die Benutzerfreundlichkeit abdecken soll.

Ausblick

Derzeit befindet sich das systematische Review, das als Ausgangspunkt für die weitere Studienkonzeption dient, in der Auswertungsphase. Sobald Ergebnisse zum Review vorliegen, werden diese zur Konzeption eines Prototyps für die AR-Umgebung nutzbar gemacht, welcher im Anschluss evaluiert und überarbeitet wird.

Literaturverzeichnis

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

Braaten, M. & Windschitl, M. (2011). Working toward a stronger conceptualization of scientific explanation for science education. *Science Education*, *95*(4), 639–669. https://doi.org/10.1002/sce.20449

Dettweiler, Y. (2017). *Enhancing students' knowledge by meta-conceptual instruction*. DataCite.

Furtak, E. M., Seidel, T., Iverson, H. & Briggs, D. C. (2012). Experimental and quasi-experimantal studies of inquiry-based science teaching: A meta-analysis. *Review of Educational Research*, *82*(3), 300–329.

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

Habig, S. (2020). Who can benefit from augmented reality in chemistry? Sex differences in solving stereochemistry problems using augmented reality. *British Journal of Educational Technology*, *51*(3), 629–644. https://doi.org/10.1111/bjet.12891

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. (1993). The development of chemistry teaching: A changing response to a changing demand. *Journal of Chemical Education*, *70*(9), 701–705.

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.

Milgram, P., Takemura, H., Utsumi, A. & Kishino, F. (1994). Augmented reality: a class of displays on the reality-virtuality continuum. *Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering*, *2351*, 282–292. https://doi.org/10.1117/12.197321

Minner, D. D., Levy, A. J. & 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

National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education*. National Academies Press. https://doi.org/10.17226/13165

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

Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., Jong, T. de, Riesen, van Siswa A. N., Kamp, E. T., Manoli, C. C., Zacharia, Z. C. & Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, *14*, 47–61.

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

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

White, B. Y. & Frederiksen, J. R. (1998). Inquiry, modeling, and metacognition: Making science accessible to all students. *Cognition and Instruction*, *16*(1), 3–118. https://doi.org/10.1207/s1532690xci1601_2

Joachim Kranz[1] [1]Humboldt-Universität zu Berlin
Rüdiger Tiemann[1]

Drei Schritte auf dem Weg zum inklusiven Chemieunterricht mit dem MiC-Ansatz und Multitouch-Learning-Books

Für den Chemieunterricht der Zukunft besteht die Herausforderung in der integrativen Berücksichtigung von Inklusion und Digitalisierung. Die Nachfrage der Lehrerschaft nach frei verfügbaren digitalen und zugleich inklusiven Angeboten kann bisher nicht befriedigt werden. Diese Ausgangssituation deckt sich mit der von der Kultusministerkonferenz (KMK) veröffentlichten Strategie zur „Bildung in der digitalen Welt“, deren charakteristisches Merkmal die Verbindung der Inklusion − die Teilhabe aller an Zugängen zur Bildung − und der Digitalisierung ist (KMK, 2016). Mit dem Modell für den inklusiven Chemieunterricht (MiC) wurde ein evaluierter Rahmen konzipiert, der eine Synthese der Anforderungen für inklusiven Chemieunterricht unter Verwendung von digitalen Tools formuliert.

Drei Schritte auf dem Weg zum inklusiven Chemieunterricht

Struktur und Inhalt des Modells für den inklusiven Chemieunterricht (MiC) von Kranz und Tiemann (2020) wurden anhand einer praxisnahen Lernumgebung zum Thema „Feuer & Flamme“ erprobt und evaluiert. Die Orchestrierung der Umgebung mit Realexperimenten, interaktivem Lehrbuch und analogem Forscherheft führt zu einem handhabbaren Design, dessen Konstruktionsmerkmale im Folgenden erläutert werden. Das Fundament der Entwicklung des MiC-Ansatzes bildet das Modell der inklusionsdidaktischen Netze von Heimlich & Kahlert, (2014), ferner basiert MiC u. a. auf Forschungsergebnissen zur inneren Differenzierung im Chemieunterricht (Rumann, 2005; Reiners & Groß 2017; Koenen, Emden & Sumfleth, 2016), wonach die die prinzipielle Öffnung des Unterrichts für variable Lernwege und differierende Lernergebnisse. im Sinne eines differenzierenden Lernarrangements, in dem die Schülerinnen und Schüler entsprechend ihrer lern- und entwicklungsbedingten Voraussetzungen inklusiv lernen können, erforderlich ist.

Abb. 1: Prinzipielle Struktur des MiC-Ansatzes

Modell für den inklusiven Chemieunterricht (MiC)

Das Modell wird durch drei Ebenen charakterisiert: Das Level 1 wird durch die staatlichen und schulischen Curricula festgelegt. Level 2, die Ebene des Individuums, intendiert nach einer Diagnose die Festlegungen, die neben den verschiedenen Zugängen, das sprachliche Niveau sowie die Auswahl der Experimente und der digitalen Tools betreffen. Level 3 betrifft die Entscheidungen bezüglich der Auswahl und der Art und Weise der Formulierung der Forschungsfrage, den Schwierigkeitsgrad des Problems sowie die notwendigen Hilfestellungen zur Problemlösung.

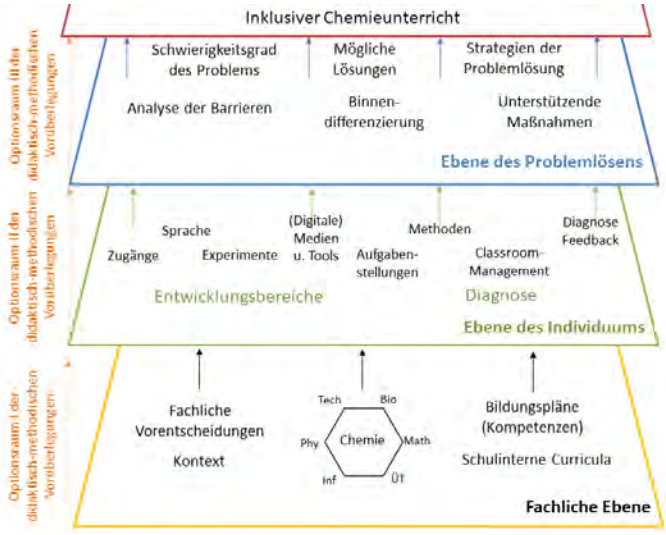


Abb. 2: Ebenen des MiC

Die Architektur des "Modells zum inklusiven Chemieunterricht" (MiC) ist so gestaltet, dass für Lehrerinnen und Lehrer konkrete, planungsleitende Hilfestellungen für den Unterricht daraus ableitbar sind. Ein Workbook mit Schritt für Schritt-Anleitungen bietet zielführende Unterstützung für die Entscheidungsfindung auf den 3 Ebenen

.

Lernumgebung Feuer & Flamme

Die Lernumgebung Feuer & Flamme stellt eine Synthese aus experimentellem Arbeiten, der Nutzung des interaktiven Lehrbuches (Abb. 3) und eines Forscherheftes zur Dokumentation der Ergebnisse dar. In den Lernsequenzen 1 und 2 explorieren die Lernenden den Gasbrenner, um dann in der 3. Sequenz in eine Phase des Problemlösens einzutreten. Abschließend erfolgt ein Transfer durch die fachgerechte Nutzung des Gasbrenners zur Herstellung eines Glasproduktes (Elefantenfuß).

Abb. 3: Multitouch Learning Book, Icons und Link

In Abb. 4 wird die ausgeprägte Interaktivität des Multitouch Learning Books (Huwer & Eilks, 2017) zu „Feuer & Flamme“ verdeutlicht. Die vertikalen Pfeile zeigen die anklickbaren Icons, die für die vier Lernsequenzen (LS) und die Transferphase individuelle Verzweigungsmöglichkeiten für die Schüler/innen zur Verfügung stellen. Die Merkmale der Interaktivität werden erfüllt: Die Navigation erfolgt über Pfeile und Icons, die anklickbaren Icons führen zu unterschiedlichen Informationen, Animationen, Videoclips- und -tutorials. Sie

dienen zur Erklärung und Vertiefung von Problemstellungen, Problemlösestrategien und Zusammenhängen. Die Tipps gliedern sich in inhaltliche und lernstrategische Hilfen. Diese Kombination hat sich als besonders wirkungsvoll erwiesen (Wodzinski, Hänze & Stäudel, 2005). Nach dem SAMR-Modell (Puentedura, 1995) kann das Multitouch Learning Book in die höchste 4. Stufe, der Neudefinition, eingeordnet werden, d. h. das Lernbuch eröffnet die Möglichkeit neuartiger Lehr- und Lernprozesse und damit die funktionale Neugestaltung herkömmlicher Unterrichtspraktiken.

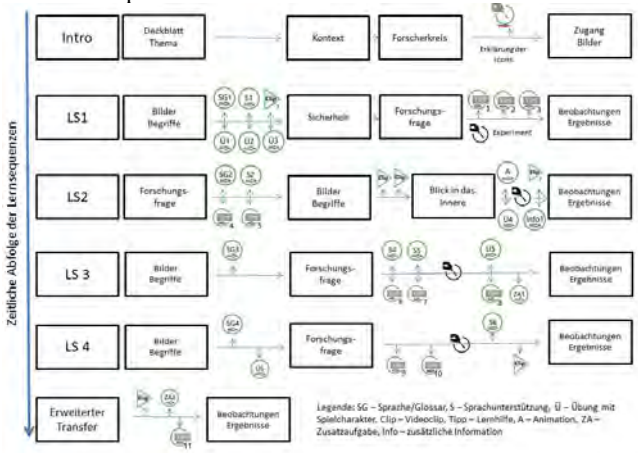


Abb. 4: Architektur des Multitouch-Learning-Books mit interaktiven Tools (LS = Lernsequenz)

Die Evaluation verfolgt das Ziel, in Gruppen unterschiedlicher Leistungsheterogenität quantitativ das (erfolgreiche) Nutzen verschiedener Angebote des interaktiven Lehrbuches der Lerner abzubilden. Auf Seiten der Lehrkräfte wurde qualitativ die Umsetzbarkeit und Akzeptanz des MiC-Ansatzes erhoben. An der Intervention nahmen 165 Schüler/innen der 6. bzw. 7. Jahrgangsstufen der Schulformen ISS, Gymnasium und Grundschule sowie 15 Lehrkräfte teil.

Ausgewählte Ergebnisse der Evaluation

Die Interaktivität der Lernumgebung findet u. a. Ausdruck in der Anzahl der genutzten Klicks. Im Mittel wurden von den Schüler/innen 8,42 Klicks von 37 möglichen Clickables durchgeführt. Die Anzahl der Klicks erreicht für die Schüler/innen der ISS den höchsten Wert. Diese haben im Mittel 8,95 Klicks realisiert (M = 8,95, SD = 3,53). Einen geringfügig niedrigeren Wert erreichen die Schüler/innen des Gymnasiums (M = 8,37, SD = 2,44), die niedrigsten Werte ergeben sich für die Grundschule (M = 7,59, SD = 2,03). Die Nutzung der Clickables unterschied sich nicht signifikant für die Schultypen, d. h. das interaktive Angebot wird in der Summe der Klicks vergleichbar gut angenommen. Werden die Videotutorials über alle Schultypen gleichermaßen genutzt, so zeigen sich für die Schultypen spezifische Unterschiede bei den weiteren interaktiven Angeboten: Lernende aus Sekundarschulen greifen verstärkt auf das Angebot der Lern- und Sprachhilfen zurück ($p < .001$, $\eta^2 = 0.298$), Gymnasiasten interessieren sich mehr für die Zusatzangebote und −informationen ($p < .001$, $\eta^2 = 0.124$), Grundschüler/innen klicken verstärkt die Übungsaufgaben mit Gaming-Charakter an ($p = .005$, $\eta^2 = 0.141$). Die jeweiligen schulartspezifischen Unterschiede sind signifikant.

Die Gesamtheit der Ergebnisse (Kompetenztest, Selbstevaluation der Schüler/innen, Lehrerinnenbefragung) zeigt das Potenzial des Multitouch Learning Books für inklusive Lernumgebungen, zugleich konnte der Transfer des Modells für inklusiven Chemieunterricht in eine praxisnahe, inklusive Lernumgebung an einem Beispiel gezeigt werden.

Literatur

Abels, S. & Markic, S. (2013). Umgang mit Vielfalt – Neue Perspektiven im Chemieunterricht. *Naturwissenschaften im Unterricht – Chemie*, S. 2–6.

Feuser, G. (2018). Entwicklungslogische Didaktik - In: Müller, Frank J. [Hrsg.]: *Blick zurück nach vorn - WegbereiterInnen der Inklusion*. Bd. 2. Originalausgabe. Gießen: Psychosozial-Verlag, S. 147-165.

Frohn, J., Brodesser, E., Moser, V. & Pech, D. (2019). *Inklusives Lehren und Lernen. Allgemein- und fachdidaktische Grundlagen*. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt, 209 S.

Göransson, K. & Nilholm, C. (2014): Conceptual diversities and empirical shortcomings – a critical analysis of research on inclusive education. *European Journal of Special Needs Education*, 29:3**,** S. 265-280.

Heimlich, U. & Kahlert, J. (2014). *Inklusion in Schule und Unterricht*. Stuttgart: Kohlhammer-Verlag,

Heimlich, U. & Wilfert de Icaza, K. (2019). Qualität inklusiver Schulentwicklung - Erste Konsequenzen für die Lehreraus- und -weiterbildung - In: *Lehrerbildung auf dem Prüfstand* 7 (2014) 2, S. 104-119.

Hoffmann, T. & Menthe, J. (2016). Inklusiver Chemieunterricht: Ausgewählte Konzepte und Praxisbeispiele aus Sonderpädagogik und Fachdidaktik. In: Menthe, J., Höttecke, D., Zabka, T., Hammann, M. & Rothgangel, M. (Hrsg.) *Befähigung zu gesellschaftlicher Teilhabe*, Beiträge der fachdidaktischen Forschung. Münster: Waxmann Verlag, S. 131-141.

Huwer, J. & Eilks, I. (2017). Multitouch Learning Books für schulische und außerschulische Bildung. In J. Messinger-Koppelt, S. Schanze & J.·Gross (Hg.), *Lernprozesse mit digitalen Werkzeugen unterstützen. Perspektiven aus der Didaktik naturwissenschaftlicher Fächer* (S. 81−94). Hamburg: J. Herz Stiftung.

Koenen, J., Emden, M. & Sumfleth, E. (2016). *Chemieunterricht im Zeichen der Erkenntnisgewinnung, Ganz In – Materialien für die Praxis*. Münster: Waxmann-Verlag.

Koppelt, J. (2011). *Modellierung dynamischer Problemlösekompetenz im Chemieunterricht.* Dissertation, Humboldt-Universität zu Berlin.

Kranz, J. & Tiemann, R. (2020). Inklusion und Problemlösen im Chemieunterricht − ein Modellansatz. In S. HABIG (Hg.), *Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen* (S. 796−799). Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik.

Kultusministerkonferenz (KMK) (2015). *Lehrerbildung für eine Schule der Vielfalt*. Abgerufen von: https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2015/2015_03_12-Schule-der-Vielfalt.pdf (25.08.2019)

Kultusministerkonferenz KMK. (2016). *Bildung in der digitalen Welt - Strategie der Kultusministerkonferenz*. Abgerufen von: https://www.kmk.org/fi leadmin/Dateien/veroeffentlichungen_ beschluesse/2018/Strategie_Bildung_in_der_digitalen_Welt_idF._vom_07.12.2017.pdf (05.03.2021).

Prediger, S. & Aufschnaiter, C. v. (2017). Umgang mit heterogenen Lernvoraussetzungen aus fachdidaktischer Perspektive. In Bohl, T., Budde, J. & Rieger-Ladich, M. (Hrsg.), *Umgang mit Heterogenität in Schule und Unterricht*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 291-307.

Puentedura, Ruben R. (2015): SAMR - A Brief Introduction. Abgerufen von: http://hippasus.com/rrpweblog/archives/2015/10/SAMR_ABriefIntro.pdf, (09.11.2019)

Ramseger, J. & Anders, Y. (2013). *Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“*. Schaffhausen: SCHUBI Lernmedien AG, Bd. 5.

Rose, D. & Meyer, A. (2013). *Universal Design for Learning: Theory and Practice*. Wakefield: Cast Publishing**.**

Reiners, C. & Groß, K. (2017). *Aktuelle Herausforderungen im Chemieunterricht*. Heidelberg: Springer-Verlag.

Rumann, S. (2005). *Kooperatives Arbeiten im Chemieunterricht. Entwicklung und Evaluation einer Interventionsstudie zur Säure-Base-Thematik*. Berlin: Logos-Verlag.

Scherer, R. (2014). Komplexes Problemlösen im Fach Chemie: - Ein domänenspezifischer Zugang. In: *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 28 (4), S. 181–192.

Seitz, S. (2018). Forschung zu inklusivem Sachunterricht – Bestandsaufnahme und Perspektiven. In: Pech, D., Schomaker, C. & Simon, T. (Hrsg.): *Sachunterrichtsdidaktik & Inklusion*. Ein Beitrag zur Entwicklung. Baltmannsweiler: Schneider, S. 96-111.

Seitz, S. & Simon, T. (2018). Grundlagen und Prinzipien diagnostischen Handelns im inklusiven Sachunterricht. In: Pech, D., Schomaker, C. & Simon, T. (Hrsg.): *Sachunterrichtsdidaktik & Inklusion*. Ein Beitrag zur Entwicklung. Baltmannsweiler: Schneider, S. 80-95.

Stäudel, L. (2009). Differenzieren im Chemieunterricht - Eine Herausforderung für Lehrkräfte, Lernende und das Selbstverständnis von Schule – In: *Unterricht Chemie, Differenzieren* - Heft 111/112, 20. Jg. S. 8-12.

Stäudel, L. (2009). Aufgaben mit gestuften Hilfen – In: *Unterricht Chemie, Differenzieren* - Heft 111/112, 20. Jahrgang, S. 72-78.

UNESCO (1994). *Salamanca-Framework. World conference on special need education: acces and quality*. In: http://www.unesco.org/education/pdf/SALAMA_E.PDF. (25.08.2019).

Wodzinski, R., Hänze, M. & Stäudel, L. (2005) Lernen von Physik und Chemie durch Aufgaben mit gestuften Lernhilfen. In: A. Pitton, *Lehren und Lernen mit neuen Medien*. Kassel: GdCP. Universität Kassel.

Autorenverzeichnis

Andersen, Jasmin , Dr.
Institut für Experimentelle und Angewandte Physik der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel (IEAP)
Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik (IPN)
Leibnizstraße 15
24118 Kiel
Deutschland
andersen@physik.uni-kiel.de

72, 76, 356, 424, 648

Ahrenholtz, Imke
Universität Oldenburg
Didaktik der Physik und Wissenschaftskommunikation
Carl von Ossietzky Straße 9-11
26211 Oldenburg
Deutschland
imke.ahrenholtz@uni-oldenburg.de

216

Anton, Tom Konrad
Universität zu Köln
Institut für Chemiedidaktik
Herbert-Lewin-Straße 2
50931 Köln
Deutschland
tom.anton@uni-koeln.de

112

Arndt, Laura
Pädagogische Hochschule Heidelberg
Chemie
Im Neuenheimer Feld 561/562
69120 Heidelberg
Deutschland
arndt@ph-heidelberg.de

180

Asmussen, Gyde
Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik
Didaktik der Chemie
Olshausenstraße 62
24118 Kiel
Deutschland
asmussen@leibniz-ipn.de

492

Auer, Ralf
Universität Regensburg
Didaktik der Chemie
Universitätsstraße 31
93053 Regensburg
Deutschland
ralf.auer@chemie.uni-regensburg.de

560

Aurin, Marja
Universtität Oldenburg
Didaktik der Physik und Wissenschaftskommunikation
Carl-von-Ossietzky-Str. 9-11
26129 Oldenburg
Deutschland
marja.aurin@uol.de

660

Banse, Carolin
Universität Münster
Institut für Didaktik der Chemie
Fliednerstraße 21
48149 Münster
Deutschland
c.banse@uni-muenster.de

608

Bölsterli Bardy, Katrin , Prof. Dr.
Pädagogische Hochschule Luzern
Chemie und ihre Didaktik
Pfistergasse 20
6003 Luzern
Schweiz
katrin.boelsterli@phlu.ch

108

Baur, Armin , Prof. Dr.
Pädagogische Hochschule Heidelberg
Biologiedidaktik
Im Neuenheimer Feld 561
69120 Heidelberg
Deutschland
baur@ph-heidelberg.de

308

Becker, Manuel
Universität Wien
AECC, Didaktik der Physik
Porzellangasse 4
1090 Wien
Österreich
manuel.becker@univie.ac.at

164

Beeken, Marco , Prof. Dr.
Universität Osnabrück
Didaktik der Chemie
Barbarastraße 7
49076 Osnabrück
Deutschland
mbeeken@uos.de

524

Behrendt, Alina
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
alina.behrendt@uni-due.de

68

Bernholt, Sascha , PD Dr. phil. habil.
IPN Kiel
Didaktik der Chemie
Olshausenstraße 62
24118 Kiel
Deutschland
bernholt@leibniz-ipn.de

492

Bernstein, Fabian
Goethe-Universität Frankfurt am Main
CERN
Max-von-Laue-Str. 1
60438 Frankfurt am Main
Deutschland
fabian.bernstein@cern.ch

488

Bertoldi, Frank , Prof. Dr.
Universität Bonn
Argelander-Institut für Astronomie
Auf dem Hügel 71
53121 Bonn
Deutschland
bertoldi@uni-bonn.de

664

Bewersdorff, Arne
Technische Universität München
Arcisstraße 21
80333 München
Deutschland
arne.bewersdorff@tum.de

308

Biedenbach, Jana
TU Darmstadt

588

Billion-Kramer, Tim , Dr.
PH Heidelberg

180

Bitzenbauer, Philipp , Dr.
Universität Erlangen
Didaktik der Physik
Staudtstr. 7
91058 Erlangen
Deutschland
philipp.bitzenbauer@fau.de

192, 208, 528

Bliesmer, Kai , Dr.
Universität Oldenburg
Didaktik der Physik und
Wissenschaftskommunikation
Carl-von-Ossietzky-Straße 9-11
26129 Oldenburg
Deutschland
kai.bliesmer@uni-oldenburg.de

216, 440, 676

Bolte, Claus , Prof. Dr.
Freie Universität Berlin
Didaktik der Chemie
Haderslebener Straße 9
12163 Berlin
Deutschland
claus.bolte@fu-berlin.de

92, 324, 368, 408, 444

Boltersdorf, Manuela
Universität Bonn
Physikalisches Institut (Fachdidaktik
Physik)
Nussallee 12
53115 Bonn
Deutschland
manuela.boltersdorf@uni-bonn.de

664

Borowski, Andreas , Prof. Dr.
Universität Potsdam
Didaktik der Physik
Karl-Liebknecht-Str. 24/25
14476 Potsdam
Deutschland
andreas.borowski@uni-potsdam.de

96, 404, 432, 612, 756

Böttcher-Graf, Pauline
Technische Universität München
Didaktik der Chemie
Arcisstr. 21
80333 München
Deutschland
pauline.böttcher-graf@tum.de

80

Brämer, Martin
Freie Universität Berlin
Didaktik des Sachunterrichts
Habelschwerdter Allee 45
14195 Berlin
Deutschland
braemer@zedat.fu-berlin.de

228, 280

Brauns, Sarah
Leuphana Universität Lüneburg
Didaktik der Naturwissenschaften
Universitätsallee 1
21335 Lüneburg
Deutschland
sarah.brauns@stud.leuphana.de

424

Breunig, Patricia
Unversität Regensburg
Didaktik der Physik
Universitätstr.31
93053 Regensburg
Deutschland
patricia.breunig@physik.uni-regensburg.de

580

Brinkmann, Ute , Dr.
TU Darmstadt
Fachbereich Chemie / Fachdidaktik Chemie
Alarich-Weiss-Straße 4
64287 Darmstadt
Deutschland
Ute.brinkmann@tu-darmstadt.de

412, 520

Brockhage, Frauke
Universität Osnabrück
Didaktik der Chemie
Barbarastraße 7
49076 Osnabrück
Deutschland
fbrockhage@uos.de

524

Brockmüller, Steffen
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
steffen.brockmueller@uni-due.de

304

Bromme, Rainer , Prof. Dr.
WWU Münster
Pädagogische Psychologie
Fliednerstr. 21
48149 Münster
Deutschland
bromme@uni-muenster.de

6

Brückmann, Maja , Prof. Dr.
Carl von Ossietzky Universität Oldenburg
Institut für Pädagogik
Ammerländer Heerstraße 114-118
26129 Oldenburg
Deutschland
maja.brueckmann@uol.de

476

Brüggemann, Volker
Freie Universität Berlin
Fachbereich Physik
Arnimallee 14
14195 Berlin
Deutschland
volker.brueggemann@fu-berlin.de

228

Budimaier, Florian
Universität Wien
Plattform für Didaktik der
Naturwissenschaften - AECC Physik
Porzellangasse 4/2/2
1090 Wien
Österreich
florian.budimaier@univie.ac.at

740

Burde, Jan-Philipp , Juniorprof. Dr.
Universität Tübingen
AG Didaktik der Physik
Auf der Morgenstelle 14
72076 Tübingen
Deutschland
Jan-Philipp.Burde@uni-tuebingen.de

260, 372, 592, 768, 772, 784

Buschhüter, David , Dr.
Universität Potsdam
Didaktik der Physik
Karl-Liebknecht-Str. 24/25
14476 Potsdam
Deutschland
David.Buschhueter@uni-potsdam.de

56, 404, 756

Cardinal, Kai
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Physik
Universitätsstr. 2
45141 Essen
Deutschland
kai.cardinal@uni-due.de

236

Chroszczinsky, Sophia
Humboldt-Universität zu Berlin
Didaktik der Physik
Newtonstr. 15
12489 Berlin
Deutschland
chroszcs@hu-berlin.de

200

Dahlkemper, Merten
CERN
Teacher and Student Programmes
Esplanade de Particules 1
CH-1211 Genève
Schweiz
merten.dahlkemper@cern.ch

600

Denz, Cornelia , Prof. Dr.
WWU Münster
MExLab Physik
Corrensstr. 2/4
48149 Münster
Deutschland
denz@uni-muenster.de

152

Devetak, Iztok , Prof. Dr.
University of Ljubljana
Kongresni trg 12
1000 Ljubljana
Slovenia
iztok.devetak@pef.uni-lj.siof

536

Dictus, Christian
Humboldt-Universität zu Berlin
Fachdidaktik und Lehr-/Lernforschung Chemie
Brook-Taylor-Str. 2
12489 Berlin
Deutschland
christian.dictus@hu-berlin.de

256

Diermann, Dominik
Technische Universität München
TUM School of Education, Didaktik der Chemie
Arcisstraße 21
80333 München
Deutschland
dominik.diermann@tum.de

780

Dietz, Dennis
Freie Universität Berlin
Didaktik der Chemie
Haderslebener Str. 9
12163 Berlin
Deutschland
dennis.dietz@fu-berlin.de

324

Doil, Melina
Carl von Ossietzky Universität Oldenburg
Didaktik der Chemie
Carl-von-Ossietzky Straße 9-11
26121 Oldenburg
Deutschland
melina.doil@uni-oldenburg.de

712

Dopatka, Liza
Technische Universität Darmstadt
Fachbereich Physik
Hochschulstraße 12
64289 Darmstadt
Deutschland
liza.dopatka@physik.tu-darmstadt.de

372, 592

Dorschu, Alexandra , Prof. Dr.
Hochschule Ruhr West
Institut für Maschinenbau
Duisburger Str. 100
45479 Mülheim an der Ruhr
Deutschland
alexandra.dorschu@hs-ruhrwest.de

340

Ducci, Matthias , Prof. Dr.
Pädagogische Hochschule Karlsruhe
Institut für Chemie
Bismarckstr. 10
76133 Karlsruhe
Deutschland
ducci@ph-karlsruhe.de

248

Eckert, Christine , Dr.
Universität des Saarlandes
Empirische Schul- und
Unterrichtsforschung
Campus A4.2
66123 Saarbrücken
Deutschland
christine.eckert@uni-saarland.de

604, 656

Eghtessad, Axel , Prof. Dr.
PH Tirol
Naturwissenschaftliche Didaktiken
Österreich
axel.eghtessad@ph-tirol.ac.at

380

Ehlert, Lars
Universität Regensburg
Didaktik der Chemie
Universitätsstraße 31
93053 Regensburg
Deutschland
lars.ehlert@ur.de

300

Eichinger, Annika
Universität des Saarlandes
Didaktik der Chemie
Campus Geb. B2.2, R. 0.20
66123 Saarbrücken
Deutschland
annika.eichinger@uni-saarland.de

604, 656

Eitemüller, Carolin , Dr.
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
carolin.eitemueller@uni-due.de

220, 564, 716

Elsner, Julia
Universität Paderborn
Chemiedidaktik
Warburger Str. 100
33098 Paderborn
Deutschland
julia.elsner@upb.de

500

Emden, Markus , Prof. Dr.
Pädagogische Hochschule Zürich
Forschergruppe
Naturwissenschaftsdidaktik
Lagerstrasse 2
CH-8090 Zürich
Schweiz
markus.emden@phzh.ch

308

Engelmann, Philipp , Dr.
Friedrich-Schiller-Universität Jena
AG Chemiedidaktik
Keine Auswahl
07743 Jena
Deutschland
philipp.engelmann@uni-jena.de

312

Essex, Jane , Dr.
University of Strathclyde
16 Richmond St
G1 1XQ Glasgow
UK
jane.essex@Strath.ac.uk

536

Faltin, Lukas
Gymnasium Bleckede
Nindorfer Moorweg 2a
21354 Bleckede
Deutschland
lukas.fal@web.de

700

Fechner, Sabine , Prof. Dr.
Universität Paderborn
Didaktik der Chemie
Warburgerstr. 100
33098 Paderborn
Deutschland
sabine.fechner@upb.de

500, 788

Feser, Markus Sebastian , Dr.
Universität Hamburg
Didaktik der Physik
Von-Melle-Park 8
20146 Hamburg
Deutschland
Markus.Sebastian.Feser@uni-hamburg.de

140, 700

Fischer, Julian Alexander
IPN Kiel
Didaktik der Physik
Olshausenstr. 62
24118 Kiel
Deutschland
jafischer@leibniz-ipn.de

60

Fischer, Matthias
Pädagogische Hochschule Heidelberg
Didaktik der Physik
Am Hackteufel 6
69117 Heidelberg
Deutschland
m.fischer@ph-heidelberg.de

680

Fischer, Vanessa , Dr.
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
vanessa.fischer@uni-due.de

68, 144

Flieser, Katharina
Universität Regensburg
Didaktik der Physik
Universitätsstr. 31
93053 Regensburg
Deutschland
katharina.flieser@ur.de

552

Forster, Katharina
Technische Universität München
Didaktik der Chemie
Arcisstraße 21
80333 München
Deutschland
katharina.forster@tum.de

652

Frank, Florian
Julius-Maximilians-Universität Würzburg
Lehrstuhl für Physik und ihre Didaktik
Emil-Hilb-Weg 22
97074 Würzburg
Deutschland
florian.frank@uni-wuerzburg.de

684

Friedrich, Alexander
Universität Wien
AECC Physik
Porzellangasse 4
1090 Wien
Österreich
alexander.friedrich@brg9.at

156

Fühner, Larissa
WWU Münster
Didaktik der Physik
Wilhelm-Klemm-Straße 10
48149 Münster
Deutschland
larissa.fuehner@uni-muenster.de

136

Fujii, Hiroki , Prof. Phd
University of Okayama (Japan)
Okayama University - Graduate School of Education
3-1-1 Tsushimanaka
700-8530 Okayama
Japan
fujii-hi@cc.okayama-u.ac.jp

368

Gaffron, Julia
Universität Siegen
Didaktik der Chemie
Adolf-Reichwein Straße 2
57076 Siegen
Deutschland
julia.gaffron@uni-siegen.de

584

Ghassemi, Novid
Freie Universität Berlin
Didaktik der Physik
Arnimallee 14
14195 Berlin
Deutschland
nghassemi@zedat.fu-berlin.de

496

Gieske, Robert
Freie Universität Berlin
Didaktik der Chemie
Haderslebener Straße 9
12163 Berlin
Deutschland
r.gieske@fu-berlin.de

92

Glaser, Steffen
TU München
Organische Chemie
Lichtenbergstrasse 4
85747 Garching
Deutschland
glaser@tum.de

780

Goertz, Simon
RWTH Aachen University
I. Physikalisches Institut IA
Sommerfeldstraße 14
52074 Aachen
Deutschland
goertz@physik.rwth-aachen.de

292

Goldhorn, Laura
Goethe-Universität Frankfurt
Institut für Didaktik der Physik
Max-von-Laue-Str. 1
60438 Frankfurt am Main
Deutschland
goldhorn@physik.uni-frankfurt.de

468

Goreth, Sebastian
PH Tirol
Fachdidaktik Technisches und Textiles Werken
Pastorstraße 7
6010 Innsbruck
Österreich
sebastian.goreth@ph-tirol.ac.at

380

Gottschlich, Benedikt
Universität Tübingen
AG Didaktik der Physik
Auf der Morgenstelle 14
72076 Tübingen
Deutschland
benedikt.gottschlich@uni-tuebingen.de

592

Graichen, Martina
PH Freiburg
Institut für Chemie, Physik und Technik
Kunzenweg 21
79119 Freiburg
Deutschland
martina.graichen@ph-freiburg.de

364

Graulich, Nicole , Prof. Dr.
JLU Gießen
Institut für Didaktik der Chemie
Heinrich-Buff-Ring 17
35392 Gießen
Deutschland
Nicole.Graulich@didaktik.Chemie.uni-giessen.de

316

Greitemann, Lars
TU Dortmund
Chemie und ihre Didaktik
Otto-Hahn-Straße 6
44227 Dortmund
Deutschland
lars.greitemann@tu-dortmund.de

264

Gröger, Martin , Prof. Dr.
Uni Siegen
Didaktik der Chemie
Adolf-Reichwein-Str. 2
57076 Siegen
Deutschland
groeger@chemie.uni-siegen.de

328, 484, 504, 584

Groß, Janne
Leuphana Universität Lüneburg
Didaktik der Naturwissenschaften
Universiätsallee 1
21335 Lüneburg
Deutschland
janne.gross@leuphana.de

648

Groß, Katharina , Prof. Dr.
Universität zu Köln
Didaktik der Chemie
Herbert-Lewin-Str. 2
50931 Köln
Deutschland
katharina.gross@uni-koeln.de

128, 132, 548

Große, André M.
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

276, 452

Große-Heilmann, Rike
RWTH Aachen University
Didaktik der Physik und Technik
Sommerfeldstraße 14
52074 Aachen
Deutschland
grosse-heilmann@physik.rwth-aachen.de

760, 768, 772, 784

Grottke, Tina
Humboldt-Universität zu Berlin
Fachdidaktik und Lehr-/Lernforschung
Chemie
Brook-Taylor Str. 2
12489 Berlin
Deutschland
tina.grottke@hu-berlin.de

332, 336

Grubert, Anna
Universität Salzburg
Hellbrunnderstraße 34
5020 Salzburg
Österrreich
anna.gruber2@stud.sbg.ac.at

436

Güler, Ufuk
Freie Universität Berlin
Didaktik der Chemie
Haderslebener Str. 9
12163 Berlin
Deutschland
ufukg@zedat.fu-berlin.de

368

Güth, Fabien
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
fabien.gueth@uni-due.de

392

Haag, Guido
Universität Koblenz-Landau, Campus Landau
AG Physikdidaktik
Fortstraße 7
76829 Landau
Deutschland
ghaag@uni-landau.de

296

Haagen-Schützenhöfer, Claudia , Prof.Dr.
Universität Graz
Physikdidaktik
Universitätsplatz 5
8010 Graz
Österreich
claudia.haagen@uni-graz.at

104, 236, 372, 532, 576, 592, 720

Haak, Inka , Dr.
MLU Halle
Didaktik der Physik
Hoher Weg 8
06120 Halle
Deutschland
inka.haak@physik.uni-halle.de

140, 692

Haase, Sebastian , Dr.
FU Berlin
Arbeitsbereich Schulpädagogik/ Schulentwicklungsforschung
Habelschwerdter Allee 45
14195 Berlin
Deutschland
sebastian.haase@fu-berlin.de

260

Habig, Sebastian, Prof. Dr.
FAU Erlangen-Nürnberg
Chemiedidaktik
Regensburger Str. 160
90478 Nürnberg
Deutschland
sebastian.habig@fau.de

1, 620, 748, 776, 788

Hackemann, Timo
Universität Hamburg
Didaktik der Physik
Von-Melle-Park 8
22049 Hamburg
Deutschland
timo.hackemann@uni-hamburg.de

480

Hahn, Larissa
Universität Göttingen
Didaktik der Physik
Friedrich-Hund-Platz 1
37077 Göttingen
Deutschland
larissa.hahn@uni-goettingen.de

384

Halbrock, Lara
Stiftung Universität Hildesheim
Didaktik der Chemie/Biologie
Universitätsplatz 1
31141 Hildesheim
Deutschland
halbrock@uni-hildesheim.de

632

Harmer, Sandra Pia
Universität Wien
Institut für Didaktik der Chemie
Sensengasse 8/Top7
A-1090 Wien
Österreich
sandra.pia.harmer@univie.ac.at

128

Härtig, Hendrik , Prof. Dr.
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Physik
Universitätsstr. 2
45117 Essen
Deutschland
hendrik.haertig@uni-due.de

340

Havlena, Silvia A.
Universität Salzburg
School of Education
Kapitelgasse 4-6
5020 Salzburg
Österreich
SilviaAlexandra.Havlena@stud.sbg.ac.at

436

Hayes, Sarah , Dr.
University of Limerick
V94 T9PX Limerick
Ireland
Sarah.Hayes@ul.ie

536

Heeg, Julian , Dr.
Leibniz Universität Hannover
Institut der Naturwissenschaften -
Didaktik der Chemie
Am Kleinen Felde 30
30167 Hannover
Deutschland
heeg@idn.uni-hannover.de

568

Heine, Lena
Ruhr-Universität Bochum
Germanistisches Institut – Fakultät für
Philologie
Universitätsstraße 150
44780 Bochum
Deutschland
lena.heine@rub.de

480

Heinicke, Susanne , Prof. Dr.
Universität Münster
Institut für Didaktik der Physik
Wilhelm-Klemm-Str. 10
48149 Münster
Deutschland
susanne.heinicke@uni-muenster.de

136, 696, 744

Heinitz, Benjamin
Leibniz Universität Hannover
Institut für Didaktik der Naturwissenschaften
Am Kleinen Felde 30
30167 Hannover
Deutschland
heinitz@idn.uni-hannover.de

448

Heinke, Heidrun , Prof. Dr.
RWTH Aachen University
I. Physikalisches Institut IA
Sommerfeldstraße 14
52074 Aachen
Deutschland
heinke@physik.rwth-aachen.de

148, 292, 352

Helzel, Andreas , Dr.
Martin-Luther Universität Halle-Wittenberg
Didaktik der Physik
Hoher Weg 8
06120 Halle
Deutschland
andreas.helzel@physik.uni-halle.de

88

Herbst, Markus
Universität Salzburg
Kapitelgasse 4-6
5020 Salzburg
Österreich

436

Hericks, Uwe , Prof. Dr.
Philipps Universität Marburg
Institut für Schulpädagogik
Pilgrimstein 2
35032 Marburg
Deutschland
uwe.hericks@staff.uni-marburg.de

21

Heusler, Stefan , Prof. Dr.
WWU Münster
Didaktik der Physik
Wilhelm-Klemm-Straße 10
48149 Münster
Deutschland
Stefan.Heusler@uni-muenster.de

640, 696

Heysel, Jan
Universität Bonn
Physikakisches Institut (Fachdidaktik Physik)
Nussallee 12
53115 Bonn
Deutschland
jan.heysel@uni-bonn.de

664

Hofer, Elisabeth , Dr.
Leuphana Universität Lüneburg
Didaktik der Naturwissenschaften
Universitätsallee 1
21335 Lüneburg
Deutschland
elisabeth.hofer@leuphana.de

76, 272

Hoffmann, Clemens , Dr.
Friedrich-Schiller-Universität Jena
Arbeitsgruppe Chemiedidaktik
August-Bebel-Straße 2
07743 Jena
Deutschland
c.hoffmann@uni-jena.de

472

Hoffmann, Heiko , Dr.
Provadis Hochschule
Fachbereich Naturwissenschaften und Technik
Industriepark Höchst, Gebäude B835
65926 Frankfurt am Main
Deutschland
heiko.hoffmann@provadis-hochschule.de

64

Hopf, Martin , Prof. Dr.
Universität Wien
AECC Didaktik der Physik
Porzellangasse 4
1090 Wien
Österreich
martin.hopf@univie.ac.at

160, 164, 184, 372, 376, 400, 556, 592, 740

Horn, Martin Erik , Dr.
IU - Internationale Hochschule
Campus Berlin
Frankfurter Allee 73a
10247 Berlin
Deutschland
m.horn@iubh.de

668

Höttecke, Dietmar , Prof. Dr.
Universität Hamburg
Physikdidaktik
Von-Melle-Park 8
20146 Hamburg
Deutschland
dietmar.hoettecke@uni-hamburg.de

84, 344, 480

Hüfner, Sybille , Dr.
Leuphana Universität Lüneburg
Zukunftszentrum Lehrkräftebildung
Universitätsallee 1
21335 Lüneburg
Deutschland
sybille.huefner@leuphana.de

356

Hull, Michael , Dr.
Universität Wien
Österreichisches Kompetenzzentrum für Didaktik der Physik
Porzellangasse 4
1090 Wien
Österreich
michael.malvern.hull@univie.ac.at

184

Hundertmark, Sarah , Dr.
Leibniz Universität Hannover
Institut der Naturwissenschaften - Didaktik der Chemie
Am Kleinen Felde 30
30167 Hannover
Deutschland
hundertmark@idn.uni-hannover.de

568

Huwer, Johannes , Prof. Dr.
Universität Konstanz
Fachbereich Chemie
Universitätsstr. 10
78457 Konstanz
Deutschland
johannes.huwer@uni-konstanz.de

248

Ivanjek, Lana , Juniorprof. Dr.
TU Dresden
Haeckelstraße 3
01062 Dresden
Deutschland
lana.ivanjek@tu-dresden.de

372, 592

Jaklin-Farcher, Susanne , Dr.
Universität Wien & PH Wien
Österreichisches Kompetenzzentrum für Didaktik der Chemie (AECC Chemie)
Porzellangasse 4
1090 Wien
Österreich
susanne.jaklin-farcher@univie.ac.at

708

Janke, Salome
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
salome.janke@uni-due.de

620

Jansky, Alexandra , Dr.
CERN
European Organization for Nuclear Research
Switzerland
alexandra.jansky@cern.ch

184

Jordans, Melanie
RWTH Aachen University
Didaktik der Physik und Technik
Sommerfeldstraße 14
52074 Aachen
Deutschland
jordans@physik.rwth-aachen.de

760, 764

Jünger, Theresa
Friedrich-Schiller-Universität Jena
Arbeitsgruppe Chemiedidaktik
August-Bebel-Straße 2
07743 Jena
Deutschland
theresa.juenger@uni-jena.de

320

Kasper, Lutz , Prof. Dr.
Pädagogische Hochschule Schwäbisch Gmünd

116

Kauertz, Alexander , Prof. Dr.
Universität Koblenz-Landau
Physikdidaktik und Techniklehre
Fortstraße 7
76829 Landau
Deutschland
kauertz@uni-landau.de

296

Kaulhausen, Simon
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
simon.kaulhausen@uni-due.de

716

Kaus, Carsten
RWTH Aachen University
I. Physikalisches Institut IA
Sommerfeldstraße 14
52074 Aachen
Deutschland
kaus@physik.rwth-aachen.de

352

Kay, Christopher W.M. , Prof. Dr.
Universität des Saarlandes
Physikalische Chemie und Didaktik der Chemie
Campus Geb. B2.2
66123 Saarbrücken
Deutschland
christopher.kay@uni-saarland.de

604, 656

Kieferle, Sarah
Pädagogische Hochschule Ludwigsburg
Chemie und ihre Didaktik
Reuteallee 47
71634 Ludwigsburg
Deutschland
sarah.kieferle@ph-ludwigsburg.de

536

Klautke, Franziska
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Physik
Universitätsstr. 2
45141 Essen
Deutschland
franziska.klautke@uni-due.de

268

Klein, Christian
Uni Siegen
Forschungskollegs Siegen (FoKoS)
Weidenauer Straße 167
57076 Siegen
Deutschland
christian.klein@uni-siegen.de

484

Klein, Pascal , Juniorprof. Dr.
Universität Göttingen
Didaktik der Physik
Friedrich-Hund-Platz 1
37077 Göttingen
Deutschland
pascal.klein@uni-goettingen.de

384, 600

Knie, Lisa
Eberhard Karls Universität Tübingen
Didaktik der Chemie
Auf der Morgenstelle 18
72076 Tübingen
Deutschland
lisa.knie@uni-tuebingen.de

644

Koenen, Jenna , Prof. Dr.
Technische Universität München
Didaktik der Chemie
Arcisstr. 21
80333 München
Deutschland
Jenna.Koenen@tum.de

80, 652, 780

Kok, Karel
Humboldt-Universität zu Berlin
Didaktik der Physik
Newtonstr 15
12489 Berlin
Deutschland
karel.kok@physik.hu-berlin.de

204

Koliander, Brigitte , Dr.
Pädagogische Hochschule
Niederösterreich
Zentrum für Berufsbildung
Dechant Pfeifer Straße
2020 Hollabrunn
Österreich
b.koliander@ph-noe.ac.at

272

Kollikowski, Isabella
Universität zu Köln
Didaktik der Chemie
Herbert-Lewin-Straße 2
50931 Köln
Deutschland
i.kollikowski@uni-koeln.de

548

Komorek, Michael , Prof. Dr.
Universität Oldenburg
Didaktik der Physik und
Wissenschaftskommunikation
Carl von Ossietzky Straße 9-11
26111 Oldenburg
Deutschland
michael.komorek@uni-oldenburg.de

196, 216, 348, 396, 440, 660

Korneck, Friederike , Apl. Prof. Dr.
Universität Frankfurt
Didaktik der Physik
Max-von-Laue-Str. 1
korneck@em.uni-frankfurt.de

51, 224, 276, 452

Korner, Marianne , Dr.
Universität Wien
Fakultät für Physik, AECC Physik
Porzellangasse 4/2/ZG.19
1090 Wien
Österreich
marianne.korner@univie.ac.at

156

Köster, Hilde , Prof. Dr.
Freie Universität Berlin
Sachunterricht und seine Didaktik
Habelschwerdter Allee 45
hilde.koester@fu-berlin.de

228, 280, 540

Krabbe, Christina , Dr.
Technische Universität Dortmund
Chemie und ihre Didaktik
Otto-Hahn-Str. 6
44227 Dortmund
Deutschland
christina.krabbe@tu-dortmund.de

508

Krabbe, Heiko , Prof. Dr.
Ruhr-Universität Bochum
AG Didaktik der Physik
Universitätsstr. 150
44780 Bochum
Deutschland
heiko.krabbe@rub.de

624

Kranz, Joachim
Humboldt-Universität zu Berlin
Didaktik und Lehr-/Lernforschung Chemie
joachim.kranz@hu-berlin.de

792

Krebs, Ann-Katrin
Pädagogische Hochschule Schwäbisch Gmünd
Institut für Naturwissenschaften - Abteilung Physik
Oberbettringer Straße 200
73525 Schwäbisch Gmünd
Deutschland
ann.krebs@ph-gmuend.de

116

Krebs, Rita Elisabeth
Universität Wien
AECC Chemie
Porzellangasse 4/2
1090 Wien
Österreich
rita.krebs@univie.ac.at

512, 704

Krüger, Phillipp
Universität Oldenburg
Didaktik der Physik und Wissenschaftskommunikation
Carl-von-Ossietzky-Straße 9-11
26129 Oldenburg
Deutschland
phillippkruger@gmail.com

676

Krumphals, Ingrid , Prof. Dr.
Pädagogische Hochschule Steiermark
Hasnerplatz 12
8010 Graz
Österreich
ingrid.krumphals@phst.at

232, 700

Kubsch, Marcus , Dr.
IPN - Leibniz Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik, Kiel
Olshausenstraße 174
24113 Kiel
Deutschland
kubsch@leibniz-ipn.de

56

Kühne, Patricia
Leibniz Universität Hannover
Institut für Didaktik der Naturwissenschaften, Didaktik der Chemie
Am Kleinen Felde 30
30167 Hannover
Deutschland
patricia@kuehne.tech

568

Kulgemeyer, Christoph , Prof. Dr.
Universität Paderborn
AG Didaktik der Physik
Warburger Straße 100
33098 Paderborn
Deutschland
christoph.kulgemeyer@uni-paderborn.de

96, 120, 124, 752, 756

Kunina-Habenicht, Olga , Prof. Dr.
Technische Universität Dortmund
Psychologische Diagnostik
Emil-Figge-Str. 50
44221 Dortmund
Deutschland
olga.kunina-habenicht@tu-dortmund.de

248

Küsel, Julian
Pädagogische Hochschule Ludwigsburg
Reuteallee 46
71634 Ludwigsburg
Deutschland
julian.kuesel@ph-ludwigsburg.de

516

Lachner, Andreas , Prof. Dr.
Eberhard Karls Universität Tübingen
Abteilung Schulpädagogik
Keplerstraße 17
72074 Tübingen
Deutschland
andreas.lachner@uni-tuebingen.de

768

Lamprecht, Jan , Dr.
Universität Frankfurt
Didaktik der Physik
Max-von-Laue-Str. 1
60438 Frankfurt am Main
Deutschland
lamprecht@physik.uni-frankfurt.de

276

Lang, Vanessa
Universität des Saarlandes
Didaktik der Chemie
Campus B2.2
66123 Saarbrücken
Deutschland
vanessa.lang@uni-saarland.de

604, 656

Langendorf, Ronja
Universität Göttingen
Didaktik der Physik
Friedrich-Hund-Platz 1
37077 Göttingen
Deutschland
rlangen@gwdg.de

724

Lauer, Luisa
Universität des Saarlandes
Didaktik des Sachunterrichts
Campus C6 3, Zi. 1.03
66123 Saarbrücken
Deutschland
luisa.lauer@uni-saarland.de

416

Laumann, Daniel , Dr.
Universität Münster
Institut für Didaktik der Physik
Wilhelm-Klemm-Str. 10
48149 Münster
Deutschland
daniel.laumann@uni-muenster.de

60, 640, 696, 744

Lazarides, Rebecca , Prof. Dr.
Universitäts Potsdam
Professur für Schulpädagogik
Karl-Liebknecht-Str. 24-25
14476 Potsdam
Deutschland
rebecca.lazarides@uni-potsdam.de

612

Lembens, Anja , Prof. Dr.
Universität Wien
Österreichisches Kompetenzzentrum für
Didaktik der Chemie (AECC Chemie)
Porzellangasse 4
1090 Wien
Österreich
anja.lembens@univie.ac.at

288, 512, 704, 708

Lewing, Johannes
Universität Göttingen
Didaktik der Physik
Friedrich-Hund-Platz 1
37077 Göttingen
Deutschland
Johannes.lewing@uni-goettingen.de

388

Lieber, Leonie
Justus-Liebig-Universität Gießen
Institut für Didaktik der Chemie
Heinrich-Buff-Ring 17
35392 Gießen
Deutschland
leonie.lieber@dc.jlug.de

316

Lindemann, Hannes Kasimir
Ruhr-Universität Bochum
Didaktik der Physik
Universitätsstr. 150
44801 Bochum
Deutschland
Hannes.Lindemann@ruhr-uni-bochum.de

236

Löffler, Patrick , Dr.
Universität Koblenz-Landau
Physikdidaktik und Techniklehre
Fortstraße 7
76829 Landau
Deutschland
loeffler@uni-landau.de

296

Lüders, Christina
RWTH Aachen University
I. Physikalisches Institut IA
Sommerfeldstraße 14
52074 Aachen
Deutschland
lueders@physik.rwth-aachen.de

148

Lumesberger-Loisl, Franz

288

Lüsse, Mientje
Universität Oldenburg
Didaktik der Chemie
Carl-von-Ossietzky-Str. 9-11
26129 Oldenburg
Deutschland
mientje.luesse@uol.de

240

Lutz, Wolfgang
Universität Würzburg
Physik und ihre Didaktik
Emil-Hilb-Weg 22
97074 Würzburg
Deutschland
wolfgang.lutz@uni-wuerzburg.de

260

Machts, Nils , Dr.
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
Institut für Pädagogisch-Psychologische Lehr- und Lernforschung (IPL)
Deutschland
nmachts@ipl.uni-kiel.de

444

Magdans, Uta , Dr.
Universitäts Potsdam
Didaktik der Physik
Karl-Liebknecht-Str. 24-25
14476 Potsdam
Deutschland
magdans@uni-potsdam.de

612

Mandl, Angelika
Universität Graz
Fakultäres Didaktikzentrum für Naturwissenschaften und Mathematik für die Unterrichtsfächer Biologie, Chemie, Mathematik und Physik (DINAMA)
Harrachgasse 21
8010 Graz
Österreich
angelika.mandl@uni-graz.at

532

Markic, Silvija , Prof.
Pädagogische Hochschule Ludwigsburg
Institut für Chemie - Physik und Technik - Chemiedidaktik
Reuteallee 46
71634 Ludwigsburg
Deutschland
markic@ph-ludwigsburg.de

516, 536, 672

Marohn, Annette , Prof. Dr.
Universität Münster
Institut für Didaktik der Chemie
Fliednerstraße 21
48149 Münster
Deutschland
a.marohn@uni-muenster

608

Masnick, Amy , Prof. Dr.
Hofstra University
Amy.M.Masnick@hofstra.edu

200

Meier, Moritz
Universität Wien
Österreichisches Kompetenzzentrum für Didaktik der Chemie (AECC Chemie)
Porzellangasse 4/2/2
1090 Wien
Österreich
moritz.meier@univie.ac.at

288

Meisert, Anke , Prof. Dr.
Universität Hildesheim
Institut für Biologie und Chemie
Universitätsplatz 1
31141 Hildesheim
Deutschland

632

Melle, Insa , Prof. Dr.
Technische Universität Dortmund
Chemie und ihre Didaktik
Otto-Hahn-Str. 6
44227 Dortmund
Deutschland
insa.melle@tu-dortmund.de

264, 508

Menthe, Jürgen , Prof. Dr.
Universität Hildesheim
Abteilung Chemie
Universitätsplatz 1
31141 Hildesheim
Deutschland
menthe@uni-hildesheim.de

356, 628, 632

Meyer, David
Carl-von-Ossietzky Universität Oldenburg
Didaktik der Chemie
Carl-von-Ossietzky Straße 9-11
26129 Oldenburg
Deutschland
david.meyer@uni-oldenburg.de

616

Meyer-Odewald, Lars
Universität Kassel
Didaktik der Physik
Heinrich-Plett-Str. 40
34132 Kassel
Deutschland
meyer-odewald@uni-kassel.de

172

Mientus, Lukas
Universität Potsdam
Didaktik der Physik
Karl-Liebknecht-Str. 24/25
14476 Potsdam
Deutschland
lukas.mientus@uni-potsdam.de

432

Mikelskis-Seifert, Silke , Prof. Dr.
PH Freiburg
Physik
Kunzenweg 21
79117 Freiburg
Deutschland
silke.mikelskisseifert@ph-freiburg.de

364, 476

Milker, Clemens
TU Dresden
Erziehungswissenschaft mit dem Schwerpunkt Inklusive Bildung
Weberplatz 5
01217 Dresden
Deutschland
clemens.milker@tu-dresden.de

428

Möhlenkamp, Michelle
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
michelle.moehlenkamp@uni-due.de

776

Möller, Jens , Prof. Dr.
Philisophische Fakultät
Institut für Pädagogisch Psychologische Lehr- und Lernforschung
Olshausenstraße 75
24118 Kiel
Deutschland
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

444

Mönch, Corinna
Pädagogische Hochschule Ludwigsburg
Institut für Chemie, Physik und Technik - Chemiedidaktik
Reuteallee 46
71634 Ludwigsburg
Deutschland
corinna.moench@ph-ludwigsburg.de

672

Morek, Miriam , Prof. Dr.
Universität Duisburg-Essen
Germanistische Sprachdidaktik
Universitätsstr. 12
45141 Essen
Deutschland
miriam.morek@uni-due.de

748

Morris, Louisa
Universität Wien
Didaktik der Physik (AECCP)
Porzellangasse 4 / 2 / 2
1090 Wien
Österreich
morrislouisa@yahoo.com

556

Müller, Andreas , Prof. Dr.
Universität Genf
Institut Universitaire de Formation des Enseignants
Boulevard du Pont d'Arve 40
1211 Geneve 23
Schweiz
andreas.mueller@unige.ch

600

Müller, Freya
Freie Universität Berlin
Sachunterricht und seine Didaktik
Habelschwerdter Allee 45
14195 Berlin
Deutschland
freya.mueller@fu-berlin.de

540

Müller, Stefan
Universität zu Köln
Institut für Chemiedidaktik
Herbert-Lewin-Straße 2
50931 Köln
Deutschland
s.mueller@uni-koeln.de

176

Mutschler, Tanja
Universität Potsdam
Didaktik der Physik
Karl-Liebknecht-Str. 24/25
14476 Potsdam
Deutschland
tmutschl@uni-potsdam.de

756

Naber, Jonathan
Universität Oldenburg
Didaktik der Physik und
Wissenschaftskommunikation
Carl von Ossietzky Straße 9-11
26211 Oldenburg
Deutschland
jonathan.naber@uni-oldenburg.de

216

Nave, Katharina
Humboldt Universität zu Berlin
Lehr-/Lernforschung Chemie
Brook-Taylor Str. 2
12489 Berlin
Deutschland
katharina.nave@hu-berlin.de

212

Nehring, Andreas , Prof. Dr.
Leibniz Universität Hannover
Instutit für Didaktik der
Naturwissenschaften
Am Kleinen Felde 30
30167 Hannover
Deutschland
nehring@idn.uni-hannover.de

448, 636

Nemling, Milan
Universität Graz
Fachbereich Physikdidaktik
Universitätsplatz 5
8010 Graz
Österreich
milan.nemling@uni-graz.at

720

Nerdel, Claudia , Prof. Dr.
Technische Universität München
Professur für Fachdidaktik Life Sciences
Marsstr. 20
80335 München
Deutschland
claudia.nerdel@tum.de

420

Neumann, Irene , Dr.
IPN
Didaktik der Mathematik
Ohlshausenstr. 62
24118 Kiel
Deutschland
ineumann@leibniz-ipn.de

36

Neumann, Knut , Prof. Dr.
IPN Kiel
Didaktik der Physik
Olshausenstraße 62
24118 Kiel
Deutschland
neumann@leibniz-ipn.de

60

Niehaves, Björn , Prof. Dr. Dr.
Uni Siegen
Forschungskollegs Siegen (FoKoS)
Weidenauer Straße 167
57076 Siegen
Deutschland
bjoern.niehaves@uni-siegen.de

484

Nordmeier, Volkhard , Prof. Dr.
FU Berlin
Fachbereich Physik
Arnimallee 14
14195 Berlin
Deutschland
nordmeier@physik.fu-berlin.de

496

Nosko, Christian , Dr.
Universität Wien & Kirchliche Pädagogische Hochschule Wien/Krems
Österreichisches Kompetenzzentrum für Didaktik der Chemie (AECC Chemie)
Porzellangasse 4
1090 Wien
Österreich
christian.nosko@univie.ac.at

708

Nowak, Anna
Universität Potsdam
Didaktik der Physik
Karl-Liebknecht-Str. 24/25
14476 Potsdam
Deutschland
anna.nowak@uni-potsdam.de

432

Vairo Nunes, Renan
Goethe-Universität Frankfurt am Main
Institut für Didaktik der Physik
Max-von-Laue-Str. 1
60438 Frankfurt am Main
Deutschland
vaironunes@physik.uni-frankfurt.de

224

Obczovsky, Markus
Universität Graz
Physikdidaktik
Universitätsplatz 5
8010 Graz
Österreich
markus.obczovsky@uni-graz.at

576, 720

Oertel, Jessica
WWU Münster
MExLab Physik
Corrensstr. 2/4
48149 Münster
Deutschland
j.oertel@uni-muenster.de

152

Oettle, Michaela , Dr.
PH Freiburg
Physik
Kunzenweg 21
79117 Freiburg
Deutschland
michaele.oettle@ph-freiburg.de

364

Oliveira, Karina
Universität Siegen
Didaktik der Chemie
Ferndorfer Str. 95
57223 Kreuztal
Deutschland
karina.soliveira@uni-siegen.de

484

Österlein, Jan-Martin
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Irmgardstr. 12a
44809 Bochum
Deutschland
jan-martin.oesterlein@uni-due.de

748

Paetzold, Wanda
Technische Universität München
Didaktik der Chemie
Arcisstr. 21
80333 München
Deutschland
wanda.paetzold@outlook.com

80

Pawlak, Felix
Universität zu Köln
Institut für Chemiedidaktik
Herbert-Lewin-Str. 2
50931 Köln
Deutschland
F.pawlak@uni-koeln.de

132

Peeters, Hendrik
Universität Paderborn
Chemiedidaktik
Warburger Str. 100
33098 Paderborn
Deutschland
hendrik.peeters@uni-paderborn.de

788

Perels, Franziska , Prof. Dr.
Universität des Saarlandes
Empirische Schul- und
Unterrichtsforschung
Campus A4.2
66123 Saarbrücken
Deutschland
f.perels@mx.uni-saarland.de

604

Peschel, Markus , Prof. Dr.
Universität des Saarlandes
Didaktik des Sachunterrichts
Campus C 6.3
66123 Saarbrücken
Deutschland
markus.peschel@uni-saarland.de

416

Pfitzner, Arno , Prof. Dr.
Universität Regensburg
Institut für Anorganische Chemie
93040 Regensburg
Deutschland
Arno.Pfitzner@chemie.uni-regensburg.de

560

Pfläging, Marisa ,
Universität Potsdam
Didaktik der Physik
Karl-Liebknecht-Str. 24/25
14476 Potsdam
Deutschland
Marisa.Pflaeging@uni-potsdam.de

404

Pietzner, Verena , Prof. Dr.
Carl von Ossietzky Universität Oldenburg
Didaktik der Chemie
Carl-von-Ossietzky Straße 9-11
26121 Oldenburg
Deutschland
verena.pietzner@uni-oldenburg.de

240, 616, 712

Plicht, Katja
Hochschule Ruhr West
Institut Naturwissenschaften
Duisburger Straße 100
45479 Mülheim an der Ruhr
Deutschland
katja.plicht@hs-ruhrwest.de

340

Pölloth, Benjamin , Dr.
Eberhard Karls Universität Tübingen
Didaktik der Chemie
Auf der Morgenstelle 18
72076 Tübingen
Deutschland
benjamin.poelloth@uni-tuebingen.de

244

Pöx, Sara
Freie Universität Berlin
Didaktik der Physik
Arnimallee 14
14195 Berlin
Deutschland

496

Prechtl, Markus , Prof. Dr.
Technische Universität Darmstadt
Didaktik der Chemie
Alarich-Weiss-Straße 4
24098 Darmstadt
Deutschland
markus.prechtl@tu-darmstadt.de

412, 520, 732

Priemer, Burkhard , Prof. Dr.
Humboldt-Universität zu Berlin
Didaktik der Physik
Newtonstr. 15
12489 Berlin
Deutschland
priemer@physik.hu-berlin.de

200, 204

Priert, Christina
Universität Hildesheim
Didaktik der Chemie
Universitätsplatz 1
31141 Hildesheim
Deutschland
priert@uni-hildesheim.de

628

Pruscha, Felix
TU Darmstadt
Fachbereich Chemie/Fachdidaktik Chemie
Alarich-Weiss-Straße 4
64287 Darmstadt
Deutschland
felix.pruscha@yahoo.de

520

Puddu, Sandra , Dr.
Universität Wien
AECC Chemie
Porzellangasse 4/2/2
1090 Wien
Österreich
sandra.puddu@univie.ac.at

272

Rabe, Thorid , Prof. Dr.
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Didaktik der Physik
Hoher Weg 8
6120 Halle Saale
Deutschland
thorid.rabe@physik.uni-halle.de

88, 140

Ratzek, Johanna H.
Universität Hamburg
Didaktik der Physik
Von-Melle-Park 8
20146 Hamburg
Deutschland
johanna.ratzek@uni-hamburg.de

344

Rau-Patschke, Sarah , Dr.
Universität Duisburg-Essen
Institut für Sachunterricht / Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
sarah.rau-patschke@uni-due.de

728

Rehfeldt, Daniel , Dr.
Freie Universität Berlin
Sachunterricht und seine Didaktik
Habelschwerdter Allee 45
14195 Berlin
Deutschland
danreh@zedat.fu-berlin.de

228, 280

Rehm, Markus , Prof. Dr.
Pädagogische Hochschule Heidelberg
Didaktik der Naturwissenschaften im Fach Chemie
Im Neuenheimer Feld 561
69120 Heidelberg
Deutschland
rehm@ph-heidelberg.ch

108, 180

Reimer, Stefanie
Universität Regensburg
Didaktik der Chemie
Universitätsstraße 31
93053 Regensburg
Deutschland
stefanie.reimer@chemie.uni-regensburg.de

688

Reiners, Christiane S. , Prof.in Dr.in
Universität zu Köln
Institut für Chemiedidaktik
Herbert-Lewin-Straße 2
50931 Köln
Deutschland
christiane.reiners@uni-koeln.de

112, 176

Reinhold, Peter , Prof. Dr.
Universität Paderborn
Didaktik der Physik
Warburger Str. 100
preinhol@mail.uni-paderborn.de

120

Reiter, Katrin , Mag.
Universität Wien & PH Wien
Österreichisches Kompetenzzentrum für Didaktik der Chemie (AECC Chemie)
Porzellangasse 4
1090 Wien
Österreich
katrin.reiter@univie.ac.at

708

Reith, Marco
Leibniz Universität Hannover
Institut für Didaktik der Naturwissenschaften
Am Kleinen Felde 30
30167 Hannover
Deutschland
reith@idn.uni-hannover.de

636

Renner, Melanie
Universität Graz
Physikdidaktik
Universitätsplatz 5
8010 Graz
Österreich
melanie.renner@uni-graz.at

104

Reuter, Christiane , Dr.
Universität Würzburg
Lehrstuhl für Pädagogik bei Geistiger Behinderung
Wittelsbacher Platz 1
97072 Würzburg
Deutschland

360

Richter, Christiane , Dr.
C.v.O.-Universität Oldenburg
Didaktik der Physik und Wissenschaftskommunikation
Carl von Ossietzky Straße
26129 Oldenburg
Deutschland
christiane.richter@uni-oldenburg.de

196

Riese, Josef , Prof. Dr.
RWTH Aachen
Didaktik der Physik und Technik
Sommerfeldstraße 14
52074 Aachen
Deutschland
riese@physik.rwth-aachen.de

96, 100, 760, 764, 768, 772, 784

Rincke, Karsten , Prof. Dr.
Uni Regensburg
Didaktik der Physik
Universitätsstr.31
93053 Regensburg
Deutschland
karsten.rincke@physik.uni-regensburg.de

552, 580, 736

Ripsam, Melanie
Technische Universität München
Professur für Fachdidaktik Life Sciences
Marsstr. 20
80335 München
Deutschland
melanie.ripsam@tum.de

420

Rodemer, Marc
IPN Kiel
Didaktik der Chemie
Olshausenstraße 62
24118 Kiel
Deutschland
rodemer@leibniz-ipn.de

492

Rollet, Wolfram , Prof. Dr.
PH Freiburg
Erziehungswissenschaft
Kunzenweg 21
79117 Freiburg
Deutschland
wolfram.rollett@ph-freiburg.de

364

Ropohl, Mathias , Prof. Dr.
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
mathias.ropohl@uni-due.de

304, 596, 748, 776

Rost, Marvin , Dr.
Universität Wien
Austrian Educational Competence Centre
Chemistry
Porzellangasse 4/2/2
1090 Wien
Österreich
marvin.rost@univie.ac.at

284

Rückert, Simone
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
simone.rueckert@uni-due.de

460

Rumann, Stefan , Prof. Dr.
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
stefan.rumann@uni-due.de

2

Sajons, Christin , Dr.
Universität Oldenburg
Didaktik der Physik
Carl von Ossietzky Straße
26129 Oldenburg
Deutschland
christin.sajons@uol.de

216, 348, 396, 660

Salim, Cem Aydin
Pädagogische Hochschule Freiburg
Didaktik der Physik
cem.salim@ph-freiburg.de

476

Schäfer, Simon
Humboldt-Universität zu Berlin
Didaktik und Lehr-/Lernforschung
Chemie
Brook-Taylor-Str. 2
12489 Berlin
Deutschland
simon.d.schaefer@chemie.hu-berlin.de

332

Scharenberg, Katja , Jun.-Prof. Dr.
PH Freiburg
Soziologie
Kunzenweg 21
79117 Freiburg
Deutschland
katja.scharenberg@ph-freiburg.de

364

Schecker, Horst , Prof. Dr.
Universität Bremen
Didaktik der Physik
Otto-Hahn-Allee 1
28334 Bremen
Deutschland
schecker@physik.uni-bremen.de

160

Scheid, Jochen , Dr.
Universität Koblenz-Landau
Physikdidaktik und Techniklehre
Fortstraße 7
76829 Landau
Deutschland
scheid@uni-landau.de

296

Schindeldecker, Bianca
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
bianca.paczulla@uni-due.de

144

Schlummer, Paul
Universität Münster
Institut für Didaktik der Physik
Wilhelm-Klemm-Str. 10
48149 Münster
Deutschland
p.schlummer@wwu.de

640

Schmeling, Sascha , Dr.
CERN
Genève 23
1211 Genf
Schweiz
sascha.schmeling@cern.ch

400, 488, 600

Schmitt, Kevin
Technische Universität Darmstadt
Physikdidaktik
Hochschulstraße 12
64289 Darmstadt
Deutschland
kevin_richard.schmitt@tu-darmstadt.de

512

Schmölzer, Bernhard , Prof. Dr.
Pädagogische Hochschule Kärnten
Fachdidaktikzentrum für
Naturwissenschaften
Hubertusstrasse 1
9020 Klagenfurt
Österreich
bernhard.schmoelzer@ph-kaernten.ac.at

504

Schneider, Susanne , Prof. Dr.
Universität Göttingen
Didaktik der Physik
Friedrich-Hund-Platz 1
37077 Göttingen
Deutschland
sschnei@gwdg.de

388, 724

Scholz, Rüdiger , Dr.
Leibniz Universität Hannover
Institut für Quantenoptik
Welfengarten 1
30167 Hannover
Deutschland
r.scholz@iqo.uni-hannover.de

188

Schoßau, Phillip Gerald
Universität Potsdam
Didaktik der Physik
Karl-Liebknecht-Straße 24/25
14476 Potsdam
Deutschland
pschossa@uni-potsdam.de

612

Schrader, Nicole
Freie Universität Berlin
Didaktik der Chemie
Haderslebener Str. 9
12163 Berlin
Deutschland
n.schrader@fu-berlin.de

368

Schröder, Jan
RWTH Aachen
Didaktik der Physik und Technik
Sommerfeldstr. 14
52074 Aachen
Deutschland
jkschroeder@physik.rwth-aachen.de

100

Schubatzky, Thomas , Dr.
Universität Graz
Physikdidaktik
Universitätsplatz 5
8010 Graz
Österreich
thomas.schubatzky@uni-graz.at

236, 372, 532, 576, 592, 720, 768, 772, 784

Schwanewedel, Julia , Prof. Dr.
Universität Hamburg
Didaktik der Biologie
Von-Melle-Park 8
20146 Hamburg
Deutschland
julia.schwanewedel@uni-hamburg.de

596

Schwanke, Hagen
Universität Würzburg
Lehrstuhl für Physik und ihre Didaktik
Emil-Hilb-Weg 22
97074 Würzburg
Deutschland
hagen.schwanke@physik.uni-wuerzburg.de

572

Schwarzer, Stefan , Prof. Dr.
Eberhard Karls Universität Tübingen
Didaktik der Chemie
Auf der Morgenstelle 18
72076 Tübingen
Deutschland
stefan.schwarzer@uni-tuebingen.de

244, 644

Schwedler, Stefanie , Dr.
Universität Bielefeld
Didaktik der Chemie
Universitätsstraße 25
33615 Bielefeld
Deutschland
stefanie.schwedler@uni-bielefeld.de

360

Seibert, Johann
Universität des Saarlandes
Didaktik der Chemie
Campus Geb. B2.2
66123 Saarbrücken
Deutschland
johann.seibert@uni-saarland.de

416, 604, 656

Seidl, Sabine
Universität Siegen
Didaktik der Chemie
Adolf-Reichwein-Str. 2
57068 Siegen
Deutschland
sabine.seidl@ph-kaernten.ac.at

504

Seiler, Florian
Universität Regensburg
Didaktik der Chemie
Universitätsstraße 31
93053 Regensburg
Deutschland
florian.seiler@ur.de

464

Semmler, Luzie , Dr.
Technische Universität Braunschweig
Institut für Fachdidaktik der
Naturwissenschaften, Abteilung Chemie
und Chemiedidaktik
Bienroder Weg 82
38106 Braunschweig
Deutschland
luzie.semmler@tu-braunschweig.de

252

Sommer, Sarah
Siemens Stiftung
Arbeitsgebiet Bildung
Kaiserstraße 16
80801 München
Deutschland
sarah.sommer@siemens-stiftung.org

644

Spatz, Verena , Juniorprof. Dr.
Technische Universität Darmstadt
Physikdidaktik
Hochschulstraße 12
64289 Darmstadt
Deutschland
verena.spatz@tu-darmstadt.de

372, 468, 512, 588, 592

Spiecker, Henrike
FAU Erlangen-Nürnberg
Physikdidaktik
Staudtstraße 7
91058 Erlangen
Deutschland
henrike.spiecker@fau.de

208

Spitzer, Philipp , Ass.-Prof. Dr.
Universität Graz
Institut für Chemie
Heinrichstraße 28/VI
8010 Graz
Österreich
philipp.spitzer@uni-graz.at

532

Starauschek, Erich , Prof. Dr.
PSE Stuttgart-Ludwigsburg
Physik und ihre Didaktik
Reuteallee 46
71634 Ludwigsburg
Deutschland
starauschek@ph-ludwigsburg.de

456

Steinbach, Martin
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
martin.steinbach@uni-due.de

564

Steinmetz, Tilmann
PSE Stuttgart-Ludwigsburg
Physik und ihre Didaktik
Reuteallee 46
71634 Ludwigsburg
Deutschland
tilmann.john@ph-ludwigsburg.de

456

Sterzing, Fabian
Universität Paderborn
Didaktik der Physik
Warburger Str. 100
33098 Paderborn
Deutschland
fabian.sterzing@upb.de

120

Stinken-Rösner, Lisa , Dr.
Leuphana Universität Lüneburg
Didaktik der Naturwissenschaften
Universitätsallee 1
21335 Lüneburg
Deutschland
lisa.stinken-roesner@leuphana.de

72

Stojanovska, Marina , Prof. Dr.
S.s Cyril and Methodius University of Skopje
1000 Skopje
Nordmazedonien
mmonkovic@yahoo.com

536

Stolzenberger, Christoph , Dr.
Julius-Maximilians-Universität Würzburg
Lehrstuhl für Physik und ihre Didaktik
Emil-Hilb-Weg 22
97074 Würzburg
Deutschland
christoph.stolzenberger@physik.uni-wuerzburg.de

684

Strahl, Alexander , Prof. Dr.
Universität Salzburg
Didaktik der Physik
Hellbrunnerstraße 35
5020 Salzburg
Österreich
alexander.strahl@sbg.ac.at

436

Streller, Sabine , Dr.
Freie Universität Berlin
Didaktik der Chemie
Haderslebener Straße 9
12163 Berlin
Deutschland
sabine.streller@fu-berlin.de

92

Strunk, Nadezda
Universität Hamburg
Physikdidaktik
Bogenallee 11
20144 Hamburg
Deutschland
nadezda.strunk@uni-hamburg.de

84

Stubbe, Ulla
Technische Universität Darmstadt
Fachbereich Chemie - Fachdidaktik Chemie
Alarich-Weiss-Straße 4
64287 Darmstadt
Deutschland
ulla.stubbe@tu-darmstadt.de

412, 520

Stuppan, Sebastian
Pädagogische Hochschule Luzern
Institut für Fachdidaktik Natur, Mensch, Gesellschaft (IF NMG)
Sentimatt 1
6003 Luzern
Schweiz
sebastian.stuppan@phlu.ch

108

Stürmer-Steinmann, Tatjana Katharina
Leibniz Universität Hannover
Institut für Didaktik der Mathematik und Physik
Welfengarten
30167 Hannover
Deutschland
steinmann@idmp.uni-hannover.de

60

Sumfleth, Elke , Prof. Dr.
Univerisät Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
elke.sumfleth@uni-due.de

144, 620

Syskowski, Sabrina
Universität Konstanz
Fachbereich Chemie
Universitätsstraße 10
78464 Konstanz
Deutschland
sabrina.syskowski@uni-konstanz.de

248

Taglieber, Johanna , Mag.
Universität Innsbruck
Didaktik der Naturwissenschaften, Geographie, Informatik und Mathematik
Technikerstraße 25
6020 Innsbruck
Österreich
johanna.taglieber@uibk.ac.at

704

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

544

Tenberge, Claudia , Prof. Dr.
Universität Paderborn
Sachunterrichtsdidaktik mit sonderpädagogischer Förderung
Warburgerstr. 100
33098 Paderborn
Deutschland
claudia.tenberge@upb.de

500

Tepner, Oliver , Prof. Dr.
Universität Regensburg
Didaktik der Chemie
Universitätsstraße 31
93053 Regensburg
Deutschland
oliver.tepner@ur.de

300, 464, 560, 688

Theyßen, Heike , Prof. Dr.
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Physik
Universitätsstr. 2
45141 Essen
Deutschland
heike.theyssen@uni-due.de

268

Tiemann, Rüdiger , Prof. Dr.
Humboldt-Universität zu Berlin
Didaktik und Lehr-/Lernforschung Chemie
Brook-Taylor-Str. 2
12489 Berlin
Deutschland
ruediger.tiemann@hu-berlin.de

212, 256, 332, 336, 792

Tischer, Jonas
Universität Oldenburg
Didaktik der Physik und Wissenschaftskommunikation
Carl-von-Ossietzky-Straße 9-11
26129 Oldenburg
Deutschland
jonas.tischer@uni-oldenburg.de

348

Tonyali, Büşra
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
buesra.tonyali@uni-due.de

596

Trauten, Florian
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
florian.trauten@uni-due.de

220

Trefzger, Thomas , Prof. Dr.
Fakultät für Physik und Astronomie
Didaktik der Physik
Emil-Hilb-Weg 22
97074 Würzburg
Deutschland
thomas.trefzger@uni-wuerzburg.de

260, 572, 684

Ubben, Malte , Dr.
Universität Münster
IDP
Von-Esmarch-Straße 159
48149 Münster
Deutschland
malte.ubben@uni-muenster.de

696

Unger, Paul
Universität Regensburg
Didaktik der Physik
Universitätsstraße 31
93053 Regensburg
Deutschland
paul-m-e.unger@physik.uni-r.de

736

Vogelsang, Christoph , Dr.
Universität Paderborn
Zentrum für Bildungsforschung und Lehrerbildung - PLAZ-Professional School
Warburger Str. 100
33098 Paderborn
Deutschland
christoph.vogelsang@upb.de

96, 100

Voit, Anne
Technische Universität München
Didaktik der Chemie
Arcisstr. 21
80333 München
Deutschland
anne.voit@tum.de

80

van Vorst, Helena , Dr.
Universität Duisburg-Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Deutschland
helena.vanvorst@uni-due.de

392, 460, 776

Wackermann, Rainer , Dr.
Ruhr-Universität Bochum
Didaktik der Physik
Universitätsstr. 150
44801 Bochum
Deutschland
wackermann@physik.rub.de

236

Waitzmann, Moritz
Leibniz Universität Hannover
Inst. f. Didaktik der Mathematik u. Physik - AG Physikdidaktik
Welfengarten 1
30167 Hannover
Deutschland
waitzmann@idmp.uni-hannover.de

188

Walpert, Daniel
Universität Kassel
Didaktik der Physik
Heinrich-Plett-Str. 40
34132 Kassel
Deutschland
walpert@physik.uni-kassel.de

168

Weiler, David
Universität Tübingen
AG Didaktik der Physik
Auf der Morgenstelle 14
72076 Tübingen
Deutschland
david-christoph.weiler@uni-tuebingen.de

68, 144, 220, 564, 620, 716

Watts, Elizabeth , Dr.
Friedrich-Schiller-Universität Jena
Arbeitsgruppe Biologiedidaktik
Am Steiger / 3 / Bienenhaus
07743 Jena
Deutschland
elizabeth.watts@uni-jena.de

472

Weiler, David
Eberhard-Karls-Universität Tübingen
Didaktik der Physik
Auf der Morgenstelle 14
72076 Tübingen
Deutschland
david-christoph.weiler@uni-tuebingen.de

768, 772, 784

Weirauch, Katja , Dr.
Universität Würzburg
Didaktik der Chemie
Am Hubland
97074 Würzburg
Deutschland
Katja.Weirauch@uni-wuerzburg.de

356, 360

Weißbach, Anna
Universität Paderborn
Didaktik der Physik
Warburger Straße 100
33098 Paderborn
Deutschland
anna.weissbach@upb.de

752

Welberg, Julia
WWU Münster
Didaktik der Physik
Wilhelm-Klemm-Str. 10
48149 Münster
Deutschland
julia.welberg@uni-muenster.de

744

Welzel-Breuer, Manuela , Prof. Dr.
Pädagogische Hochschule Heidelberg
Didaktik der Physik
Postfach 10 42 40
69032 Heidelberg
Deutschland
welzel@ph-heidelberg.de

680

Werthmüller, Julia
Technische Universität Darmstadt
Didaktik der Chemie
Alarich-Weiss-Str. 4
64287 Darmstadt
Deutschland
julia.werthmueller@tu-darmstadt.de

732

Weßnigk, Susanne , Dr.
Leibniz Universität Hannover
QUEST Leibniz Forschungsschule
Callinstraße 36
30167 Hannover
Deutschland
susanne.wessnigk@quest.uni-hannover.de

60, 188

Wiener, Jeff , Dr.
European Organization for Nuclear Research CERN
Esplanade des Particules 1
1217 Meyrin
Schweiz
jeff.wiener@cern.ch

600

Wilhelm, Markus , Prof. Dr.
Pädagogische Hochschule Luzern
Institut für Fachdidaktik Natur, Mensch, Gesellschaft
Sentimatt 1
6003 Luzern
Schweiz
markus.wilhelm@phlu.ch

108, 180

Wilhelm, Thomas , Prof. Dr.
Goethe-Universität Frankfurt
Institut für Didaktik der Physik
Max-von-Laue-Str. 1
60438 Frankfurt am Main
Deutschland
wilhelm@physik.uni-frankfurt.de

160, 260, 372, 468, 488

Winkelmann, Jan , Jun.-Prof.
Pädagogische Hochschule Schwäbisch Gmünd
Institut für Naturwissenschaften - Abteilung Physik
Oberbettringer Straße 200
73525 Schwäbisch Gmünd
Deutschland
jan.winkelmann@ph-gmuend.de

544

De Wit, Rosemarie , Dr.
Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik
Hohe Warte / 38
1190 Wien
Österreich
rosmarie.dewit@zamg.ac.at

232

Wittchen, Sascha
Freie Universität Berlin
Didaktik der Chemie
s.wittchen@fu-berlin.de

444

Wodzinski, Rita , Prof. Dr.
Universität Kassel
Didaktik der Physik
Heinrich-Plett-Str. 40
34132 Kassel
Deutschland
wodzinski@physik.uni-kassel.de

168, 172

Woest, Volker , Prof. Dr.
Friedrich-Schiller-Universität Jena
AG Chemiedidaktik
August-Bebel-Str. 2
07743 Jena
Deutschland
volker.woest@uni-jena.de

312, 320

Wöhlke, Carina , Dr.
Ruhr-Universität Bochum
Didaktik der Physik
Universitätsstraße 150
44801 Bochum
Deutschland
carina.woehlke@rub.de

236, 624

Woithe, Julia , Dr.
CERN
Teacher and Students Programmes
julia.woithe@cern.ch

400

Wolthaus, Petra
Uni Siegen
Fachdidaktik Chemie, Fakultät IV
Adolf-Reichwein-Straße 2
57068 Siegen
Deutschland
petra.wolthaus@uni-siegen.de

328

Wulff, Peter , Dr.
Universität Potsdam
Didaktik der Physik
Karl-Liebknecht-Straße 24/25
14476 Potsdam
Deutschland
peter.wulff@uni-potsdam.de

56, 432

Zeller, Jannis
RWTH Aachen University
Didaktik der Physik und Technik
Sommerfeldstraße 14
52074 Aachen
Deutschland
jannis.zeller@rwth-aachen.de

760, 764

Zenger, Tim
Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg
Didaktik der Physik
Staudtstraße 7
91058 Erlangen
Deutschland
tim.zenger@fau.de

528

Ziepprecht, Kathrin , Dr.
Universität Kassel
Didaktik der Biologie
Heinrich-Plett-Straße 40
34132 Kassel
Deutschland
k.ziepprecht@uni-kassel.de

172

Zimmermann, Julia , Dr.
Universität Bielefeld
Didaktik der Chemie
Universitätsstraße 25
33615 Bielefeld
Deutschland

360

Zipse, Hendrik , Prof. Dr.
LMU München
Department Chemie
Butenandtstrasse 5-13
81377 München
Deutschland
zipse@cup.uni-muenchen.de

244

Zloklikovits, Sarah
Universität Wien
AECC Physik
Porzellangasse 4/2/Zimmer 203
1090 Wien
Österreich
sarah.zloklikovits@univie.ac.at

376

Zoechling, Sarah
CERN
sarah.zochling@cern.ch

400

Die 48. Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDCP) wurde im September 2021 als virtuelle Veranstaltung durchgeführt.

Zum Tagungsthema „Unsicherheit als Element von naturwissenschafts-bezogenen Bildungsprozessen“ diskutierten neben den Plenarreferent*innen eine große Anzahl an Tagungsgästen.

Der vorliegende Band umfasst die ausgearbeiteten Beiträge der Teilnehmenden.

GDCP

www.gdcp-ev.de